

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE
BACHILLERATO EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

Título de la investigación:

**Estudio de cargabilidad eléctrica de un condominio vertical ubicado en Escazú para
suplir energía a un centro de carga con cargadores inteligentes marca Wallbox**

Nombre de estudiante: Nadja Monge Mora

Tutor: Ing. Billy Retana Peña

Sede Central, San José

Septiembre, 2024

Tabla de Contenido

Índice de tablas	6
Índice de ilustraciones.....	6
Índice de gráficos	7
Índice de ecuaciones	7
Índice de Anexos	7
Dedicatoria	9
Agradecimientos	9
Resumen Ejecutivo	10
Abreviaturas	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	12
Planteamiento del problema.....	12
Objetivos.....	12
Objetivo general.....	12
Objetivos específicos	12
Justificación	13
Antecedentes.....	14
Internacionales	14
Nacionales.....	20
Proyecciones.....	26
Limitaciones.....	26
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	27
Plan Nacional de descarbonización 2018-2050.....	27
Vehículo eléctrico	27
Batería para vehículo eléctrico.....	27
Centro de recarga	27
Modos de carga de vehículos eléctricos.....	27
Modo de carga 1.	28
Modo de carga 2.	28

Modo de carga 3.	29
Modo de carga 4.	30
Tipos de conectores.....	31
Tipo 1 (SAE J1772).....	32
Tipo 2 (Mennekes).	32
CCS o Sistema de Carga Combinado.	33
CHAdEMO.	34
GB/T.	34
Centros de carga inteligente marca Wallbox	35
Wall Box Commander 2.	35
Condominio vertical.....	38
Transformador.....	38
Tarifas eléctricas CNFL.....	38
Definición de periodos.	38
Tarifas eléctricas CNFL.	39
Tarifa comercial.....	39
Tarifa por recarga vehicular.	40
Normativa nacional para puntos de recarga e instalaciones eléctricas.....	40
Artículos NFPA 70 2014.....	40
Tasa Interna de retorno (TIR).	42
Valor Actual Neto (VAN).	43
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	45
Enfoque de investigación	45
Método de investigación.....	45
Tesis de investigación documental (teórica)	45
Tesis de investigación de campo (práctica)	45
Tesis combinada (investigación documental y de campo)	46
Instrumentos	48
Proceso para la recolección y análisis de datos	49
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN.....	50
Definición del diseño	50

Desarrollo	50
Condiciones eléctricas actuales del condominio	50
Análisis de cargabilidad eléctrica del condominio.....	51
Consumo eléctrico de los vehículos eléctricos	56
Proyección de curva de demanda eléctrica total	56
Selección del modelo de Cargador	59
Cargadores modo de carga 4.....	60
Diseño del centro de carga	61
Presupuesto para instalación de centro de carga	63
Cotización de instalación mecánica y eléctrica.....	63
Costo de cargadores Wallbox Commander 2	64
Costo total final.....	64
Distribución de los cargadores en el parqueo.....	65
Diagrama unifilar	65
Caída de tensión para cada ramal	66
Análisis financiero.....	67
Valor Presente.....	68
Tiempo de recuperación	69
Valor Presente Neto y Tasa Interna de Retorno	69
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
Conclusiones	70
Recomendaciones.....	71
CAPÍTULO VI: PROPUESTA.....	72
Descripción	72
Propuesta.....	72
Descripción de la propuesta	73
Ventajas de la propuesta para los usuarios y la administración	74
Referencias Bibliográficas	75
Anexos	78

Índice de tablas

Tabla 1. Matriz de conceptualización.	48
Tabla 2. Tiempos de carga de los VE.....	56
Tabla 3. Demanda eléctrica total.	57
Tabla 4. Materiales para instalación eléctrica y comunicación.....	62
Tabla 5. Cotización de materiales e instalación eléctrica y mecánica de centro de carga.	64
Tabla 6. Costo de cargadores Wallbox Commander 2.....	64
Tabla 7. Costo total del centro de carga.	64
Tabla 8. Cobro de cuota anual a los usuarios de vehículos eléctricos.	68
Tabla 9. Flujo de efectivo.....	68
Tabla 10. Calculo de VP.	68
Tabla 11. Calculo del período de recuperación.....	69
Tabla 12. Calculo de VPN, TIR y periodo de recuperación.	69

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Modo de carga 1.....	28
Ilustración 2. Modo de carga 2.....	29
Ilustración 3. Modo de carga 3.....	30
Ilustración 4. Modo de carga 4.....	31
Ilustración 5. Tipos de conectores en AC y DC, según ubicación.	31
Ilustración 6. Conector tipo 1 (SAE J1772).	32
Ilustración 7. Conector tipo 2 (Mennekes).....	32
Ilustración 8. Conector CCS1 o Combo 1.....	33
Ilustración 9. Conector CCS2 o Combo 2.....	34
Ilustración 10. Conector CHAdeMO.	34
Ilustración 11. Conector GB/T.	35
Ilustración 12. Modelo Commander 2.....	36
Ilustración 13. Definición de periodos para aplicar tarifa eléctrica.	38
Ilustración 14. Costo de las tarifas eléctricas residenciales de CNFL.	39
Ilustración 15. Costo de la tarifa eléctrica comercial.	39
Ilustración 16. Costo de las tarifas eléctricas de CNFL.	40

Ilustración 17. Vehículo eléctrico utilizando el cargador disponible en el condominio.	51
Ilustración 18. Cargador Wallbox Commander 2.	60
Ilustración 19. Cargador para vehículos eléctricos modo de carga 4.	61
Ilustración 20. Diseño del parqueo con los cargadores para vehículos eléctricos.	65
Ilustración 21. Diagrama unifilar del centro de carga.	65
Ilustración 22. Caída de tensión de los ramales de cada cargador.	66

Índice de gráficos

Gráfico 1. Simulación de balanceo dinámico de potencia.	37
Gráfico 2. Curva de demanda del mes de enero.	51
Gráfico 3. Curva de demanda del mes de febrero.	52
Gráfico 4. Curva de demanda del mes de marzo.	53
Gráfico 5. Curva de demanda del mes de abril.	54
Gráfico 6. Proyección de curva de demanda total utilizando el día 01/04/2024.	58

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Cálculo de TIR.	42
Ecuación 2. Valor Presente.	43
Ecuación 3. Valor Presente Neto.	43
Ecuación 4. Valor Presente para varios periodos.	44
Ecuación 5. Cálculo de caída de tensión.	66
Ecuación 6. Cálculo de porcentaje de caída de tensión.	66

Índice de Anexos

Anexo A. Ficha técnica “Commander 2”	78
Anexo B. Tiempos de carga BMW iX.	78
Anexo C. Ficha técnica BYD YUAN PLUS.	79
Anexo D. Ficha técnica GEELY GEOMETRY.	79
Anexo E. Ficha técnica Hyundai KONA.	80

Anexo F. Tabla 310.15(B) (16).....	81
Anexo G. Tabla 250.66.	82
Anexo H. Tabla 4.	82
Anexo I. Tabla 5.....	83
Anexo J. Características de los vehículos eléctricos que hay actualmente en Costa Rica.	84
Anexo K. Calculo de amortización e intereses de préstamo.	85
Anexo L. Tabla propiedades de conductores.	86
Anexo M. Ofertas de cargadores eléctricos.	87
Anexo N. Oferta económica de cargador eléctrico, modo de carga 4.....	88
Anexo O. Cantidad de vehículos eléctricos en Costa Rica.	88
Anexo P. Curva de carga de un Hyundai Ioniq.....	89
Anexo Q. Guía de usuario Wallbox Commander 2.	89
Anexo R. Cargabilidad de transformador 75kVA.....	90
Anexo S. Cargabilidad de transformador de 500kVA.	91

Dedicatoria

A Dios, quien sé que nunca me ha abandonado y me ha dado la sabiduría y fortaleza a lo largo de todo este proceso.

A mi madre, Laura Mora Quirós, mi mejor amiga, quien ha sido un gran ejemplo de perseverancia, me ha enseñado a nunca darme por vencida y que con esfuerzo y paciencia todo lo que me proponga lo puedo lograr.

A mi padre, Warner Monge Argüello, próximamente mi “colega”, mi inspiración para estudiar ingeniería electromecánica, quien me ha acompañado en todo este proceso y me ha salvado de mis crisis existenciales, él que siempre está para escucharme y aconsejarme.

Agradecimientos

Primeramente, a Dios las gracias por siempre de una u otra manera, recordarme que está conmigo, ayudándome, poniéndome a las personas correctas en mi camino y dándome las fuerzas para continuar día a día hasta donde estoy.

Un profundo agradecimiento a mis padres, por tanto amor y paciencia, que nunca me han abandonado y me han apoyado en cada decisión que he tomado, gracias a ellos puedo estar donde estoy.

Le agradezco a mis hermanos, Josué y Natasha, que han estado conmigo en todo este proceso, escuchándome, haciéndome reír y aconsejándome.

Un agradecimiento muy especial a mi sobrino Gael, quien con tres añitos me enseña todos los días lo que es un amor puro e incondicional, quien ha estado conmigo en gran parte de este proceso y me motiva a ser un gran ejemplo para él.

Mis más sinceros agradecimientos a todos mis familiares que han estado presentes, especialmente a mi tita, Rosario y a mi tío, Ronny, que siempre me han apoyado y confiado en mis decisiones.

Finalmente, un profundo agradecimiento a los profesores, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias en este proceso académico.

Resumen Ejecutivo

Para el año 2035 se proyecta en Costa Rica que un 30% de la flota de vehículos privados e institucionales sea eléctrica, según el *Plan Nacional de descarbonización*, esto no solo significa un aumento en la cantidad de vehículos eléctricos, sino también en la necesidad de centros de carga para abastecer su demanda, por tanto, se deben realizar estudios de las infraestructuras eléctricas existentes para adaptarlas al cambio al que el país se enfrenta.

En el presente trabajo final de graduación se desarrolla una propuesta de diseño adecuada de un centro de carga idóneo para los diferentes tipos de vehículos eléctricos en el parqueo de un condominio vertical, ubicado en Escazú.

Actualmente el parqueo de este condominio no cuenta con la infraestructura para abastecer la demanda de carga de vehículos eléctricos de los residentes y, tomando en cuenta que los costos de instalación o renovación con los métodos tradicionales son muy altos, se pretende implementar cargadores inteligentes Wallbox que se adapten eficazmente a la infraestructura existente y cumplan con la demanda de carga requerida por las necesidades de transporte de los condóminos.

El diseño tendrá como fundamento los parámetros y requerimientos que se deben cumplir para atender de manera apropiada el incremento en la demanda que implica un centro de carga para vehículos de este tipo. Asimismo, se analizarán las posibles modificaciones en la infraestructura eléctrica y de obra civil, según las condiciones actuales del condominio.

Una vez investigado y determinado las necesidades y condiciones actuales, se procederá a realizar una selección del cargador estacionario de la marca Wallbox que mejor se adapte a los requerimientos establecidos anteriormente. Teniendo el modelo, se llevará a cabo el diseño de la modificación del parqueo del condominio, seleccionando de manera estratégica la ubicación donde se instalarán.

Finalmente, para establecer la viabilidad del uso de cargadores estacionarios de la empresa Wallbox, se hará un análisis financiero de los métodos tradicionales de adaptación para un centro de carga de vehículos eléctricos en el área de parqueo y se comparará con los costos de implementación de los cargadores Wallbox.

Abreviaturas

Abreviaturas	Significado
VE	Vehículo Eléctrico
RFID	Identificación por Radio Frecuencia
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica
CNFL	Compañía Nacional de Fuerza y Luz
AMI	Infraestructura de Medición Avanzada
kW	kilowatt
CA	Corriente Alterna
DC	Corriente Directa
PIN	Número de identificación Personal
INVU	Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo
T-REH	Tarifa Residencial Horaria
T-RE	Tarifa Residencial
T-AP	Tarifa por Alumbrado Público
T-CO	Tarifa Comercial
ARESEP	Autoridad Reguladora de Servicios Públicos
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
NFPA	Asociación Nacional de Protección contra el Fuego
NEC	Código Eléctrico Nacional
ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares
kWh	kilowatt por hora
THHN	Termoplástico resistente al calor con recubrimiento de nylon
A	Amperios
EMT	Tubería fabricada a partir de acero
IP54	Producto con protección contra el polvo (5) y resistencia a la humedad o contacto con el agua (4).
IK10	Resistencia al impacto de 20J.
BNCR	Banco Nacional de Costa Rica

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Planteamiento del problema

¿Será viable implementar un centro de carga para vehículos eléctricos con equipos inteligentes marca Wallbox en el parqueo de un condominio vertical ubicado en Escazú, tomando en cuenta la curva de demanda del sitio contra la curva de carga de los vehículos eléctricos?

Objetivos

Objetivo general

Proponer una solución óptima con equipos inteligentes marca Wallbox para los usuarios de vehículos eléctricos que habitan en un condominio vertical ubicado en Escazú y requieren un área cómoda y apta en el parqueo para cargar los mismos.

Objetivos específicos

1. Evaluar la cargabilidad eléctrica del condominio contra la demanda de carga de los vehículos eléctricos actuales y proyecciones futuras.
2. Realizar una selección del modelo marca Wallbox mediante una investigación exhaustiva sobre los diferentes modelos y características de los equipos inteligentes disponibles en el mercado.
3. Investigar las propuestas económicas actuales para dotar de energía eléctrica a los centros de carga en el parqueo del condominio vertical.
4. Diseñar la zona de parqueo con los equipos inteligentes marca Wallbox.
5. Determinar la viabilidad del uso de equipos inteligentes.

Justificación

Actualmente Costa Rica presenta un incremento muy alto de vehículos eléctricos, de acuerdo con la Dirección de Energía del Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica (MINAE), el país muestra un crecimiento sostenido en la importación de automóviles eléctricos, con 1417 vehículos livianos ingresados hasta diciembre del 2020. En este mismo período estas importaciones se están más que duplicando año a año.

Por otra parte, el aumento de condominios verticales también es una realidad que tiene el país por la comodidad, ubicación, mantenimiento, etc., sin embargo, los habitantes de estos condominios solo disponen de un espacio en específico para sus vehículos, sean de combustión o eléctricos y no cuentan con la infraestructura, ni con la capacidad eléctrica necesaria para satisfacer la carga de vehículos eléctricos de los usuarios del condominio.

No obstante, los condominios tienen la opción de optar por equipos inteligentes como lo son los sistemas de Wallbox, que con el control dinámico de carga, se permite supervisar la energía disponible del edificio y distribuirla automáticamente entre todos los vehículos conectados; además, se pueden adaptar a espacios reducidos, como los parqueos y se caracterizan por la seguridad que presentan al ser utilizados en un espacio público.

En conjunto, se puede sugerir que los condominios verticales tienen la posibilidad de brindar a sus usuarios con vehículos eléctricos una solución para la carga de los mismos, adaptando el parqueo de una manera sencilla y económica y así, poder satisfacer ambas partes, los ocupantes para cargar los vehículos y el condominio para conservar los residentes.

Antecedentes

Internacionales

Antecedente N.º 1.

Institución: Escuela Politécnica Nacional, Ecuador.

Título: Integración de vehículos eléctricos en las redes modernas de energía.

Autores: Byron Mena y Fabricio Collaguazo.

Año: 2019

Mena y Collaguazo (2019) indican que en su investigación se busca mostrar una perspectiva sobre el impacto que generarán los vehículos eléctricos sobre la demanda eléctrica residencial debido a su alta penetración en las redes de distribución. Mediante el paquete de Simulink de Matlab, trabajaron sobre un ejemplo ya estructurado que se modificó a conveniencia para visualizar los efectos de coincidir en la hora de recarga y cantidad de vehículos eléctricos. Todo esto con el fin de evidenciar que el vehículo eléctrico es un aporte a la movilidad sustentable y limpia para el medio ambiente, pero que creará nuevos retos en torno a la calidad de la energía, continuidad del servicio eléctrico y una posible sobrecarga en las redes de distribución. (Mena y Collaguazo, 2019, p.1)

De la investigación se rescata que, al duplicar la cantidad de vehículos eléctricos en el sistema de prueba, el sistema ya no converge debido a la excesiva coincidencia de vehículos cargándose al mismo tiempo, lo que lleva a la conclusión de que todo sistema tiene un límite y al sobrepasarlo indica que se han superado los límites de voltaje, de pérdidas o de requerimientos de potencia. Esto significa mayores gastos que debe realizar la empresa comercializadora de energía eléctrica en el proceso de ampliación y adaptación de las redes eléctricas. Los aspectos importantes que se deben tomar en cuenta para este método tradicional de ampliación de la red son: el incremento del calibre de los conductores, mayor capacidad de los sistemas de corte, seccionamiento y aumento en la capacidad de transformadores que presenten sobrecargas.

Antecedente N° 2.

Institución: Revista Ingenierías Universidad de Medellín, Colombia.

Título: Impactos técnicos y económicos para comercializadores de electricidad debido a la implementación de vehículos eléctricos en Colombia.

Autores: Kevin Eduardo Rojas Quiroga, John Fredy Nieto Vargas, Geovanny Marulanda.

Año: 2019

En este trabajo de investigación se describe el impacto técnico y económico que podrían afectar los distribuidores de energía eléctrica en Colombia ante el aumento de vehículos eléctricos en un sistema de distribución. Para determinar el impacto, los autores evalúan tres modelos distintos que procuran la maximización del beneficio de un comercializador. En el primer modelo se consideran las restricciones técnicas del sistema sin tomar en cuenta los vehículos eléctricos; en el segundo se incluye en consumo de energía eléctrica a causa de los vehículos eléctricos; en el último, se considera la posibilidad de que los vehículos eléctricos entreguen energía almacenada al sistema. (Rojas *et al.*, 2019).

Para el análisis del sistema tomaron en cuenta la demanda de los vehículos eléctricos, se asumieron vehículos de carga lenta con potencia de 4,8KW y un rendimiento de baterías del 100%, con un tiempo de carga de 6 horas. Con esas condiciones se evidenció una caída de tensión entre las horas de 0 a 7 y de 21 a 24. En ese caso. Las pérdidas de energía ascienden a los 15,5KWh.

Después de un análisis financiero se determinó que los distribuidores de energía eléctrica podrán beneficiarse a partir de una masificación de los vehículos eléctricos en Colombia al incrementar la venta de energía a los usuarios, principalmente en horas que típicamente han sido de bajo consumo. Lo mencionado anteriormente aplicaría para Costa Rica en caso de utilizar tarifa residencial para el centro de carga.

Antecedente N° 3.

Institución: Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

Título: Calidad y gestión de energía en centros de carga para vehículos eléctricos considerando tipos de cargabilidad.

Autor: Santiago Xavier Medina Aguirre

Año: 2021

Medina (2021), indica que realizó un estudio para determinar el impacto que se produce en la calidad de la energía eléctrica de la red de distribución debido al proceso de recarga de los vehículos eléctricos, de manera aleatoria y masiva en centros de carga residenciales, cumpliendo con la regulación nacional y normativa internacional, explorando el desempeño y caracterizando los modelos de recarga con base en las preferencias de los usuarios, las simulaciones y tomas de carga. (Medina, 2021, p.9)

El autor determinó que la recomendación principal es cargar los vehículos en horario valle, en caso de Costa Rica, si se aplicara tarifa residencial, el consumidor estaría ahorrando, pero de no ser así, el hecho de mantener la curva de carga nivelada es importante y si se da un proceso de recarga durante horas pico, el sistema presentará afectaciones. El estudio de Medina (2021), se realizó con 10 vehículos eléctricos, donde se apreció el crecimiento de la curva de carga del transformador, lo que confirma que el uso de equipos inteligentes con control dinámico de cargas es una alternativa muy acertada para evitar sobrecargas.

Se comprueba que la calidad de energía se mantiene durante el proceso de recarga de un vehículo eléctrico, mientras que, al momento de introducir masivamente y aleatoriamente más vehículos, se presentan afectaciones a la red, sin embargo, los sistemas de filtrado que se encuentran tanto en los vehículos eléctricos como en los cargadores, cumplen con una serie de protocolos que hacen que el impacto generado por distorsión armónica de corriente y tensión que se inyecta a la red durante el periodo de recarga, sea controlada con mucha eficacia. (Medina, 2021).

Antecedente N° 4.

Institución: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador.

Título: Análisis de la calidad de la energía en las redes de bajo voltaje de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, por la cargabilidad de vehículos eléctricos.

Autores: Andrés Fernando Pánchez Mogrovejo y Freddy Paul Guillén Montero.

Año: 2019

Esta tesis analiza el impacto que tiene el proceso de carga de baterías de un vehículo eléctrico con la calidad del servicio eléctrico y determina el efecto de armónicos en la red de bajo voltaje, mediante el análisis de los sistemas eléctricos necesarios para la cargabilidad de las baterías de los vehículos eléctricos, medición y análisis de los efectos que producen los armónicos generados por los mismos. (Guillén y Pánchez, 2019)

Guillén y Pánchez (2019), concluyen que los cargadores se presentan armónicos, sin embargo, el contenido que se inyecta a la red es independiente del nivel de carga de la batería gracias al sistema electrónico de carga, por lo que se sugiere tomar en cuenta el control de armónicos que presente el cargador inteligente que se va a utilizar en el centro de carga.

Por otro lado, se mencionan estándares internacionales para tomar en cuenta como la IEEE 519-2014 tabla 2.2, que define los rangos de distorsión armónica de corriente en sistemas de 120V a 69kV y la IEEE 519-2014 tabla 2.3, que indica los límites tolerables de distorsión armónica de corriente.

Sin embargo, los autores destacan la importancia de tener en cuenta los armónicos inyectados, ya que pueden llegar a entrar en resonancia con equipos pasivos de compensación de reactivos o cables de distribución, que podrían ocasionar voltajes y corrientes perjudiciales para los equipos y la red de potencia. (Guillén y Pánchez, 2019, pp.48-49)

Por último, los efectos que pueden ocasionar la incorporación masiva de vehículos eléctricos pueden tener un efecto importante, por lo que los autores recomiendan realizar estudio de armónicos en las redes de distribución de los lugares que incorporen cargadores para vehículos eléctricos.

Antecedente N° 5.

Institución: *Revista Técnica “energía”*

Título: Aplicación de la Simulación de Montecarlo para el análisis de la Implementación de Estaciones de Carga Rápida para Vehículos Eléctricos en la Provincia de Galápagos.

Autores: Víctor Calle García, Luis Andrés Mera y Patricia Elizabeth Otero.

Año: 2021

Este artículo hace un análisis de normas nacionales e internacionales aplicables para vehículos eléctricos, con el fin de establecer requisitos mínimos y parámetros técnicos para la implementación de estaciones de carga rápida en las Islas Galápagos (Calle *et al.*, 2021).

De esta investigación se extraen los posibles modos de carga según la IEC 61851-1.

- Modo 1: Método de carga de AC que se realiza a través de una toma de corriente doméstica con un enchufe estándar, no es de uso exclusivo para cada carga de vehículos eléctricos.
- Modo 2. Es un método de carga de AC, se diferencia del Modo 1 por la incorporación de un sistema de protección y un interruptor diferencial en el cable. Este modo incorpora un control de carga en caso de existir una mala conexión entre el vehículo eléctrico y la red eléctrica.
- Modo 3. Método de carga de AC, se conecta directamente a la red eléctrica a través de un circuito dedicado. Sus características son: alto grado de comunicación entre el vehículo eléctrico y la red eléctrica, mayor seguridad.
- Modo 4. Método de carga de DC, el cual utiliza un cargador externo que permite una velocidad de carga rápida. En el punto de carga se utiliza un convertidor de AC/DC, este método se utiliza en las estaciones de carga debido a que se maneja potencias superiores a los 50 kW. Posee un sistema de protección y control de carga.

Antecedente N° 6.

Institución: Universidad de Sevilla, España.

Título: Sistema de recarga de vehículos eléctricos: revisión tecnológica e impacto en el sistema eléctrico.

Autores: Antonio Gómez Expósito y José María Maza Ortega

Año: 2019

En esta investigación, Gómez y Maza (2019, pp.35-36), presentan una revisión de los aspectos tecnológicos asociados a los puntos de recarga y su afección al sistema eléctrico de potencia. En primer lugar, se realiza una clasificación de los puntos de recarga atendiendo a diferentes criterios. Posteriormente, se analiza la normativa y estándares que afectan a estos sistemas de recarga. Finalmente, se detalla el impacto sobre la red eléctrica y las posibles soluciones que se han propuesto hasta la fecha para mitigarlo.

De esta tesis se extrae la estandarización de los principales y diferentes conectores que se utilizan para conectar el vehículo eléctrico a la infraestructura de recarga. (Gómez y Maza, 2019)

- EEC 7/4 type F (Schuko): se utiliza principalmente en Europa en la modalidad de recarga lenta. Por tanto, es adecuado para la recarga de pequeños vehículos eléctricos como bicicletas y motocicletas eléctricas. Está dotado de conexión a fase, neutro y tierra, es apto exclusivamente para sistemas monofásicos con intensidades inferiores a 16 A.
- SAE J1772: Este conector es similar al anterior pues está dotado de fase, neutro y tierra, de aplicación a sistemas monofásicos y con origen estadounidense. Sin embargo, incorpora un canal de comunicación que permite detectar la conectividad entre el vehículo y la infraestructura de recarga y el intercambio de datos entre los mismos. Este tipo de conector está incluido en la normativa IEC 62196-2 y se designa como conector Tipo 1. El conector permite cargas de niveles 1 y 2 (lenta y semirrápida). Geográficamente su utilización se extiende principalmente por Estados Unidos y Japón.

- VDE-AR-E 2623-2-2 (Mennekes): Está diseñado para efectuar recargas del Modo 2 y 3 conforme al estándar IEC 61851, anteriormente comentado. Se utiliza principalmente en Europa, siendo su diseño similar al SAE J1772. El conector permite la recarga trifásica y la recarga lenta. Este conector está incluido en la norma IEC 62196-2 y se designa como conector Tipo 2.
- Scame: Este conector está prácticamente en desuso debido al apoyo que desde el sector industrial se ha realizado a los conectores Tipo 2. No obstante está incluido en la normativa IEC 62196-2 como Tipo 3. La potencia máxima que admite es de 22 kW y cuenta con una protección de los terminales de conexión.
- CHAdeMO: Es un conector diseñado por TEPCO (ToNyo Electric PoZer Company) específico para el Modo 4 de recarga en corriente continua y nivel 3. Soporta potencias de hasta 62.5 kW y utiliza CAN bus como sistema de comunicación. Este tipo de conector se clasifica como Tipo 4 dentro de la normativa IEC 62196-2.
- COMBO (Sistema de Carga Combinada CCS): Son variantes del SAE J1772 y del Mennekes que incorporan un par de hilos DC para posibilitar los modos 2 a 4 de recarga.

Nacionales

Antecedente N° 1.

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.

Título: Estudio de pre factibilidad de análisis de costos y vida útil para automóviles tipo sedán de combustión interna y eléctricos de uso particular.

Autor: Luis Estiven Rojas

Año: 2020

Esta investigación se basa en determinar por medio de análisis financieros e ingenieriles, basados en el ciclo de vida útil y condiciones de operación reales, si es viable la adquisición, a largo plazo, de automóviles eléctricos para consumidores privados, como alternativa al motor de combustión interna.

Rojas (2020), hace un cálculo del rendimiento energético por cada 100 km de las variantes eléctricas, basado en los gastos de electricidad, distancias recorridas mensualmente y tarifas energéticas. Lo anterior para el cálculo de consumo energético anual a lo largo de la vida útil del automóvil, mostrando el calor presente que se estaría gastando por consumo de electricidad.

De esta tesis se extrae el cálculo del rendimiento energético de una muestra de automóviles de dimensiones similares, donde se determinan las rutas por las que transitan regularmente, la frecuencia de uso, las tarifas de insumos energéticos y el consumo que se da de los anteriores de forma periódica.

Según los datos obtenidos, el lugar donde el 84% de los usuarios viajan en su automóvil es por el GAM y cargan los automóviles eléctricos con mayor frecuencia en sus casas. Como recomendación el autor sugiere, a los usuarios de automóviles eléctricos, optar por la tarifa residencial horaria en caso de que el recibo eléctrico mensual sea mayor a 300kWh y cargar el automóvil de noche para reducir costos por consumo energético.

Estos resultados se tomarán en cuenta para los cálculos de la curva de demanda eléctrica del condominio contra la de los vehículos eléctricos, tomando en cuenta los posibles horarios de alta demanda de carga de los vehículos eléctricos.

Antecedente N° 2.

Institución: Revista Fidélitas, Vol. 4 (2), Costa Rica.

Título: Impacto de los vehículos eléctricos en condominios residenciales

Autores: Joseph Daniel Soto Zúñiga y Joel Alpízar Castillo

Año: 2023

En este artículo, Soto y Alpízar (2023), estudian el impacto que puede tener la instalación de cargadores para vehículos eléctricos en un condominio y destacan el aumento constante de vehículos eléctricos en los últimos años. Al hacer la suposición que, según la capacidad adquisitiva, es probable que los dueños de vehículos eléctricos vivan en condominios residenciales horizontales o verticales, los cuales tienen un único punto de conexión con la red de distribución eléctrica, el aumento significativo de vehículos eléctricos en un condominio horizontal o vertical puede poner en riesgo la capacidad del circuito, especialmente el transformador y las protecciones.

En los resultados del artículo, se compara una curva de carga de un transformador de pedestal de 250kVA en un condominio vertical con la duración de tiempos de carga de vehículos eléctricos. Con estos datos los autores llegan a la conclusión de que el problema de la carga de vehículos eléctricos no radica en la duración de la carga, sino en la potencia consumida de forma simultánea por varios vehículos eléctricos; sin embargo, la duración de la carga toma relevancia cuando los vehículos son conectados a la red en cargas aleatorias, donde los usuarios conectan sus vehículos de acuerdo con sus necesidades y saturan la red. Estos datos se tomarán en cuenta para el análisis de la curva de carga del condominio y la demanda de los vehículos eléctricos.

Soto y Alpízar (2023), también determinaron que no es necesario un alto porcentaje de vehículos eléctricos para afectar la red, depende más de la hora a la que se conecten a la red, la simultaneidad y el método de carga empleado, lo que sugiere que la mejor propuesta para cargarlos es utilizar una solución de carga inteligente, que gestione la carga de los vehículos eléctricos, permitiendo monitorear y optimizar la red.

Antecedente N° 3.

Institución: Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.

Título: Estudio de pre factibilidad para la instalación de centros de recarga para vehículos eléctricos en el campus central del instituto Tecnológico de Costa Rica.

Autor: Angie Pamela Bejarano Gómez

Año: 2020

Esta tesis de Bejarano (2020), evalúa la pre factibilidad técnica y económica de implementar centros de recarga para vehículos eléctricos dentro de las instalaciones del Tecnológico de Costa Rica, en el Campus Central.

De esta investigación se tomará de referencia la normativa nacional para puntos de recarga e instalaciones eléctricas determinadas para la instalación de centros de recarga del lado de baja tensión en conexiones monofásicas y trifásicas.

- Normativa AR-NT-SUCOM: Supervisión de la comercialización del suministro eléctrico en baja y media tensión.
- INTE/IEC 61851-1: Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos-parte 1: Requisitos generales.

- INTE/IEC 61851-23 Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 23: Estación de carga en corriente continua para vehículos eléctricos.
- NFPA 70: NEC 2014: Guía de requisitos sobre cuestiones relacionadas con la instalación de equipos y cableado eléctrico, incluyendo las cláusulas mínimas para la utilización de conexiones, marcas de voltaje, conductores y cables.
- Manual para Redes de Distribución Eléctrica Subterránea 13.8; 24.9 y 34.5 KV

Antecedente N° 4.

Institución: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Costa Rica.

Título: Factores determinantes en la demanda de vehículos eléctricos en Costa Rica

Autor: Diana Rivera Soto

Año: 2019

En esta tesis, Rivera (2019), identifica cuáles son los factores determinantes en la demanda de vehículos eléctricos en Costa Rica, por medio de encuestas a dueños de vehículos, tanto eléctricos como de combustión interna interesados en adquirir eléctricos.

De los resultados obtenidos en esta tesis, se extrae que un 70% de los dueños de vehículos de combustión interna tienen interés en los vehículos eléctricos y un 55% manifestó estar dispuesto a comprar un vehículo eléctrico con hasta una diferencia de \$7000 más en comparación a uno de combustión interna de características similares, lo que confirma el aumento de vehículos eléctricos año tras año. Sin embargo, también se destaca que los dueños de ambos tipos de vehículos, perciben la poca disponibilidad de estaciones de carga, resaltando la necesidad de que los comercios tengan estímulos para que se desarrolle una red de carga privada.

Estos resultados se pueden asociar también en la necesidad de centros de carga en el lugar donde habitan. Por último, a partir de un análisis econométrico la autora concluyó que los dueños de vehículos eléctricos viven mayoritariamente en el GAM, tienen un nivel de educación formal más alto y perciben ingresos en el hogar superiores a la población de dueños de vehículos de combustión interna, estos resultados sugieren que es muy probable que muchos de los dueños de vehículos eléctricos habiten en condominios verticales, ya que el GAM cuenta con muchas edificaciones de este tipo y los residentes son de clase media – alta. (Rivera, 2019).

Antecedente N° 5.

Institución: Tecnología en Marcha, Costa Rica

Título: Evaluación de la red de distribución: conexión del vehículo eléctrico híbrido enchufable.

Autores: David Condezo Hurtado, José Galarza Linares, David Huarac Rojas y Bartolomé Sáenz Loayca.

Año: 2021

En este artículo se analiza la integración de vehículos eléctricos híbridos enchufable en la red eléctrica de distribución; el sistema Europeo de Baja Tensión de 906 barras del IEEE es usado como sistema de prueba, considerando el incremento de la demanda eléctrica en función de la operación, horario de carga, tecnología y autonomía de esta nueva tecnología de movilidad. A través de una metodología analítico no-experimental, los siguientes factores fueron analizados: variación de tensión, pérdidas de energía eléctrica e incremento de la demanda en el mediano y largo plazo. (Condezo *et al.*, 2021, p.51)

Los autores mencionan los indicadores a considerar en el estudio de la planificación del sistema eléctrico de distribución con el ingreso de vehículos eléctricos, las pérdidas eléctricas y caída de tensión por parte de la distribución eléctrica y por parte de los vehículos eléctricos es importante conocer la capacidad de batería, nivel de carga, autonomía eléctrica y horario de carga. Condezo *et al.* (2021)

Al analizar tres escenarios, Condezo *et al.* (2021), pueden ver las variaciones en la red de distribución eléctrica ante la incursión de vehículos eléctricos híbridos enchufable, se analiza el caso base sin los mismos, el segundo caso considera un 35% y el tercero toma un 50% de vehículos eléctricos híbridos enchufable en el parque automotor. El hacer los cálculos con tres escenarios diferentes permite que el análisis sea más claro al poder ver el incremento, que en la investigación fue de hasta 10 veces más el caso base contra los resultados de un 50% de incremento, esto permitió evidenciar la variación de tensión y las pérdidas eléctricas, se comprueba la necesidad de repotenciar las redes de distribución y la instalación de equipos de regulación de tensión con el objetivo de mantener la calidad de energía que se suministra a los domicilios.

Antecedente N° 6.

Institución: Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica.

Título: Diseño para la instalación de una electrolinera de carga rápida para vehículos eléctricos con alimentación solar.

Autor: Alejandro Rojas González

Año: 2019

En esta tesis, Rojas González (2019), propone un diseño para la instalación de la primera electrolinera con puntos de carga rápida en Costa Rica, que se asemeje a lo que se conoce como gasolinera, determinando si la mejor opción es alimentar el sistema con energía solar o utilizando la red de distribución eléctrica.

Rojas plantea, en uno de sus objetivos, detalles muy importantes como identificar los conceptos básicos sobre vehículos eléctricos y el modelo de recarga óptimo para la instalación de una electrolinera, mediante la investigación de las tecnologías existentes, comportamiento de la flotilla vehicular eléctrica y la infraestructura de puntos de carga implementada en el país.

Para los análisis el autor toma en cuenta variables como, consumo del punto de carga, tiempo (carga de batería), calidad de la recarga, dimensionamiento de conductores, protecciones y costos, tanto de inversión como operativos. Se detalla cada uno de los anteriores que, a pesar de ser variables para centro de carga rápida, algunos de ellos también aplican para centros de recargas lentas y semirrápidas.

Otros puntos importantes de uno de sus objetivos es que plantea escenarios para el diseño donde se pueden evaluar las necesidades energéticas y, de esa manera, indicar el tipo de cargador a utilizar, cantidad, alternativas de alimentación y sus respectivos componentes, haciendo un estudio de las especificaciones técnicas, financieras y de mercado. Estudios que también se deben realizar para centros de carga lenta y semirrápida.

Proyecciones

- Se pretende realizar una recopilación de datos confiables sobre la cargabilidad eléctrica del condominio que permita respaldar los resultados finales.
- Desarrollar un diseño de parqueo con cargadores inteligentes tomando en cuenta la normativa para instalaciones eléctricas.
- Se busca crear un espacio apto para la necesidad de recarga de vehículos eléctricos de los habitantes del condominio.
- Seleccionar el modelo de cargador que mejor se adapte a los requerimientos del condominio.
- Crear un atractivo para los futuros habitantes del condominio que deseen o cuenten con un vehículo eléctrico.
- Realizar un análisis financiero para determinar la viabilidad del proyecto.

Limitaciones

- La investigación no tomará en cuenta vehículos híbridos para las proyecciones.
- La tarifa eléctrica para centros de carga rápida no aplica para centros de carga semirrápida.
- El medidor del condominio debe contar con tecnología AMI para obtener la curva de carga detalladamente.
- Se debe tomar en cuenta que existen gran variedad de conectores, la estación de carga debe adaptarse al tipo de conector que posea el vehículo eléctrico que se va a conectar.
- Las proyecciones realizadas en este documento no podrán ser aplicadas en otras edificaciones similares sin un previo análisis de curva de carga y flujo vehicular eléctrico.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Plan Nacional de descarbonización 2018-2050

El plan muestra una serie de 10 ejes de acciones para la descarbonización de diversas actividades productivas nacionales, en busca de dinamizar la economía bajo un crecimiento sostenible. El eje 2 específicamente propone que un 30% de la flota de vehículos ligeros, privados e institucionales sea eléctrica para 2035 y el 95% de esa flota en 2050 será cero emisiones. (MINAE, 2018).

Vehículo eléctrico

Según el Decreto N° 42489 un vehículo eléctrico se refiere a:

“Todo bien mueble impulsado con energía cien por ciento eléctrica o con tecnología de cero emisiones y que no contenga motor de combustión, nuevo, en su versión”. (Art. 4, *k*)

Batería para vehículo eléctrico

Además, el Decreto N° 42489 define batería para vehículo eléctrico:

“Corresponde a la celda o conjunto de celdas que conforman el paquete acumulador de energía eléctrica según los requerimientos técnicos del fabricante”. (Art. 4, *a*)

Centro de recarga

Asimismo, el Decreto N° 42489 define que un centro de carga hace referencia a una estación de suministro o comercialización de energía eléctrica para la recarga de las baterías de los automóviles eléctricos. Comprende el lugar donde los usuarios pueden recargar sus automóviles y al menos un dispensador para recarga de energía eléctrica, que puede ser del tipo estación, en poste, empotrado o parche. Los centros de recarga para efectos de este reglamento utilizarán dispensadores para recarga de energía eléctrica rápidos. (cfr. Art. 4, *b*)

Modos de carga de vehículos eléctricos

Los vehículos eléctricos necesitan una fuente de alimentación externa para la recarga de las baterías eléctricas, por lo cual se han estandarizado cuatro modos de carga de vehículos eléctricos y se diferencian por las características y usos. Aragón (2021), define los siguientes modos de carga de un vehículo eléctrico:

Modo de carga 1.

Utiliza corriente alterna, es una carga lenta (de 6 a 8 horas) desde una base de enchufe doméstico, no industrial y sin comunicación entre el vehículo y punto de carga. El tiempo de carga va en función de la capacidad de la batería.

El vehículo se carga en un dispositivo enchufable normalizado. En la red monofásica, emplea la intensidad y voltaje eléctrico del mismo que una vivienda, es decir, 16 amperios y hasta 250 voltios. Esto implica que la potencia eléctrica que puede entregar el punto es de aproximadamente 3,7kW. En la red trifásica, el voltaje es de 480V y 11kW de potencia máxima, recortando el tiempo a la mitad.

El problema de este modo es que las infraestructuras antiguas no tienen protección mediante un interruptor diferencial, por lo que su uso está más indicado para la recarga de bicicletas, bici motos o cuadraciclos.



Ilustración 1. Modo de carga 1.

Fuente: LugEnergy.

Modo de carga 2.

Utiliza corriente alterna, es un modo de recarga lenta con enchufe y base similares al anterior, de tipo estándar, no exclusivo. La diferencia estriba en que el cable lleva un sistema de protección incluido y un interruptor diferencial. Esta conexión evita una mala conexión del vehículo a la red, activando o desactivando la recarga. Además, este sistema añade seguridad a la carga.

El conector del cargador del vehículo eléctrico se introduce en la entrada del vehículo y el conector de carga para infraestructuras se enchufa en la caja de carga para infraestructuras del punto de carga. La intensidad habitual es de 16 amperios, aunque puede ser de hasta 32 amperios.



Ilustración 2. Modo de carga 2.

Fuente: LugEnergy.

Modo de carga 3.

En este modo operativo, la carga es semirrápida y se realiza con un cable de carga conectado de forma fija en el punto de carga (Wallbox), cuyo conector de carga para vehículos se enchufa en la entrada del mismo. Es un modo exclusivo para vehículos eléctricos, debido al sistema de alimentación y a la protección y control incorporados al punto de carga, que monitoriza la carga y detecta la conexión al vehículo. La intensidad normal de este modo es de 32 amperios, aunque permite hasta 63 y la potencia normal es de entre 8kW y 14 kW.

En monofásica, necesita menos de la mitad del tiempo que las anteriores para conseguir una carga completa, unas tres horas. Todo esto la convierte en una buena solución para la carga en viviendas particulares, sobre todo nocturna o en parqueos.

En trifásica, la intensidad es de 63 amperios y de entre 22 y 43 kW, lo que reduce el tiempo de carga hasta poco más de media hora. Por el tipo de tecnología que emplea permite la recarga inteligente y el desarrollo de redes inteligentes (Smart Grids). Es la que se utiliza en zonas públicas, parqueos y centros comerciales.

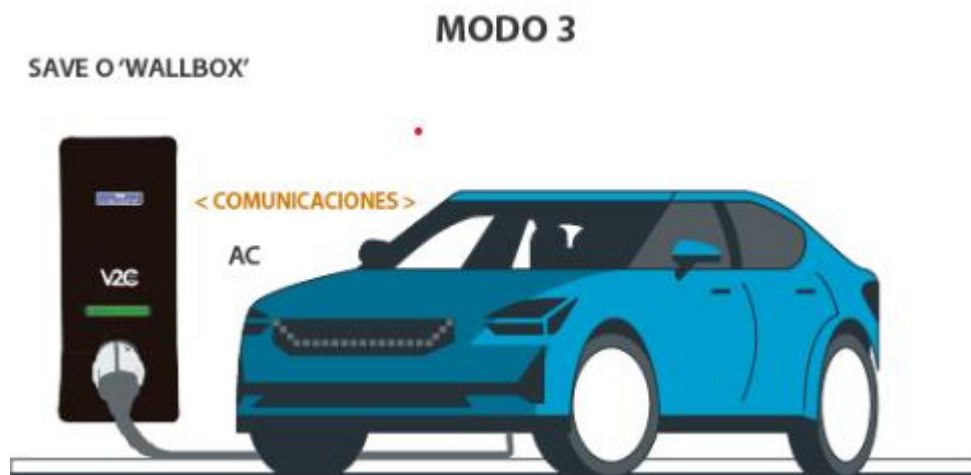


Ilustración 3. Modo de carga 3.

Fuente: LugEnergy.

Modo de carga 4.

La recarga en Modo 4 aquella que se realiza en una estación fuera de la propia vivienda y permite recargar como mínimo un 70% de la batería en menos de 30 minutos. El conector estándar más utilizado para este tipo de recarga es el japonés CHAdeMO. Es decir, que por el lado del vehículo se tendrá un conector de Tipo 1 (SAE J1772 o Yazaki) o de Tipo 2 (IEC, Mennekes) y, a su vez, un conector CHAdeMo o CCS según nuestro EV. Por el lado del punto de recarga la extensión del cable deberá ser CHAdeMO.

El modo 4 es considerado como tal a partir de 40 kWh. Se debe distinguir entre el modo 4 con recarga ‘súper rápida’ y el modo 4 con recarga ‘ultra rápida’. Esta última no es aconsejable para carga diaria puesto que puede dañar la batería si se hace un uso habitual. Está especialmente pensado para las estaciones de uso público exteriores como las electrolineras, donde se puede recargar el vehículo durante trayectos largos o situaciones concretas en las que se dispone de poco tiempo.

La recarga en modo 4 se realiza en corriente continua, a diferencia de los modos anteriores, que se realizan en corriente alterna. Los puntos de recarga que usan una carga de tipo 4, en cualquier caso, no están diseñados ni son recomendables para garajes particulares. Esto, debido principalmente a su elevado coste, tanto de producto como de instalación. Además, realmente son el modo 2 o el modo 3 los más aconsejables para particulares por uso y condiciones.



Ilustración 4. Modo de carga 4.

Fuente: LugEnergy.

Tipos de conectores

Los enchufes que se emplean en los puntos de carga no son universales, existe una gran variedad de conectores y no todos son compatibles entre sí, razón por la cual es complicado estandarizar normas en los cargadores.

Según la conectividad y comunicación que exista entre el cargador y el vehículo eléctrico, hay conectores que están habilitados para realizar cargas en corriente alterna (CA) y corriente continua (DC). Los más usados y los que generan mayor consenso nivel internacional son aquellos que proceden de los estándares europeos, americanos, japoneses y chinos.



Ilustración 5. Tipos de conectores en AC y DC, según ubicación.

Fuente: EV-Solutions.

Tipo 1 (SAE J1772).

Si bien tiene sus orígenes en Japón, es ampliamente aceptada en el mercado americano y ha sido uno de los conectores más usados en los vehículos eléctricos desde que se popularizó masivamente esta tecnología en Estados Unidos y en el país asiático. En su interior cuenta con cinco contactos (dos de corrientes, dos complementarios y uno de tierra) y la máxima intensidad a la que puede operar es de 32 A en baja tensión monofásica, lo que permite una potencia máxima de recarga de 7,4 kW.



Conector Tipo 1

Ilustración 6. Conector tipo 1 (SAE J1772).

Fuente: EV-Solutions.

Tipo 2 (Mennekes).

Conector que ha sido normalizado como estándar en Europa y sus orígenes están en Alemania. Está compuesto por siete pines y su gran ventaja es que permite utilizar sistemas monofásicos y trifásicos, lo que facilita que la carga del vehículo eléctrico se realice en menor tiempo. Es compatible con todos los tipos de carga en corriente alterna y proporciona potencias que van de 3,7 kW hasta 43,5 kW.



Conector Tipo 2

Ilustración 7. Conector tipo 2 (Mennekes).

Fuente: EV-Solutions.

CCS o Sistema de Carga Combinado.

Permite realizar cargas lentas en corriente alterna y cargas rápidas utilizando el mismo conector, alcanzando hasta los 300kW de potencia de carga. Su uso predomina en gran parte de los cargadores públicos y privados. Este conector tiene dos variantes:

CCS1 o Combo 1.

Es un conector que ha prevalecido en Estados Unidos y presenta leves diferencias con su par europeo. La gran diferencia entre ambos es el tipo de carga que se realiza en corriente alterna. Mientras este conector está diseñado para carga de corriente alterna monofásica, el europeo permite la carga de corriente alterna trifásica.



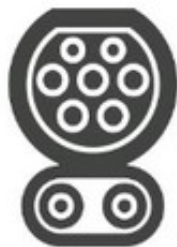
Conector
CCS1

Ilustración 8. Conector CCS1 o Combo 1.

Fuente: EV-Solutions.

CCS2 o Combo 2.

Es un conector que se ha transformado en estándar en la Unión Europea. Se caracteriza por combinar un conector de corriente alterna con un conector de corriente continua a través de una sola toma. En su interior se caracteriza por contar nueve pines y es considerado uno de los conectores más eficientes que existen en el mundo.



Conector

CCS2

Ilustración 9. Conector CCS2 o Combo 2.

Fuente: EV-Solutions.

CHAdeMO.

Conector preferentemente utilizado por los fabricantes japoneses y está diseñado para realizar recargas rápidas en aquellos cargadores de corriente continua. Se caracteriza por contar en su interior con 10 bornes y es uno de los enchufes receptores con mayor grosor que existe en la actualidad dentro del mercado. Este conector es capaz de suministrar una potencia de carga en corriente continua de hasta 400 kW, logrando recargas ultrarrápidas. Otra de sus características, es que permite realizar cargas bidireccionales.



Conector

CHAdeMO

Ilustración 10. Conector CHAdeMO.

Fuente: EV-Solutions.

GB/T.

Corresponde al estándar chino y se caracteriza por contar con dos conectores físicamente distintos que permiten ser usados tanto en corriente alterna como corriente continua. Recientemente ha sido homologado por el Gobierno para ser usado en Costa Rica. En corriente continua este conector permite potencias de hasta 230 kW.



Conector
GB/T

Ilustración 11. Conector GB/T.

Fuente: EV-Solutions.

Centros de carga inteligente marca Wallbox

Wallbox es una empresa global dedicada a cambiar la forma en que el mundo utiliza energía, crean sistemas de carga inteligentes que combinan tecnología de vanguardia con un diseño excepcional, gestionando la comunicación entre el vehículo y el cargador mediante aplicaciones fáciles de usar.

La empresa cuenta con diferentes modelos, desde cargadores domésticos inteligentes para vehículos eléctricos como lo es el modelo “Pulsar Max” y “Gamma Pulsar” y también para parqueos de negocios o edificios como el cargador “Copper SB” y el “Commander 2”. Esos solo son algunos de los modelos con los que cuenta la empresa.

Wall Box Commander 2.

Denominado como una solución de carga avanzada e inteligente para vehículos eléctricos, diseñada para espacios semipúblicos y de empresa.

Es un cargador de CA, con conector tipo 2 y modo de carga 3, cuenta con una potencia máxima de carga de 7,4kW (monofásico) / 22kW (trifásico). Ficha técnica en Anexo A.

El cargador se conecta con la plataforma de gestión MyWallbox que convierte al equipo en un sistema inteligente, tiene accesos a Wi-Fi, ethernet, bluetooth y 4G, lo que permite dar paso a que múltiples usuarios accedan mediante un código PIN, una tarjeta RFID o la aplicación móvil. Se puede personalizar con logotipos de la empresa o mostrar mensajes a los usuarios.



Ilustración 12. Modelo Commander 2.

Fuente: Wallbox Chargers, S.L.

Tipos de conectividad.

Los siguientes tipos de conectividad son establecidos por cargadores Wallbox:

Código PIN (PIN Code).

Los usuarios pueden establecer un PIN (número de identificación personal) por medio de la aplicación MyWallbox.

Identificación por radio frecuencia (RFID).

La autenticación RFID requiere que el cargador tenga acceso a internet para actualizar la información de los usuarios que utilizan la tecnología.

Aplicación para celular “MyWallbox App & Portal”.

La aplicación permite, programar las sesiones de carga cuando la energía sea más barata, controlar y supervisar el cargador y genera estadísticas del uso y gasto de energía.

Carga inteligente.

Durante la carga inteligente, el cargador se comunica con el vehículo, el operador de la carga y la empresa distribuidora a través de conexiones de datos cada vez que el vehículo se conecta. La carga inteligente tiene las siguientes funciones:

Balanceo de Potencia (Power Sharing).

Permite que los operadores o negocios con múltiples cargadores en una ubicación, distribuyan la capacidad energética disponible de manera proporcional por todas las estaciones de carga activas. La potencia disponible en un lugar es limitada, por lo que una mayor demanda de energía requeriría una mejora de la infraestructura eléctrica con un alto coste. La carga inteligente permite distribuir la potencia de manera eficaz para evitar este tipo de mejoras.

Nivelador de picos de voltaje.

También conocido como Power Boost, impide superar la capacidad máxima de energía del lugar, distribuye la carga de forma dinámica entre el cargador y el resto de demanda que tenga el edificio en el momento, el sistema de carga inteligente reduce de manera automática la potencia consumida del vehículo, incluso puede detener la carga hasta volver a tener la potencia disponible.

Balanceo dinámico de potencia.

Conocido como Dynamic Power Sharing, combina el balanceo de potencia con el nivelador de picos, permite analizar y medir la demanda energética de un edificio considerando la capacidad máxima de energía. Cuando la demanda es menos que la capacidad máxima, la potencia restante se emplea en la red de carga.

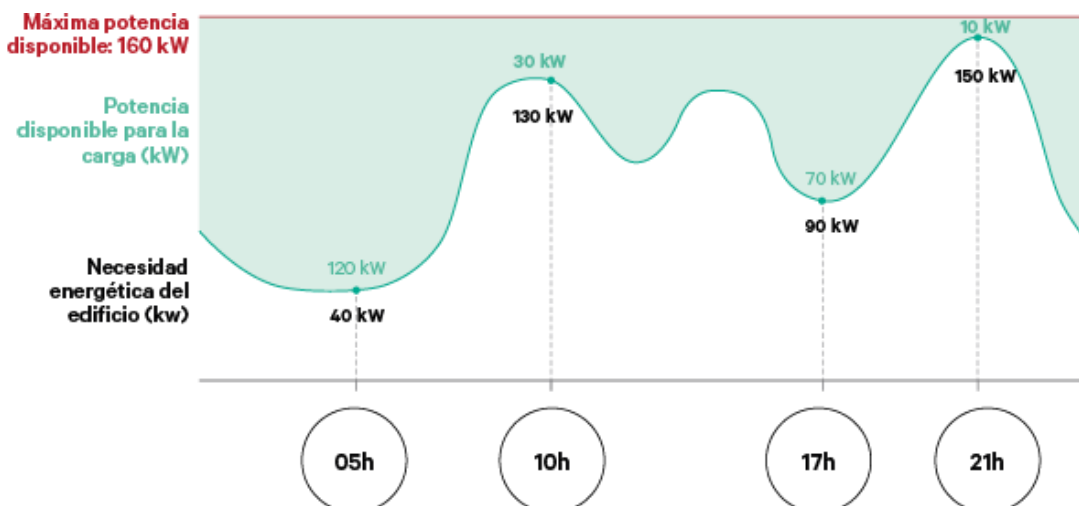


Gráfico 1. Simulación de balanceo dinámico de potencia.

Fuente: Wallbox Chargers, S.L.

Condominio vertical

El Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo define condominio vertical como:

“Cada condómino es propietario exclusivo de la parte de la edificación conformada en varios pisos y en común de todo el terreno e instalaciones de uso general”. INVU (2023)

Transformador

Chapman (2012) define un transformador como:

Un transformador es un aparato para convertir energía eléctrica con un nivel de voltaje en energía eléctrica con otro nivel de voltaje a través de la acción de un campo magnético. Tiene una función muy importante en la vida moderna, ya que hace posible la transmisión económica de energía eléctrica a largas distancias. (p. 111).

Tarifas eléctricas CNFL

Definición de periodos.

CNFL trabaja con tres horarios diferentes para la aplicación de la tarifa eléctrica por consumo.

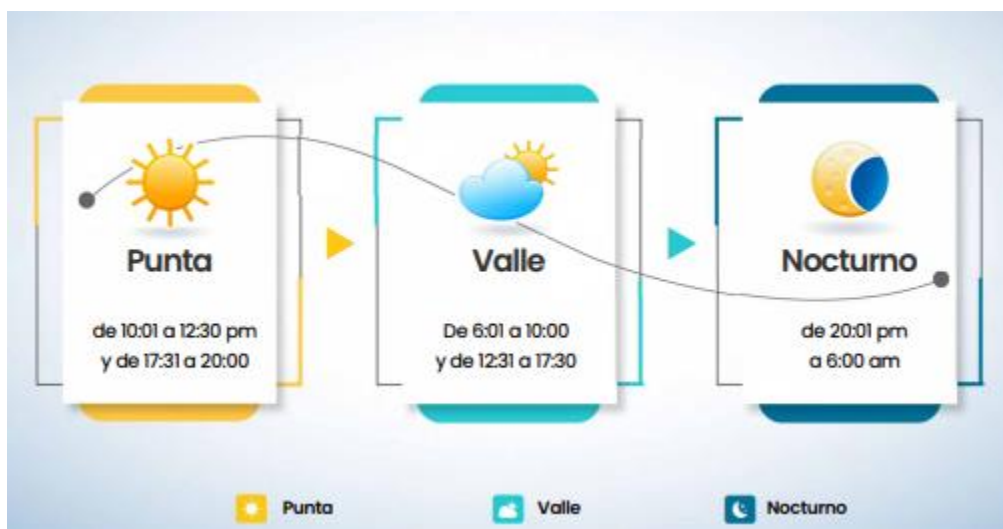


Ilustración 13. Definición de periodos para aplicar tarifa eléctrica.

Fuente: CNFL, 2024.

Tarifas eléctricas CNFL.

Tarifa Residencial Horaria T-REH		Tarifa Residencial T-RE		Tarifa Alumbrado Público T-AP	
Consumo de 0 a 500 kWh		Bloque de 0-30 kWh	€2 107,80	Por cada kWh consumido	€2,89
Punta	€162,66	Cargo fijo			
Valle	€66,68	Bloque de 31-200 kWh	€70,26		
Nocturno	€27,90	Cada kWh			
Consumos mayores a 501 kWh		Bloque de 201-300 kWh	€107,83		
Punta	€201,12	Cada kWh			
Valle	€81,17	Bloque mayor a 300 kWh	€111,48		
Nocturno	€37,58	Cada kWh adicional			
				Costo Variable de Generación para alumbrado público (CV6)	
				Por cada kWh consumido	€0,27

Ilustración 14. Costo de las tarifas eléctricas residenciales de CNFL.

Fuente: CNFL, 2024.

Nota: Tarifa Residencial T-RE aplica para casas e habitación o apartamentos que sirven exclusivamente de alojamiento y Tarifa Residencial Horaria T-REH es exclusiva para clientes residenciales servidos en baja tensión y consumo superior a 200kW por mes.

Tarifa comercial

Tarifa Comercios y Servicios T-CO

Bloques de consumo	
Consumo menor o igual a 3.000 kWh cada kWh	€120,47
Por consumo de energía	
Bloque de 0 a 3.000 kWh Cargo fijo	€217 530,00
Bloque mayor a 3.000 kWh cada kWh	€72,51
Cargo por potencia	
Bloque de 0 a 8 kW Cargo fijo	€96 704,00
Bloque mayor a 8 kW cada kW	€12 088,00

Ilustración 15. Costo de la tarifa eléctrica comercial.

Fuente: CNFL, 2024.

Tarifa por recarga vehicular.

La Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) fijó una tarifa aplicable en los centros de recarga rápida para vehículos eléctricos por tiempo de uso.

Tarifa Recarga Vehicular	
Colones el minuto IVA	€137,00 + IVA

Ilustración 16. Costo de las tarifas eléctricas de CNFL.

Fuente CNFL, 2024.

Normativa nacional para puntos de recarga e instalaciones eléctricas

- INTE/IEC 61851-1: Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos-parte 1: Requisitos generales.
- 1NTE/IEC 61851-22: Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos. Parte 22: Estación de carga en corriente alterna para vehículos eléctricos.
- NFPA 70: NEC 2014: Guía de requisitos sobre cuestiones relacionadas con la instalación de equipos y cableado eléctrico, incluyendo las cláusulas mínimas para la utilización de conexiones, marcas de voltaje, conductores y cables.
- IEEE Std C57.12.20-2017: Estándar para tipo de sobrecargas en Transformadores de distribución 500 kVA y menos; Alto voltaje, 34 500 V e inferiores; Baja tensión, 7970/13 800Y V e inferior.

Artículos NFPA 70 2014

215.2 (A) (I)

Este artículo es sobre alimentadores, valor nominal y calibres mínimos, específicamente menciona las generalidades de los alimentadores a no más de 600 volts:

Los conductores de los alimentadores deben tener una ampacidad no menor que la requerida para alimentar la carga, según lo calculado en las Partes III, IV y V del Artículo 220. Los conductores deben estar dimensionados para transportar no menos que el valor más alto de

los especificados en 215.2(A)(1)(a) o (b). (a) Donde un alimentador abastece cargas continuas o cualquier combinación de cargas continuas y no continuas, el calibre mínimo del conductor del alimentador debe tener una ampacidad permitida no menor que la carga no continua más el 125% de la carga continua. (b) El calibre mínimo del conductor del alimentador debe tener una ampacidad permitida no menor que la carga máxima que se va a alimentar después de la aplicación de cualquier factor de ajuste o de corrección. (NFPA, 2014, p.69).

215.3

Este artículo menciona las protecciones contra sobre corriente y dice que:

Los alimentadores deben estar protegidos contra sobrecorriente de acuerdo con lo establecido en la Parte I del Artículo 240. Cuando un alimentador suministra cargas continuas o cualquier combinación de cargas continuas y no continuas, la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe ser inferior a la carga no continua, más el 125% de la carga continua. (NFPA 70, 2014, p.69).

240.6 (A)

Este artículo es sobre protección contra sobrecorriente, específicamente se indican los valores en amperes nominales normalizados para fusibles e ruptores de circuito de disparo fijo:

Los valores en amperes nominales normalizados de los fusibles e interruptor automático de tiempo inverso, son: 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1600, 2000, 2500, 3000, 4000, 5000 y 6000 amperes. Los valores en amperes nominales normalizadas adicionales para fusibles deben ser de 1, 3, 6, 10 y 601. Debe permitirse el uso de fusibles e ruptores de circuito de tiempo inverso con valores nominales en amperes no normalizadas. (NFPA 70, 2014, p.100).

250.122 (A)

Las generalidades de este artículo tratan sobre el calibre de los conductores de puesta a tierra de equipos y dice que “los conductores de puesta a tierra de equipos, de cobre, aluminio, o aluminio recubierto de cobre, de tipo alambre, no deben ser de calibre inferior a los presentados en la Tabla 250.122”. (NFPA 70, 2014, p.132).

310.1

Las generalidades sobre este artículo mencionan los conductores para cableado en general, específicamente lo siguiente:

Este Artículo trata de los requisitos generales de los conductores y de sus denominaciones de tipos, aislamiento, marcado, resistencia mecánica, ampacidad de corriente y usos. Estos requisitos no se aplican a los conductores que forman parte integral de equipos como motores, controladores de motores y equipos similares, ni a los conductores específicamente tratados en otras partes de este Código. (NFPA 70, 2014, p.155).

625 Sistemas de carga de vehículos eléctricos

Las disposiciones de este artículo tratan de los conductores y equipos eléctricos externos a los vehículos eléctricos y que sirven para conectarlos a una fuente de alimentación por medios conductivos o inductivos y a la instalación de los equipos y dispositivos relacionados con la carga de vehículos eléctricos. (NFPA 70, 2014, p.556).

Tasa Interna de retorno (TIR).

Cálculo de la TIR.

De acuerdo con lo expuesto por Allen *et al.* (2010), en su libro Principios de Finanzas Corporativas: “La tasa interna de rendimiento se define como la tasa de descuento a la cual VPN = 0. Esto significa que para encontrar la TIR de un proyecto de inversión que dure T años, se debe despejar la TIR de la expresión siguiente”, ver Ecuación 1. (p. 122).

$$VPN = C_0 + \frac{C_1}{1 + TIR} + \frac{C_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{C_\tau}{(1 + TIR)^\tau} = 0$$

Ecuación 1. Cálculo de TIR.

Fuente: Allen et al. (2010).

La regla de la TIR.

La siguiente definición fue expuesta por Allen *et al.* (2010):

La regla de la tasa interna de rendimiento consiste en aceptar un proyecto de inversión si el costo de oportunidad del capital es menor que la tasa interna de rendimiento. Por ejemplo, si el costo de oportunidad del capital es menor para una TIR de 28%, entonces el proyecto tiene un VPN positivo cuando se descuenta al costo de oportunidad del capital. Si es igual

a la TIR, el proyecto tiene un VPN de cero, y si es mayor el proyecto tendrá un VPN negativo. Por lo tanto, cuando comparamos el costo de oportunidad del capital con la TIR de nuestro proyecto, en realidad preguntamos si el proyecto tiene un VPN positivo, y así ocurre en todos los casos: la regla siempre dará la misma respuesta que la regla del valor presente neto si el VPN de un proyecto es una función de la tasa de descuento que decrece suavemente. (pp. 123-124).

Valor Actual Neto (VAN).

El valor actual neto se puede definir en pocas palabras como un indicador de evaluación de la factibilidad del proyecto. Se conoce también como el valor actualizado neto o valor presente neto por sus siglas en inglés (Net Present Value), donde su acrónimo es VAN, en español y en inglés NPV. Básicamente, el VAN corresponde al valor futuro del dinero que va a recibir el proyecto en diferentes periodos, recuperando las inversiones realizadas y, por consiguiente, cubriendo los costos de producción y obteniendo utilidades o ganancias.

Cuando el valor actual de neto es positivo o mayor que cero, es equivalente a decir que los beneficios generados de un proyecto son superiores a los costos incurridos por el mismo. Dicho de una forma más sencilla, una vez costeadas las obligaciones del proyecto, queda un saldo favorable para el inversionista, permitiendo ser aceptado el proyecto para su posterior ejecución. Para hallar el valor presente neto, primero se debe calcular su valor presente. Se descuenta el flujo de efectivo futuro con una tasa adecuada r , que generalmente se conoce como tasa de descuento, tasa mínima aceptable, o costo de oportunidad del capital, ver Ecuación 2. (Allen *et al.*, 2010, p. 29):

$$\text{Valor presente (VP)} = \frac{C_1}{1 + r}$$

Ecuación 2. Valor Presente.

Fuente: (Allen *et al.*, 2010).

El valor presente neto es el valor presente menos cualquier flujo de efectivo inmediato, ver Ecuación 3:

$$VPN = C_0 + \frac{C_1}{1 + TIR} + \frac{C_2}{(1 + TIR)^2} + \frac{C_3}{(1 + TIR)^3} + \dots$$

Ecuación 3. Valor Presente Neto

Fuente: (Allen *et al.*, 2010)

Recuerde que C_0 es negativa si el flujo de efectivo inmediato es una inversión, es decir, una salida de flujo de efectivo. (Allen *et al.*, 2010, p. 30).

En relación con lo anterior la fórmula básica del valor presente de un activo que paga en varios periodos es la siguiente extensión obvia de la fórmula correspondiente a un periodo, ver Ecuación 4. (Allen *et al.*, 2010, p. 53)

$$VP = \frac{C_1}{1+r} + \frac{C_2}{(1+r_2)^2} + \dots$$

Ecuación 4. Valor Presente para varios periodos.

Fuente: (Allen *et al.*, 2010).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

De acuerdo con Balestrini (2006, p.126), el fin esencial del Marco Metodológico, es el de situar en el lenguaje de investigación, los métodos e instrumentos que se emplearán en la investigación planteada, desde la ubicación acerca del tipo de estudio y el diseño de investigación; su universo o población; su muestra; los instrumentos y técnicas de recolección de los datos; la medición; hasta la codificación, análisis y presentación de los datos. De esta manera se proporcionará al lector una información detallada acerca de cómo se realizará la investigación.

Enfoque de investigación

El presente proyecto se desarrollará con base en el enfoque cuantitativo no experimental, tomando en cuenta el problema de la investigación y los objetivos que se plantearon anteriormente, las características y necesidades se ajustan a este enfoque.

Hernández *et al.* (2014, p. 4), caracterizan al enfoque cuantitativo como secuencial y probatorio, e indican que cada etapa precede a la siguiente y no se puede brincar o eludir pasos. También exponen que este utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías.

Método de investigación

Las tesis se pueden clasificar según su método de investigación, de acuerdo con Carlos Muñoz Razo (2018), existen los siguientes tres tipos de tesis, partiendo exclusivamente del método de investigación y las técnicas de recopilación que se utilizan para obtener la información.

Tesis de investigación documental (teórica)

Son aquellos trabajos en los cuales el método de investigación se concentra en la recopilación de datos documentales, que se obtienen de libros, textos, apuntes, revistas, sitios Web, o bien de documentos gráficos, icnográficos y electrónicos. (Muñoz, 2018, p. 14).

Tesis de investigación de campo (práctica)

Para este caso se refiere a aquellos trabajos donde la recopilación de información se lleva a cabo en el ambiente específico que presenta el hecho o fenómeno de estudio. (Muñoz, 2018, p. 14).

Tesis combinada (investigación documental y de campo)

Este estilo corresponde a aquellas investigaciones donde la recopilación y análisis de datos se dan de forma conjunta entre la investigación documental con la de campo. (Muñoz, 2018, p. 14).

Teniendo claros los conceptos anteriores, se puede decir que este proyecto se relaciona con el método de tesis combinada, donde se pretende consolidar los datos y los resultados obtenidos.

Objetivo	Variable	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional	Definición Instrumental
Evaluar la cargabilidad eléctrica del condominio contra la demanda de carga de los vehículos eléctricos actuales y proyecciones futuras.	Curvas de demanda eléctrica de condominio vertical y vehículos eléctricos.	Capacidad de suministro eléctrico del condominio (kW) y consumo eléctrico de los vehículos eléctricos (kWh).	Capacidad total de suministro eléctrico disponible en el condominio y cantidad de energía eléctrica requerida para cargar las baterías de los vehículos eléctricos de los condóminos.	Capacidad máxima vs capacidad nominal del condominio (kW). Consumo de los vehículos eléctricos en un periodo de tiempo determinado (kWh).	Medidor de energía eléctrica y capacidad del transformador del condominio. Fichas técnicas de vehículos eléctricos, encuestas, hojas de Excel.
Realizar una selección del modelo de la marca Wallbox	Selección del modelo de la marca Wallbox.	Características y especificaciones de los modelos de Wallbox.	Características y especificaciones técnicas que definen el rendimiento y funcionalidad de los modelos Wallbox.	Recopilación de datos detallados sobre las características técnicas de diferentes modelos marca Wallbox.	Sitio Web oficial de la empresa Wallbox y fichas técnicas de los modelos. Modelos proporcionados por CNFL.

<p>Investigar las propuestas económicas actuales para dotar de energía eléctrica a los centros de carga en el parqueo del condominio vertical.</p>	<p>Propuestas económicas.</p>	<p>Costos de las propuestas.</p>	<p>Evaluación del costo de las diferentes propuestas para proporcionar energía eléctrica a los centros de carga para vehículos eléctricos.</p>	<p>Análisis de los presupuestos donde se detalle costo de instalación, equipos necesarios, mantenimiento y cualquier gasto que se relacione.</p>	<p>CNFL, proveedores de equipos de carga, consultores energéticos y otras fuentes relacionadas.</p>
<p>Diseñar la zona de parqueo con los equipos inteligentes marca Wallbox.</p>	<p>Diseño de la zona de parqueo con los cargadores marca Wallbox.</p>	<p>Funcionalidad de la adaptación de los cargadores Wallbox al parqueo existente.</p>	<p>Diseñar de manera estratégica y que se aproveche al máximo la zona de parqueo.</p>	<p>Evaluación del espacio disponible en el parqueo, tomando en cuenta plazas requeridas, accesibilidad a los puntos de carga, accesibilidad, distancia a la red de distribución eléctrica, entre otros.</p>	<p>Planos actuales del condominio y AutoCAD. Normativas para diseño y distribución eléctrica.</p>

Determinar la viabilidad del uso de equipos inteligentes.	Análisis financiero.	Comparación de costos.	Evaluación de todos los costos asociados con la adquisición, instalación, operación y mantenimiento de los equipos inteligentes.	Obtener los costos de adquisición, instalación, operación y mantenimiento de los cargadores inteligentes.	Catálogos de productos, cotizaciones de instalación y mantenimiento, tarifas eléctricas, hoja de datos y cálculos en Excel, gráficas.
---	----------------------	------------------------	--	---	---

Tabla 1. Matriz de conceptualización.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Instrumentos

Para tener resultados exitosos es importante definir algunos de los instrumentos fundamentales que se utilizarán con el fin de obtener información indispensable para la investigación.

A continuación, se indican dichos instrumentos de investigación:

- Entrevistas, ya sean personales o telefónicas, con personal del sector “Movilidad Eléctrica” y “Área Sistema de Medición” de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL).
- Entrevista con personal del condominio encargado del sector eléctrico.
- Asesoría con ingenieros expertos en los distintos temas relacionados a la investigación.
- Fichas técnicas de vehículos eléctricos.
- Fichas técnicas de cargadores inteligentes.
- Trabajos de investigación relacionados al proyecto en desarrollo, nacionales e internacionales.
- Consulta y uso de literatura relacionada a las áreas de la ingeniería y aplicaciones que se relacionen con el tema de investigación.
- Base de datos del MINAE con respecto al crecimiento de la flota costarricense de vehículos eléctricos.
- Uso del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la vida y de la propiedad (NFPA-70, 2014).

Proceso para la recolección y análisis de datos

Primeramente, se va a coordinar una visita al condominio ubicado en Escazú, esto para conocer la infraestructura eléctrica del lugar, principalmente el estacionamiento.

Una vez realizada la visita al condominio, se dará inicio a los cálculos relacionados a la capacidad de entrega del condominio, con estos datos se podrá obtener una cifra, la cual será la que se pondrá a disposición del centro de carga para los vehículos eléctricos.

Para tener un panorama más claro se hará un listado de los vehículos eléctricos actuales y se proyectará un incremento a futuro por medio de una encuesta a los condóminos, esto para tener un estimado de la demanda eléctrica actual y futura de parte de los residentes usuarios o posibles usuarios de vehículos eléctricos.

Teniendo la demanda eléctrica y la capacidad del condominio se procederá a cotizar la instalación del centro de carga inteligente, además de cotizar los diferentes métodos que se utilizan actualmente para la instalación de centros de carga lenta, semirrápida y rápida.

Con las cotizaciones se podrá hacer una comparación de costos y el análisis financiero respectivo para determinar la viabilidad del presente proyecto.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS DE INVESTIGACIÓN

Definición del diseño

Se aspira diseñar un centro de carga inteligente para vehículos eléctricos en el parqueo de un condominio vertical, a partir del estudio y la implementación de nuevas tecnologías disponibles en el mercado. En un inicio se haría un estudio del posible crecimiento de la flota vehicular eléctrica para definir la cantidad de cargadores necesaria, sin embargo, el Departamento Administrativo del condominio solicitó el diseño específicamente para cuatro puntos de recarga, tomando en cuenta uno que hay actualmente.

Desarrollo

Condiciones eléctricas actuales del condominio

- El condominio cuenta con una acometida de baja tensión alimentada del tendido de baja tensión público.
- El parqueo del sitio cuenta con un cargador para vehículos eléctricos, modo de carga 3 y conector SAE J1772.
- El transformador monofásico que se va a utilizar en este trabajo es propiedad de CNFL y tiene una capacidad de 75kVA, 120/240V, 3 hilos.
- Actualmente el medidor de la acometida a utilizar es de tipo comercial.
- El condominio también cuenta con otra acometida la cual se alimenta de un transformador trifásico de 500kVA, 208Y/120V, 4 hilos, sin embargo, este transformador es de uso exclusivo para las unidades habitacionales, por lo que no se realizarán los cálculos con este por solicitud de la administración.

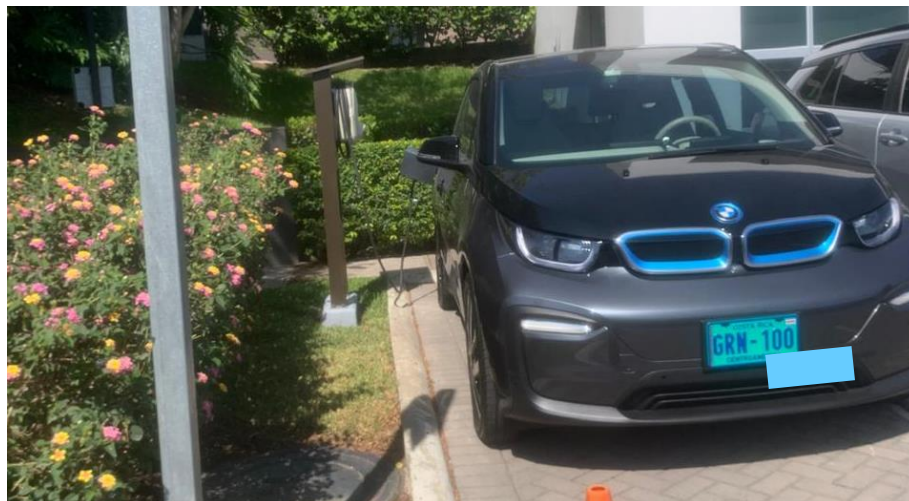


Ilustración 17. Vehículo eléctrico utilizando el cargador disponible en el condominio.

Fuente: Propia, 2024

Análisis de cargabilidad eléctrica del condominio

Por medio del Área de Sistema de Medición de CNFL se obtiene el perfil de carga del medidor de los meses de enero, febrero, marzo y abril.

Enero

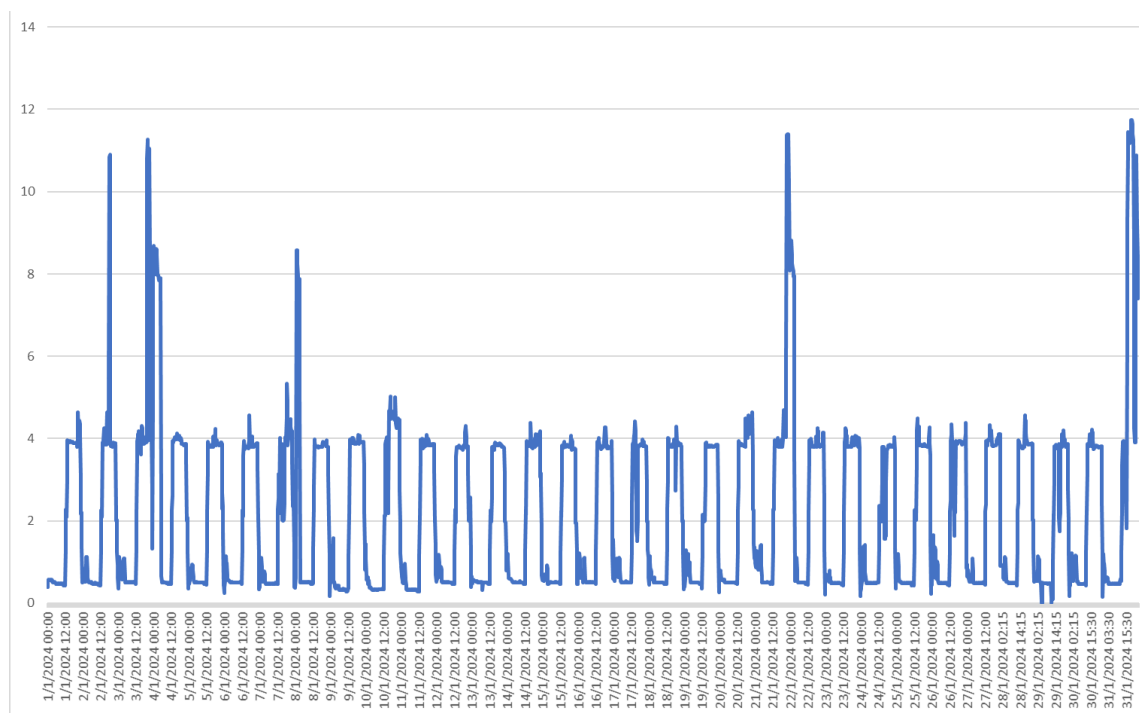


Gráfico 2. Curva de demanda del mes de enero.

Fuente: C.N.F.L.

Febrero

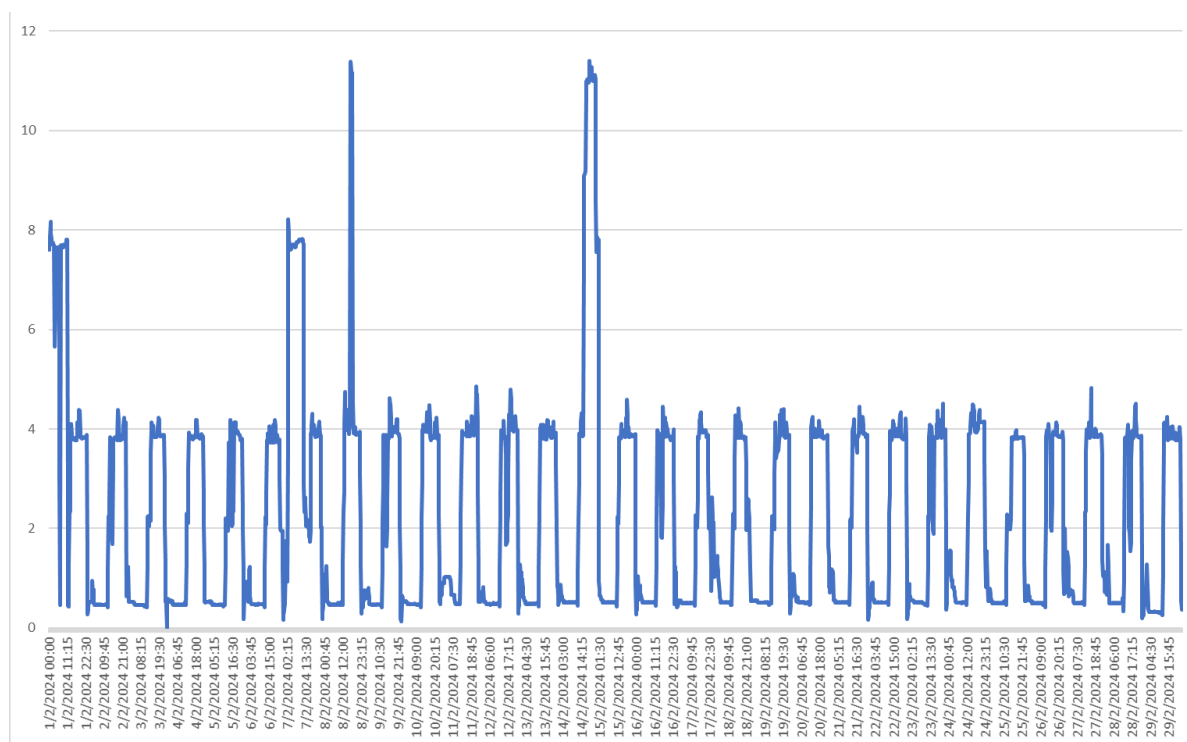


Gráfico 3. Curva de demanda del mes de febrero.

Fuente: C.N.F.L.

Marzo

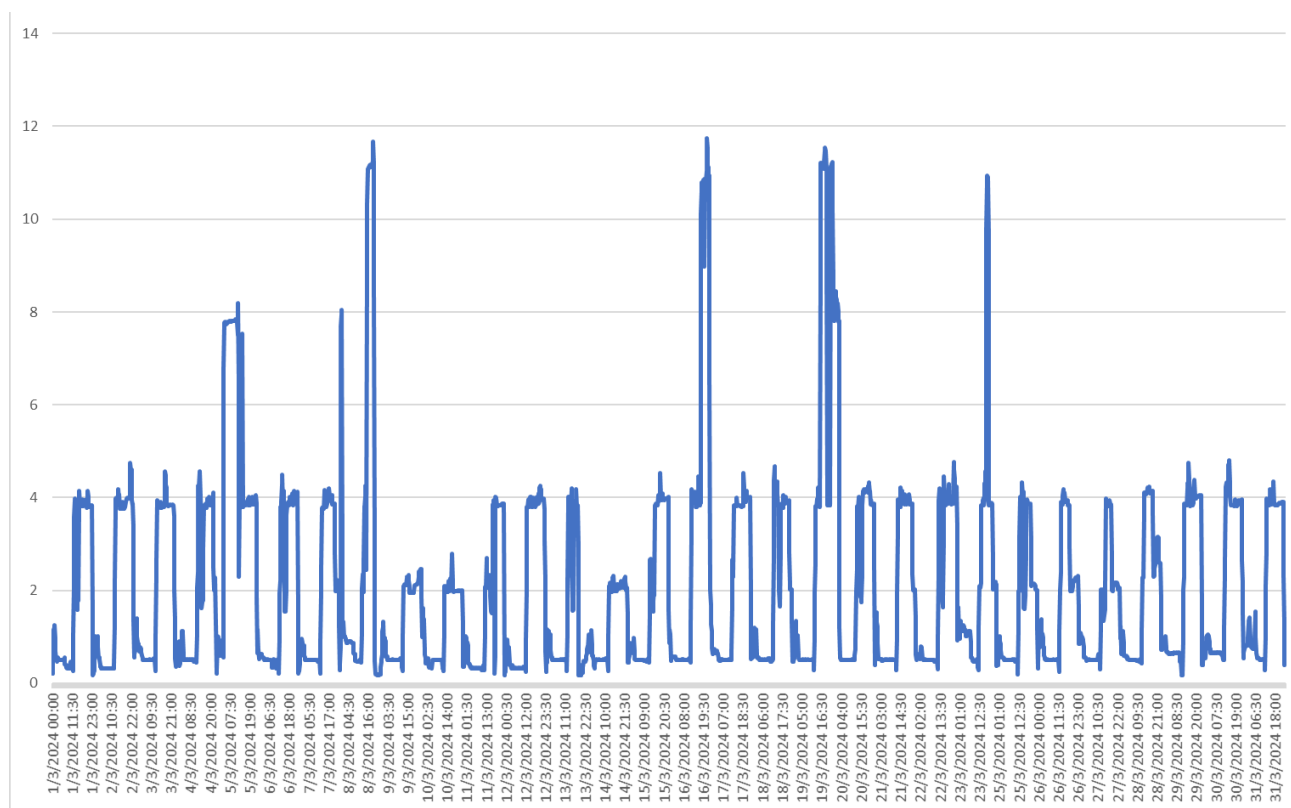


Gráfico 4. Curva de demanda del mes de marzo.

Fuente: C.N.F.L.

Abril

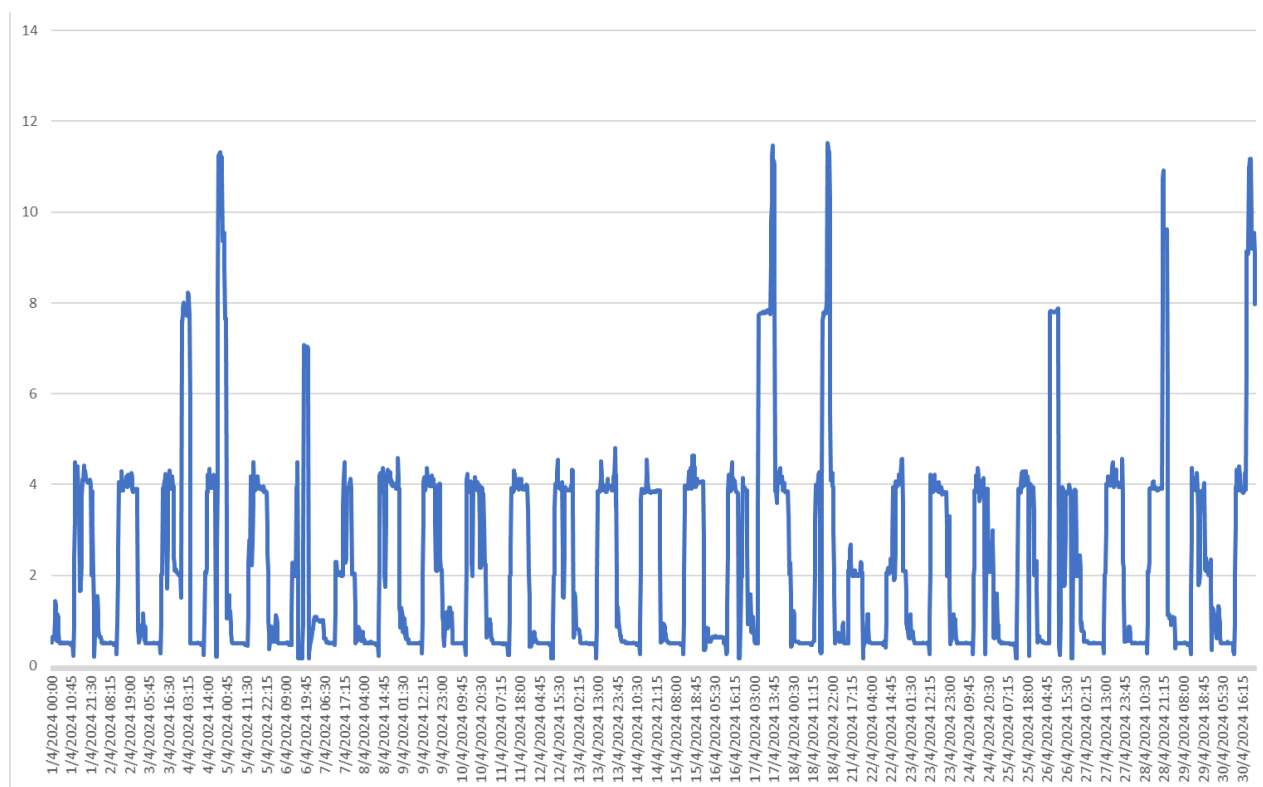


Gráfico 5. Curva de demanda del mes de abril.

Fuente: C.N.F.L.

Después de analizar con la empresa de suministro eléctrico y comparar el comportamiento de los meses anteriores con los registros de uso del cargador del condominio, las variaciones visuales de los perfiles de carga equivalen aproximadamente a la entrega de potencia nominal de un cargador para VE, modo de carga 3.

Dicho lo anterior, en el Gráfico 6, se tiene el perfil de carga de los días 18, 19 y 20 de marzo del 2024, donde se puede observar más específicamente que en los tres días se mantiene un promedio de entre 0kW y 4.5kW de consumo, igual que en las cuatro gráficas mostradas anteriormente y las variaciones máximas que se presentan tienen un valor de entre 7kW y 7.5kW, lo cual coincide exactamente con el consumo nominal del cargador instalado actualmente.

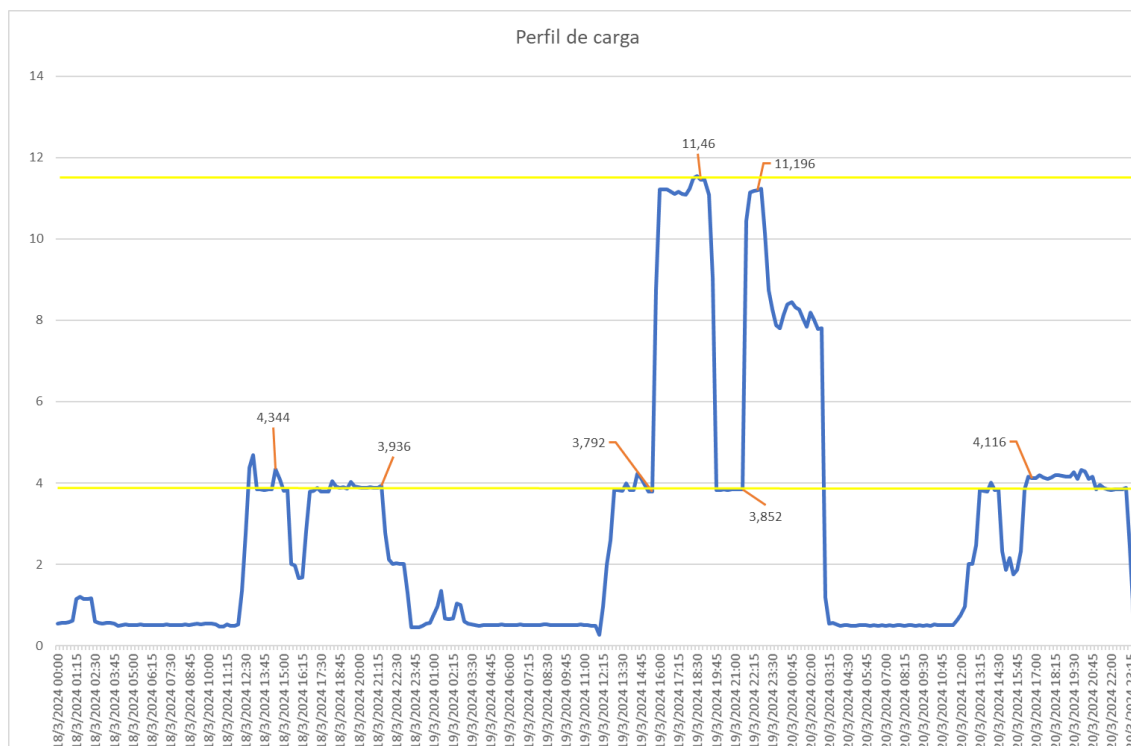


Gráfico 6. Perfil de carga de los días 18, 19 y 20 de marzo del 2024.

Fuente: C.N.F.L.

Es importante mencionar que el cargador no siempre entrega el 100% de su potencia nominal, la entrega va a depender del vehículo que se esté cargando y la batería. Algunos modelos no admiten la potencia nominal de entrega de un cargador semirrápido en conexión monofásica, que es de 7.4kW, pueden admitir hasta 7kW o menos, por lo que el cargador va a entregar lo que pueda consumir la batería del VE. Otro factor que influye en la carga es el porcentaje de batería con la que se encuentre el vehículo al momento de empezar a cargar o durante la carga, algunos después de obtener cierto porcentaje de carga empiezan a reducir automáticamente la velocidad de carga, esto para proteger la batería.

En el Anexo P, se puede observar una gráfica del comportamiento típico de las baterías de dos Hyundai Ioniq, una admite una potencia máxima de, 50kW y otra de 70kW, pero a partir de un 75% de carga la velocidad empieza a caer y después de un 85% de carga la potencia de carga se reduce a 22kW.

Consumo eléctrico de los vehículos eléctricos

La capacidad de energía que puede almacenar la batería (kWh) de un vehículo eléctrico varía dependiendo de la marca y modelo del mismo.

En la tabla 2 se consideran dos escenarios con cuatro marcas diferentes, tomando una batería que necesita ser cargada de un 0% a un 100% y otra que cuenta con un 30% de carga y necesita recargarse al 100%, tomando en cuenta que las baterías sí pueden ser cargadas hasta un 100% utilizando carga lenta o semirrápida. Con los dos escenarios anteriores se estimará el tiempo de carga utilizando la máxima potencia de un cargador de carga semirrápida (7.4kW).

Marca	Modelo	100% de batería	70% de batería	Tiempo de carga del 0% al 100%	Tiempo de carga del 30% al 100%
		kWh		Potencia Máx 7.4kW	
BMW	iX	76.6	53.6	10h y 21min	7h y 14 min
ByD	YUAN PLUS	49.9	34.93	7h y 7min	4h y 59min
GEELY	Geometry C	53	37.1	7h y 10 min	5h
HYUNDAI	KONA	48.6	34	6h y 34min	4h y 35min

Tabla 2. Tiempos de carga de los VE.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Nota: Fichas técnicas de los vehículos eléctricos en anexos.

Proyección de curva de demanda eléctrica total

Actualmente, 8 condóminos poseen vehículos eléctricos, el análisis se hará con la curva de demanda del día 19 de marzo, que es uno de los días en los cuales se hace uso del cargador ya existente, se van a tomar los tiempos en los cuales se hace uso dicho cargador y se considerará que otros tres vehículos harán uso de los cargadores semirrápidos, todos en un mismo momento, por lo que se tomarán los tiempos de carga de la tabla 2, considerando que los tres cuentan con un 30% de batería y van a recargarla hasta un 100%.

La tabla 3 representa la demanda total del condominio, cargador actual para vehículos eléctricos de carga lenta en uso y la proyección de demanda que se tendría haciendo uso de tres cargadores semirrápidos, todo lo anterior en lapsos de 15 minutos.

Horario 19/03/2024	Demanda eléctrica (kW)				Total demanda eléctrica de los VE (kW)	Total demanda eléctrica de los VE y condominio (kW)
	Condominio	BMW	GEELY	HYUNDAI		
19/3/2024 15:45	8,76	0	0	0	0	8,76
19/3/2024 16:00	11,208	7,4	7,4	7,4	22,2	33,408
19/3/2024 16:15	11,208	7,4	7,4	7,4	22,2	33,408
19/3/2024 16:30	11,208	7,4	7,4	7,4	22,2	33,408
19/3/2024 16:45	11,16	7,4	7,4	7,4	22,2	33,36
19/3/2024 17:00	11,1	7,4	7,4	7,4	22,2	33,3
19/3/2024 17:15	11,16	7,4	7,4	7,4	22,2	33,36
19/3/2024 17:30	11,112	7,4	7,4	7,4	22,2	33,312
19/3/2024 17:45	11,088	7,4	7,4	7,4	22,2	33,288
19/3/2024 18:00	11,232	7,4	7,4	7,4	22,2	33,432
19/3/2024 18:15	11,484	7,4	7,4	7,4	22,2	33,684
19/3/2024 18:30	11,544	7,4	7,4	7,4	22,2	33,744
19/3/2024 18:45	11,46	7,4	7,4	7,4	22,2	33,66
19/3/2024 19:00	11,448	7,4	7,4	7,4	22,2	33,648
19/3/2024 19:15	11,088	7,4	7,4	7,4	22,2	33,288
19/3/2024 19:30	9,036	7,4	7,4	7,4	22,2	31,236
19/3/2024 19:45	3,828	7,4	7,4	7,4	22,2	26,028
19/3/2024 20:00	3,828	7,4	7,4	7,4	22,2	26,028
19/3/2024 20:15	3,852	7,4	7,4	7,4	22,2	26,052
19/3/2024 20:30	3,828	7,4	7,4	7,4	22,2	26,028
19/3/2024 20:45	3,84	7,4	7,4	0	14,8	18,64
19/3/2024 21:00	3,84	7,4	7,4	0	14,8	18,64
19/3/2024 21:15	3,84	7,4	0	0	7,4	11,24
19/3/2024 21:30	3,852	7,4	0	0	7,4	11,252
19/3/2024 21:45	10,452	7,4	0	0	7,4	17,852
19/3/2024 22:00	11,136	7,4	0	0	7,4	18,536
19/3/2024 22:15	11,172	7,4	0	0	7,4	18,572
19/3/2024 22:30	11,196	7,4	0	0	7,4	18,596
19/3/2024 22:45	11,232	7,4	0	0	7,4	18,632
19/3/2024 23:00	10,14	7,4	0	0	7,4	17,54
19/3/2024 23:15	8,748	7,4	0	0	7,4	16,148
19/3/2024 23:30	8,256	0	0	0	0	8,256
19/3/2024 23:45	7,872	0	0	0	0	7,872

Tabla 3. Demanda eléctrica total.

Fuente: CNFL y elaboración propia.

Nota: Todos los tiempos de carga de los VE varían según la batería.

En la tabla 3 se puede observar como el consumo máximo sería de 33.7kW y se daría a las 18:30 horas, cuando se proyecta que todos los cargadores estarían en uso. Actualmente el transformador tiene una capacidad de 75KVA, al ser un transformador público, es decir, es propiedad de C.N.F.L., no solo el condominio hace uso del mismo, también todas las casas de habitación o edificaciones que se encuentren conectados a la red de baja tensión que este alimenta, por lo tanto, no se puede determinar de cuánto es la demanda diaria y la misma puede variar mucho, por esta razón no se puede establecer un límite de carga específico para uso de los cargadores.

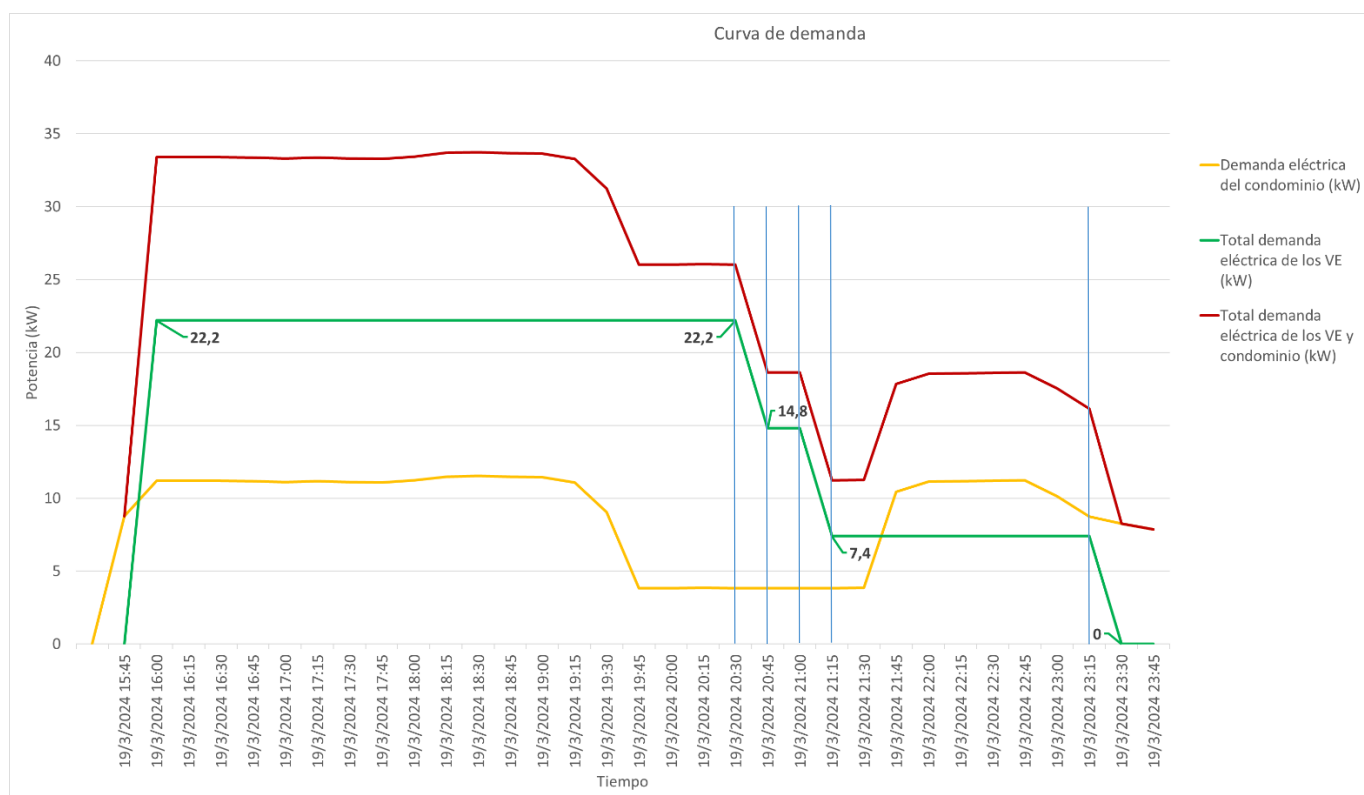


Gráfico 6. Proyección de curva de demanda total utilizando el día 19/03/2024.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En el Gráfico 6., se detallan los consumos simulando que los tres cargadores estarían en uso en un momento cuando el cargador que hay actualmente también estaría en uso, la línea en color verde representa la carga de vehículos eléctricos que disminuye conforme terminan los tiempos de carga de cada vehículo, los cuales se calcularon en la tabla 2.

Se observa como a las 16:00 los tres vehículos están cargando a una potencia de 7.4kW cada uno y en ese mismo momento la potencia consumida del condominio es de 11.2kW. Como se observa en la línea color amarillo y se detalla en la tabla 3, a partir de las 19:15 el consumo del condominio disminuye, pero los tres cargadores nuevos continúan cargando hasta las 20:30: el primer vehículo termina de cargar, luego a las 21:00 el segundo vehículo se carga y finalmente el último vehículo se termina de cargar a las 23:15. Durante el tiempo restante de esa carga, se puede detallar cómo el cargador del condominio estaría en uso a partir de las 21:45 hasta que finaliza la carga del último vehículo, pero al ya estar solo el cargador del condominio y uno nuevo, la curva de color rojo, que sería la de demanda total de condominio, junto con los nuevos cargadores es mucho más pequeña, de 18.6kW como máximo para esta simulación.

Selección del modelo de Cargador

La marca WallBox cuenta con amplia variedad de modelos de carga tipo semirrápida, sin embargo, el modelo “Commander 2” es el que mejor se adapta a las necesidades del condominio por las siguientes características:

- Acceso compartido seguro con tarjetas RFID, con las que se puede manejar la información de los usuarios por medio de la aplicación myWallbox, de tal manera que la administración puede generar los cobros a los usuarios con la información de los tiempos de carga.
- Fácil instalación y resistencia certificada al agua y polvo con clasificaciones de protección IP54 e IK10, lo que permite una instalación segura en el área de parqueo del condominio.
- Conector tipo SAE J1772, que es considerado de los más comunes y se pueden conseguir fácilmente adaptadores para este tipo.
- El cable del conector tiene una distancia de siete metros.
- Tienen una vida útil de diez años.



Ilustración 18. Cargador Wallbox Commander 2.

Fuente: Cargadores Wallbox, SL.

Estos cargadores son instalados por CNFL, la cual se encarga de crear usuarios por medio de las tarjetas RFID. Con estos usuarios la administración del condominio tiene acceso a los tiempos de carga en kWh por medio de una app llamada MyWallbox app, lo que permite cobrar a cada usuario lo que corresponde basándose en la tarifa eléctrica comercial fijada por la ARESEP, que se encuentra en la ilustración 15. En el Anexo Q., se detalla como en la app se puede visualizar el consumo en kWh de cada usuario.

Cargadores modo de carga 4

Actualmente, las edificaciones verticales optan por la instalación de cargadores para vehículos eléctricos de carga rápida, esto para satisfacer la necesidad de carga de los usuarios.

Para este tipo de instalación se requiere evaluar la disponibilidad de un transformador trifásico y su capacidad, tomando en cuenta la demanda eléctrica ya existente, también es importante considerar la obra civil que se requiere.

El Departamento de Movilidad Eléctrica de CNFL indica que los precios de los cargadores modo de carga 4 van a depender de las especificaciones técnicas que se soliciten, por ejemplo, en SICOP se pueden ver las últimas ofertas que recibió el ICE para la compra de un centro de carga rápida de 160kW con conectores tipo COMBO CCS 1 y GB/T y los precios varían desde los \$30 000, hasta los \$60 000. Anexos M y N.



Ilustración 19. Cargador para vehículos eléctricos modo de carga 4.

Fuente: C.N.F.L.

Es importante resaltar que este modo de carga no se recomienda para uso diario y en las fichas técnicas de los vehículos eléctricos (Anexos B, C, D y E) se especifica en cuál carga rápida la batería solo puede cargarse hasta un 80% de su capacidad.

Diseño del centro de carga

Se aspira a diseñar un centro de carga para vehículos eléctricos partiendo de los requerimientos del condominio y siguiendo las recomendaciones de la NFPA 70, 2014.

La zona de parqueo donde se pretende ubicar el centro de carga cuenta con 5 espacios para vehículos, se pretende instalar un cargador a la par del ya existente y dos al otro extremo del parqueo.

Primero se realizará una lista de los materiales necesarios para proceder a realizar una cotización de materiales y mano de obra por instalación mecánica y eléctrica.

Primeramente, para la selección del conductor a utilizar, se toma en cuenta la ficha técnica del Anexo A, donde indica que los cargadores en conexión monofásica van a tener una corriente nominal de 32 A, con este valor de corriente se consulta la tabla del Anexo F, la cual indica que se recomienda utilizar un conductor #8 para este valor de corriente, seguidamente, en la tabla del Anexo G, se selecciona el conductor a utilizar como tierra.

Este condominio ya cuenta con un centro de carga marca EATON que será el que se va a utilizar en la instalación eléctrica, solo es necesario la selección de protección a utilizar, en este caso se consulta el artículo 240.6 para conocer los valores disponibles de interruptores y se selecciona un breaker de 100 A, dos polos, marca EATON, el valor se escoge en base a que son tres cargadores de 32 A cada uno.

Seguidamente, la canalización será subterránea, se diseñará con tubería EMT, consultando las tablas del anexo H e I, se obtienen las dimensiones recomendadas a usar.

Con la información anterior y las medidas del parqueo, se calculan los accesorios necesarios para instalación eléctrica y comunicación entre cargadores, se detallan en la tabla 5.


Material	Cantidad
CABLE THHN ROJO # 8	50m
CABLE THHN AZUL # 8	50m
CABLE THHN VERDE # 8	50m
BREAKER 40A 2 POLOS	3ud
SOPORTE PEDESTAL	3uds
TUBO EMT 1"	6uds
UNION DE PRESION 1"	6uds
CONDULETA 90 EMT 1"	4uds
CONDULETA T EMT 1"	1uds
CONECTOR EMT 1"	2uds
TUBO EMT 1/2	23uds
UNION DE PRESION 1/2	23uds
CONDULETA 90 EMT 1/2	9uds
CONDULETA T EMT 1/2	1ud
CONECTOR EMT 1/2	4uds
CABLE UTP CAT5E	35m
CONECTOR RJ45	6uds
CONCREMIX	1ud

Tabla 4. Materiales para instalación eléctrica y comunicación.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Presupuesto para instalación de centro de carga

Cotización de instalación mecánica y eléctrica.

SOLUCIONES ELECTROMECHANICAS 360		sábado, 20 de julio de 2024 C-INST-24-R07-45 FO-MA-115-1 Versión:2 Última revisión: 10-12-19			
Presupuesto y Ofertas Instalaciones					
OFERTA					
CLIENTE:	NADJA MONGE MORA	TELÉFONO:	+506 8317 0477		
ATENCIÓN:	NADJA MONGE MORA	EMAIL:	nadjamongemora@gmail.com		
DETALLE:	INSTALACION ELECTRICA Y MECANICA	IMPORTACION:	NO		
UBICACION DEL EQUIPO:	PARQUEO PRINCIPAL	TIPO:	CARGADOR VEHÍCULO ELÉCTRICO 7.4 KW COMMANDER 2		
MODELO:	ND	MARCA/SERIE:	ND		
ALCANCE DE LA OFERTA					
ITEM	DETALLE				PRECIO ₡+IV
50	CABLE THHN ROJO # 8				
50	CABLE THHN AZUL # 8				
50	CABLE THHN VERDE # 8				
3	BREAKER 40A 2 POLOS EATON				
3	SOPORTE PEDESTAL				
6	TUBO EMT 1"				
6	UNION DE PRESION 1"				
4	CONDULETA 90 EMT 1"				
1	CONDULETA T EMT 1"				
2	CONECTOR EMT 1"				
23	TUBO EMT 1/2				
23	UNION DE PRESION 1/2				
9	CONDULETA 90 EMT 1/2				
1	CONDULETA T EMT 1/2				
4	CONECTOR EMT 1/2				
35	CABLE UTP CAT5E				
6	CONECTOR RJ45				
1	CONCREMIX				
1	INSTALACION ELECTRICA Y MECANICA DE CARGADOR 7.2 KW COMMANDER 2				
1	SUPERVISION DE INGENIERIA				
SUB TOTAL					₡ 1,549,140.00
GARANTÍA:		3 MESES			
FORMA DE PAGO:		CREDITO			
VALIDEZ DE OFERTA:		1 MES			
TIEMPO DE ENTREGA:		1 SEMANA			
				13%	I.V.A. ₡ 121,828.20

TIEMPO DEL TRABAJO:	3 DIAS	TOTAL OFERTADO	₡ 1,670,968.20
OBSERVACIONES:			
1.	INCLUYE OBRAS GRISES		
2.	INCLUYE ACOMETIDAS ELÉCTRICAS		
3.	NO INCLUYE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
4.	EL CLIENTE ACEPTA LOS TERMINOS Y CONDICIONES INCLUIDOS EN ESTA COTIZACION		
<p>Para aprobar oferta firme y remita a las siguientes direcciones: stevencv@gmail.com</p> <p>Favor indicar a quien facturar y número de cédula física o jurídica:</p> <p>_____</p> <p>Firma _____</p>			

Tabla 5. Cotización de materiales e instalación eléctrica y mecánica de centro de carga.

Fuente: Soluciones Electromecánicas 360, 2024.

Costo de cargadores Wallbox Commander 2

Cargador	Cantidad	Precio unitario	Impuestos	TOTAL I.V.I
Wallbox Commander 2	3	₡ 1 054 078,20	₡ 137 030,17	₡ 3 573 325,10

Tabla 6. Costo de cargadores Wallbox Commander 2

Fuente: Sitio Web de CNFL, 2024.

Costo total final

Descripción	Costo	Total
Instalación eléctrica y mecánica	₡ 1 670 968,20	₡ 5 244 293,30
Cargadores Wallbox Commander 2	₡ 3 573 325,10	

Tabla 7. Costo total del centro de carga.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Distribución de los cargadores en el parqueo

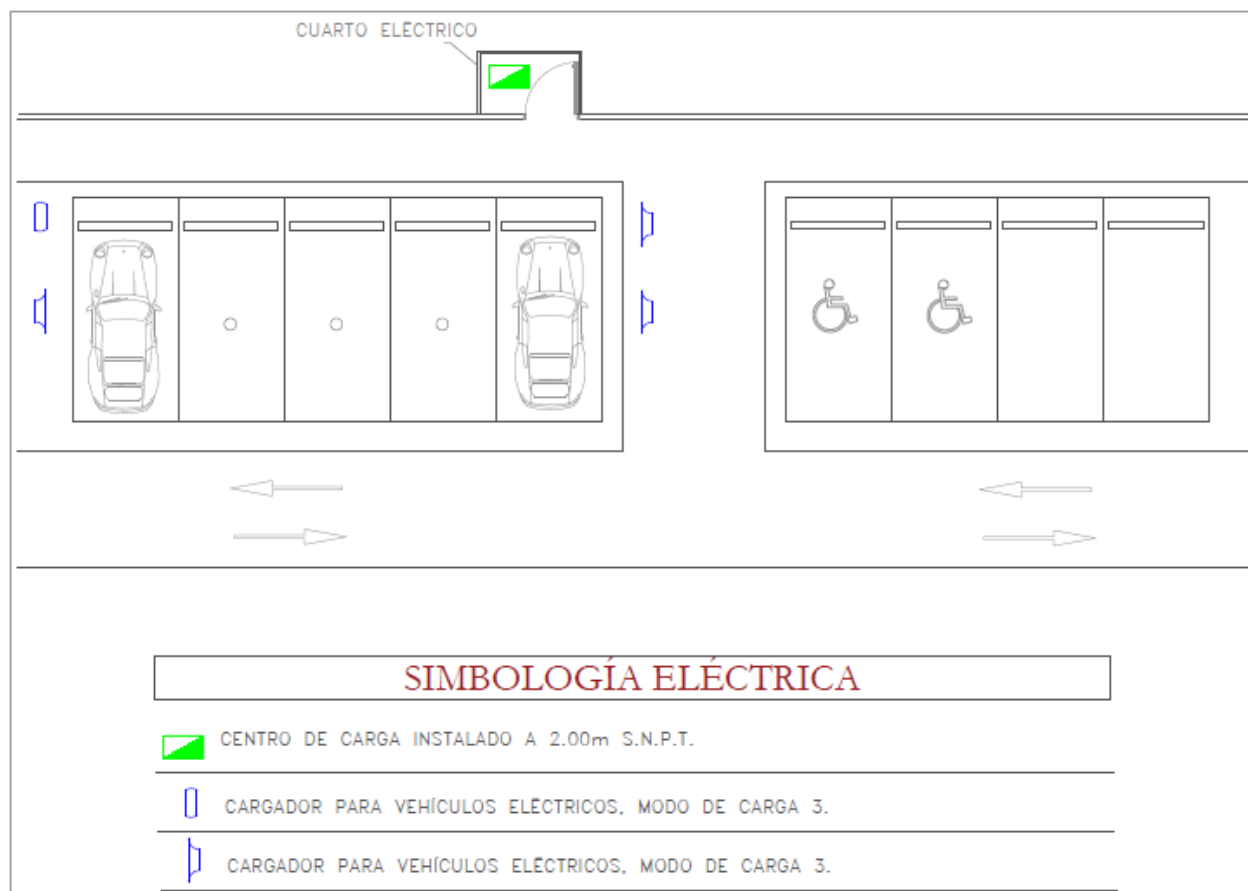


Ilustración 20. Diseño del parqueo con los cargadores para vehículos eléctricos.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Diagrama unifilar

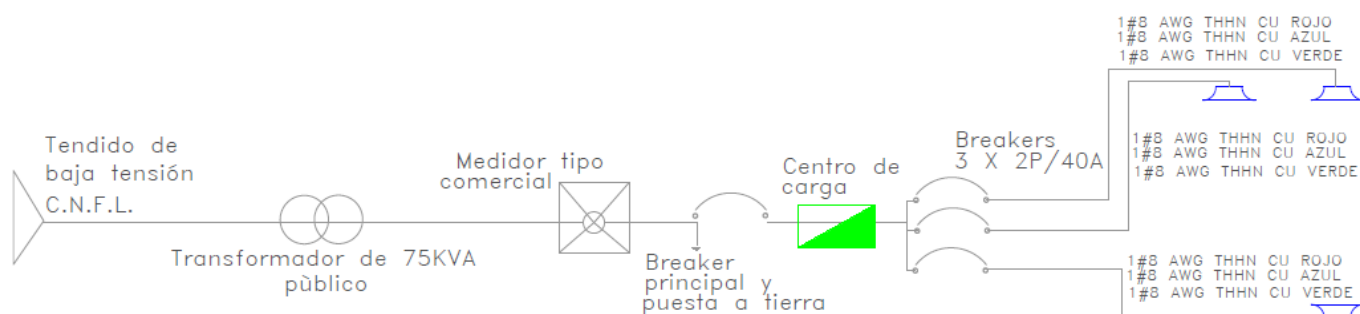


Ilustración 21. Diagrama unifilar del centro de carga.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Caída de tensión para cada ramal

Para el cálculo de caída de tensión se utilizarán las siguientes fórmulas:

$$\Delta V_{1\emptyset} = \frac{2 * R \left(\frac{\text{ohm}}{\text{KFT}} \right) * L(\text{ft}) * I(\text{A}) * 1\emptyset}{1000}$$

Ecuación 5. Cálculo de caída de tensión.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

$$V_{1\emptyset} \% = \frac{\Delta V_{1\emptyset}}{V_{\text{alim}}}$$

Ecuación 6. Cálculo de porcentaje de caída de tensión.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Caída de tensión							
Calibre	R (ohm/KFT)	L(ft)	I(A)	$\Delta V_{1\emptyset}$	$\Delta V_{1\emptyset}\%$	L (m)	ID (A)
8,00	0,13	65,62	32,00	0,53	0,22 %	20	32
Caída de tensión							
Calibre	R (ohm/KFT)	L(ft)	I(A)	$\Delta V_{1\emptyset}$	$\Delta V_{1\emptyset}\%$	L (m)	ID (A)
8,00	0,13	39,37	32,00	0,32	0,13 %	12	32
Caída de tensión							
Calibre	R (ohm/KFT)	L(ft)	I(A)	$\Delta V_{1\emptyset}$	$\Delta V_{1\emptyset}\%$	L (m)	ID (A)
8,00	0,13	49,21	32,00	0,40	0,17 %	15	32

Ilustración 22. Caída de tensión de los ramales de cada cargador.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Nota: Tabla de propiedades de conductores en anexo L.

En el NEC 210.19(A) Nota inf. Nro. 4, se indica que los conductores para circuitos ramales no deben exceder un 3% de caída de tensión. En este caso la caída de tensión es menor a 1% para todos los cargadores.

Análisis financiero

Para los cálculos se tomarán en cuenta los siguientes aspectos:

- Todos los cálculos financieros se realizarán en el programa informático Excel de Microsoft Corporation.
- La inversión del proyecto será financiada 100% con un préstamo bancario.
- Para recuperar la inversión y cubrir gastos por mantenimiento, se propone cobrar a los usuarios una tarifa mensual de 15 000 colones por cada vehículo eléctrico que haga uso de los mismos.
- Actualmente hay 8 vehículos eléctricos, tomando en cuenta los datos del Ministerio de Ambiente y Energía y el incremento significativo en la cantidad de vehículos eléctricos en el país (Anexo O.), en el 2023 se registraron 12 218 vehículos y a junio del 2024 se registraron 16 531, lo que significa un incremento de un 35.3%.
- Se va a utilizar el porcentaje anterior para estimar el incremento que podría haber de vehículos eléctricos en el condominio: si actualmente hay 8 vehículos, un incremento del 35.3% equivale a 3 vehículos más por año.
- La solicitud de préstamo se realizó a través del Banco Nacional de Costa Rica, ya que cuenta con un préstamo denominado Crédito Ecológico, dirigido a quienes desean financiar planes de inversión relacionadas a energías limpias y proyectos amigables con el ambiente.
- Se requiere utilizar un costo de capital, para la cual se selecciona el 16.25% que corresponde a la tasa de interés brindada por Crédito Ecológico del BNCR.
- El proyecto daría inicio en 2025, por lo que se harán los cálculos a seis años a partir del 2025.
- Los periodos contables a utilizar son anuales.

Cobro anual por cada vehículo eléctrico				
Año	Total de VE en el condominio	Cobro Mensual por cada VE	Cobro Anual por cada VE	Cobro total anual
2025	11	₡15 000,00	₡180 000,00	₡1 980 000,00
2026	14	₡15 000,00	₡180 000,00	₡2 520 000,00
2027	17	₡15 000,00	₡180 000,00	₡3 060 000,00
2028	20	₡15 000,00	₡180 000,00	₡3 600 000,00
2029	23	₡15 000,00	₡180 000,00	₡4 140 000,00
2030	26	₡15 000,00	₡180 000,00	₡4 680 000,00
2031	29	₡15 000,00	₡180 000,00	₡5 220 000,00

Tabla 8. Cobro de cuota anual a los usuarios de vehículos eléctricos.

Fuente: Elaboración propia, 2024

En el Anexo K se encuentra la tabla que representa los saldos de intereses y amortización del préstamo que se solicitó a cuatro años.

En la tabla 10 se hace el cálculo del flujo de efectivo que se tendrá en los próximos cinco años, donde se representa el pago del préstamo en los primeros cuatro años.

Año	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Préstamo	-₡ 5 244 293					
Tarifa anual para usuarios	₡1 980 000	₡2 520 000	₡3 060 000	₡3 600 000	₡4 140 000	4 680 000
Gasto por interés	-₡778 978	-₡601 607	-₡393 167	-₡148 215		
Amortización de la deuda	-₡1 012 587	-₡1 189 958	-₡1 398 398	-₡1 643 350		
Flujo neto de efectivo	₡188 435	₡728 435	₡1 268 435	₡1 808 435	₡4 140 000	4 680 000

Tabla 9. Flujo de efectivo.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Con los datos obtenidos de la tabla 10 se procede a calcular el VP, VPN y la TIR del proyecto con un valor de capital de 16.25%, como se indicó anteriormente.

Valor Presente

Periodo	Flujos netos de efectivo	Valor presente
0	-₡ 5 244 293,30	-₡ 5 244 293,30
1	₡188 435,15	₡ 162 094,75
2	₡728 435,15	₡ 539 020,11
3	₡1 268 435,15	₡ 807 401,19
4	₡1 808 435,15	₡ 990 218,63
5	₡4 140 000,00	₡ 1 950 004,14
6	₡4 680 000,00	₡ 1 896 217,21

Tabla 10. Cálculo de VP.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tiempo de recuperación

Tiempo de recuperación			
Periodo	VAN		Resultado
1	₡162 094,75	-₡	5 082 198,54
2	₡701 114,87	-₡	4 543 178,43
3	₡1 508 516,06	-₡	3 735 777,24
4	₡2 498 734,69	-₡	2 745 558,61
5	₡4 448 738,83	-₡	795 554,47
6	₡6 344 956,04	₡	1 100 662,74

Tabla 11. Calculo del período de recuperación.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Valor Presente Neto y Tasa Interna de Retorno

VPN	₡ 1 100 662,74
TIR	21%
Periodo de recuperación	6 años

Tabla 12. Calculo de VPN, TIR y periodo de recuperación.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Según los valores obtenidos, el proyecto es capaz de pagar la deuda y, adicionalmente, genera una ganancia de ₡ 1 100 662.74 a partir del año 6. Con respecto al TIR, este proyecto genera una rentabilidad del 21% sobre la inversión financiada por un préstamo, lo que puede afirmar que la propuesta es desde la perspectiva financiera viable.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Después del análisis de cargabilidad eléctrica del condominio y como se determinó en la página 55, el condominio cuenta con la capacidad eléctrica para suministrar energía a un centro de carga para vehículos eléctricos, como se observa en el gráfico 6. Aunque no se realizaron proyecciones específicas para la cantidad futura de vehículos, se acordó la instalación de tres cargadores inteligentes.
- Tras una exhaustiva investigación, se seleccionó el modelo Commander 2 de Wallbox el cual se muestra en la Ilustración 18, que permite tener un registro detallado del uso de los cargadores en kWh, de manera que la administración pueda controlar cuánto consume cada condómino y agregar el cobro a la factura mensual de cada usuario, que es como está trabajando actualmente CNFL con la instalación de este tipo de cargadores en otros condominios de este tipo. Una vez que se da esta opción, se le hace saber a la administración que este método de cobro no está debidamente regulado ni aprobado por la ARESEP.
- Comparando diversas opciones, se determinó que la instalación de tres cargadores inteligentes modo 3 es la más viable desde el punto de vista económico en comparación con la otra alternativa de cargadores de carga rápida que son mucho más costosos, adicionalmente, los condóminos no tendrían la opción de carga lenta o semirrápida en su residencia, que es donde habitualmente los usuarios de vehículos eléctricos recargan la batería, por el contrario, se estaría ofreciendo solamente un servicio de carga rápida que no es recomendable para uso diario según los fabricantes de los vehículos eléctricos.
- El diseño de la zona de parqueo se realizó siguiendo las normativas pertinentes, como la NFPA 70, 2014, y utilizando la información técnica específica proporcionada por los cargadores Wallbox seleccionados. Esto asegura que la instalación sea segura y cumpla con los estándares requeridos.
- Mediante un análisis financiero detallado, se determinó que la inversión en los cargadores inteligentes se recupera en un período de seis años. Además, se proyecta una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 21%, indicando claramente que la instalación de un centro de carga para vehículos eléctricos es una decisión rentable y viable para el condominio.
- Tal como se observa en el anexo R, adicional a este trabajo, el transformador de 75kVA de distribución pública en un día típico presenta una cargabilidad de un 70%, con una demanda

de 52,26279 kVA, a pesar de esto, las instrucciones de la administración del condominio fueron utilizar este transformador para los cálculos de este trabajo, por tanto, es importante tener presente que la instalación de 3 cargadores semirrápidos podría llevar al transformador a una sobrecarga y al accionamiento de su fusible de protección. Por esta razón se recomienda valorar la posibilidad de utilizar el transformador de 500kVA.

Recomendaciones

- Es recomendable instalar un medidor de tipo residencial horario, exclusivo para el centro de carga eléctrica. Esto permitirá que los usuarios puedan beneficiarse de tarifas eléctricas horarias, especialmente durante el periodo nocturno cuando la tarifa suele ser más económica. Esto incentivará a los usuarios a cargar sus vehículos eléctricos en horarios de menor costo, reduciendo así el impacto en la factura eléctrica.
- Se recomienda realizar el estudio para realizar la obra civil que permita extender la conexión del centro de carga eléctrica al servicio trifásico que tiene el transformador de 500kVA con el que cuenta el condominio, como se muestra en el anexo S, este tiene más de un 80% de su capacidad disponible y su uso permitiría mejorar los tiempos de carga de los vehículos eléctricos cuando así lo requieran, aumentando la potencia disponible desde los 7.4kW a un rango superior de entre 11kW y 22kW. Este aumento de potencia es crucial para satisfacer la demanda de carga de vehículos eléctricos, que a menudo requieren cargas más rápidas por cuestión de tiempo, sin embargo, el cargador permite ajustar la potencia de carga que se desea utilizar.
- Tomar en cuenta las proyecciones de crecimiento de los vehículos eléctricos, ya que, la instalación de 3 cargadores nuevos no satisface la demanda a futuro.
- Es recomendable llegar a un acuerdo con la empresa electrificadora para que sean ellos quienes realicen el cobro a cada usuario y no la administración del condominio de acuerdo a los planes pilotos que están desarrollando en condominios similares a este.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

Descripción

La creciente popularidad de los vehículos eléctricos ha generado una demanda significativa de infraestructura de carga adecuada en diferentes tipos de residencias, incluyendo los condominios verticales. Este proyecto busca satisfacer la necesidad de los residentes de un condominio vertical para disponer de una solución eficiente y duradera para la carga de sus VE, considerando las limitaciones y características propias de este tipo de residencia.

Dado que los residentes de un condominio vertical no disponen de cocheras individuales y, por tanto, no pueden acceder a modos de carga 1, 2 o 3 recomendados para el uso diario, la instalación de estaciones de carga de nivel 4, que son rápidas, se limitará a situaciones de emergencia debido a su impacto negativo en la vida útil de las baterías.

Tras un análisis exhaustivo de la capacidad eléctrica del condominio y considerando las necesidades específicas de los usuarios, se seleccionó un modelo de estación de carga que se adapta óptimamente a los requerimientos del lugar. Este modelo permitirá una carga eficiente y accesible para todos los residentes sin comprometer la durabilidad de las baterías de los vehículos. Además, se implementará un sistema de gestión que permitirá a la administración del condominio monitorear y registrar los consumos individuales de energía, facilitando así la generación de los cobros correspondientes de manera justa y transparente.

La opción de instalar un centro de carga rápida fue descartada debido a los altos costos de instalación y al impacto adverso en la vida útil de las baterías con un uso diario, reafirmando la decisión de optar por una solución que equilibre eficiencia, costo y sostenibilidad.

Propuesta

La propuesta consiste en satisfacer la necesidad de carga de vehículos eléctricos de los residentes de un condominio vertical mediante la instalación de tres cargadores inteligentes Wallbox Commander 2, proporcionando una solución eficiente, transparente y sostenible, tanto para los usuarios como para la administración del condominio.

Descripción de la propuesta

1. Instalación de cargadores:

- Se propone instalar tres cargadores Wallbox Commander 2 en el área de estacionamiento del condominio.
- Cada cargador estará ubicado estratégicamente para facilitar el acceso a los usuarios y cumpliendo con los requisitos de la administración.

2. Sistema de identificación y control:

- Se le otorgará a cada usuario una tarjeta RFID.
- La tarjeta RFID se utilizará para activar y desactivar la carga en los cargadores Wallbox Commander 2.
- La tecnología RFID garantiza un uso exclusivo de los cargadores.

3. Monitoreo y registro del consumo:

- Los cargadores Wallbox Commander 2 se integrarán con la aplicación MyWallbox App.
- A través de MyWallbox App, los usuarios y la administración podrán visualizar el tiempo de carga y la potencia utilizada.
- Se generarán reportes detallados del consumo de energía por usuario, facilitando la transparencia y precisión en los registros.

4. Gestión de cobros:

- La administración del condominio tendrá acceso a los registros de consumo de cada usuario.
- Se propone cobrar una cuota de 15 000 colones para cubrir los costos de la inversión y costos por mantenimiento.
- Este modelo de cobro asegura la sostenibilidad financiera del sistema y el retorno de inversión.

5. Beneficios financieros

- La incorporación de los tres cargadores Wallbox Commander 2 generará un ingreso adicional detallado en la Tabla 8 del análisis financiero.
- La tarifa mensual permitirá cubrir los costos de instalación, operación y mantenimiento, y generará un excedente para la administración del condominio.

Ventajas de la propuesta para los usuarios y la administración

Usuarios de vehículos eléctricos

- Acceso a una infraestructura de carga confiable y eficiente en su lugar de residencia.
- Monitoreo en tiempo real de su consumo de energía.
- Facilidad de uso mediante la tecnología RFID.

Administración del Condominio

- Registro detallado y transparente del consumo de energía por usuario.
- Generación de ingresos adicionales mediante la tarifa mensual.
- Recuperación de la inversión inicial y cobertura de futuros costos de mantenimiento.

Referencias Bibliográficas

- Allen, F., Myers, S. y Brealey, R. (2010). *Principios de finanzas corporativas*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- Aragón, E. (2021, 17 mayo). Modos y tipos de carga de un vehículo eléctrico. *Movilidad Eléctrica*. <https://movilidadelectrica.com/modos-y-tipos-de-carga-de-un-vehiculo-electrico/>
- Balestrini, M. (2006). *Cómo se elabora el proyecto de investigación*. Caracas, Venezuela: BL Consultores Asociados.
- Bejarano Gómez, A. P. (2020). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de centros de recarga para vehículos eléctricos en el Campus Central del Instituto Tecnológico de Costa Rica* [Tesis de Licenciatura en Mantenimiento Industrial]. <https://hdl.handle.net/2238/12316>
- Calle, E., Mera, L. y Otero, P. (2021). Aplicación de la simulación de Montecarlo para el Análisis de la Implementación de Estaciones de Carga Rápida para Vehículos Eléctricos en la Provincia de Galápagos. *Revista Técnica “energía”*, 17(2), 143-152. <https://revistaenergia.cenace.gob.ec/index.php/cenace/article/view/434>
- Chapman S. J. (2012). *Máquinas eléctricas*. México: McGraw Hill.
- Código Eléctrico Nacional (2014). NFPA 70 [NEC].
- Collaguazo, F. y Mena, B. (2019). *Integración de los vehículos eléctricos en las redes modernas de energía*. https://www.researchgate.net/profile/Fabricio-Collaguazo/publication/331247275_Integracion_de_VE_en_las_Redес_electricas_modernas/links/5c6e359b4585156b570d4f8e/Integracion-de-VE-en-las-Redes-electricas-modernas.pdf
- Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A. (2024). Cargadores Semirápidos. *C.N.F.L.* <https://www.cnfl.go.cr/productos/cargadores-semirapidos>
- Compañía Nacional de Fuerza y Luz S.A. (2024). Tarifas Vigentes. *C.N.F.L.* <https://www.cnfl.go.cr/tarifas-vigentes>
- Condezo Hurtado, D., Galarza Linares, J., Huarac Rojas, D. y Sáenz Loayza, B. (2021). Evaluación de la red de distribución: conexión del vehículo eléctrico híbrido enchufable. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(4), 50-62. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822021000400050&script=sci_arttext
- Decreto N.º 42489-MINAE-MOPT-H (9 de setiembre del 2020). “Reglamento para la exoneración del impuesto sobre las ventas y del impuesto selectivo de consumo a los repuestos de vehículos eléctricos y exoneración del impuesto selectivo de consumo [...]”. [Poder Ejecutivo]. Alcance N.º 237 a La Gaceta N.º 226. [ALCANCE DIGITAL N° 237 A LA GACETA N° 226 de la fecha 09 09 2020 \(imprentanacional.go.cr\)](https://www.gacetaoficial.gub.cr/alcance/237-a-la-gaceta-n-226)

- Expósito, A. G. y Ortega, J. M. M. (2019). Sistema de recarga de vehículos eléctricos: revisión tecnológica e impacto en el sistema eléctrico. *Economía industrial*, (411), 35-44. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6932911>
- Guillén Montero, F. P. y Pánchez Mogrovejo, A. F. (2019). *Análisis de la calidad de la energía eléctrica en las redes de bajo voltaje de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca por la cargabilidad de vehículos eléctricos* [Tesis de Bachillerato en Ingeniería Eléctrica]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17750>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill.
- Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo. (2023). Proyector de Condominios Construidos y Transformaciones. *INVU Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo*. [Proyectos de Condominios Construidos - Portal-INVU](#)
- Latam Mobility. (s.f). Estas son las curvas de carga de los coches eléctricos más vendidos. *LATAM MOBILITY*. <https://latamobility.com/estas-son-las-curvas-de-carga-de-los-coches-electricos-mas-vendidos/>
- LugEnergy. (2023, 6 octubre). Modos de Carga de Coche Eléctrico: Diferencias y características. *LugEnergy*. <https://www.lugenergy.com/modos-de-recarga-vehiculos-electricos/>
- Marulanda, G., Nieto Vargas, J. F. y Rojas Quiroga, K.E. (2019). Impactos técnicos y económicos para comercializadores de electricidad debido a la implementación de vehículos eléctricos en Colombia. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 18(34), 219-236. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-33242019000100219&script=sci_arttext
- Medina Aguirre, S. X. (2021). *Calidad y gestión de energía en centros de carga para vehículos eléctricos considerando tipos de cargabilidad* [Tesis de Maestría en Electricidad]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21558>
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2019). Plan Nacional de descarbonización. *Ministerio de Ambiente y Energía. Dirección de cambio climático*. cambioclimatico.go.cr
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2024). Vehículos eléctricos en Costa Rica. *Ministerio de Ambiente y Energía. Dirección de energía*. [Vehículos eléctricos en Costa Rica – MINAE ENERGIA](#)
- Muñoz Razo, C. (2018). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis*. (2^{da}. ed.). Pearson Educación. <https://elibro.net/es/lc/bibliouia/titulos/37852>
- Prieto, A. (s.f.). Tipos de conectores de recarga de vehículos eléctricos. *EV-solutions*. [Tipos de conectores de recarga de vehículos eléctricos | EV Solutions](#)

- Rivera Soto, D. (2019). *Factores determinantes en la demanda de vehículos eléctricos en Costa Rica*. [Tesis de Magister Scientiae en Economía, Desarrollo y Cambio Climático]. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9200/Factores_determinantes_en_la_demanda_de_vehiculos_electricos.pdf?sequence=1
- Rojas González, A. (2019). *Diseño para la instalación de una electrolinera de carga rápida para vehículos eléctricos con alimentación solar*. [Tesis de Bachillerato en Ingeniería Electromecánica]. Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica.
- Rojas Rojas, L. E. (2020). *Estudio de prefactibilidad de análisis de costos y vida útil para automóviles tipo sedán de combustión interna y eléctricos de uso particular*. [Tesis de Licenciatura en Mantenimiento Industrial]. Tecnológico de Costa Rica. <https://hdl.handle.net/2238/11486>
- Sistema Integrado de Compras Públicas (2024). Expediente electrónico. *SICOP*. <https://www.sicop.go.cr/>
- Soto, J. y Alpizar, J. (2023). Impacto de los vehículos eléctricos en condominios residenciales. *Revista Fidélitas*, Vol. 4(2). [\(PDF\) Impacto de los vehículos eléctricos en condominios residenciales \(researchgate.net\)](#)
- Wallbox Chargers, S.L. (s.f.). Cargadores Inteligentes Para Vehículos Eléctricos. *Wallbox*. [Cargadores inteligentes para vehículos eléctricos - Wallbox](#)
- Wallbox Chargers, S.L. (s.f.). Descripción del producto Commander 2. *Wallbox*. https://wallbox.com/es_pt/wallbox-commander-2
- Wallbox Chargers, S.L. (s.f.). Guía de usuario. *Wallbox*. <https://support.wallbox.com/en/>

Anexos

COMMANDER 2 Technical Datasheet

General Specifications

Model	Commander 2
Colour	White or Black
Cable Length	5 m (7 m optional) ^[1]
Charging Mode (IEC 61851-1)	Mode 3
Dimensions	221x152x115 mm (without cable)
Weight	2.4 kg (without cable)
Operating Temperature	-25 °C to 40 °C (50°C with derating)
Storage Temperature	-40 °C to 70 °C
Standards	CE mark (LVD 2014/35/EU, EMC 2014/30/EU), IEC 61851-1, IEC 61851-21-2, TR25 certificate (Singapore), IEC 62196-2

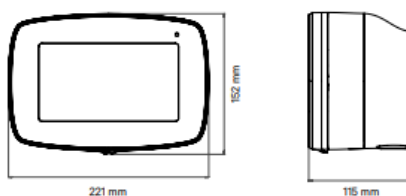
User Interface & Communications

Connectivity	Wi-Fi, Ethernet, Bluetooth
User Identification	PIN Code, RFID, myWallbox App & Portal
User Interface	7" Touchscreen, myWallbox App & Portal ^[4]
Charger Status Information	RGB LED, Screen Information, myWallbox App & Portal
Included Features	Power Sharing
Optional Features	Power Boost

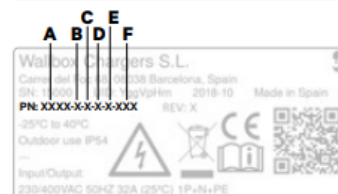
Electrical Specifications

Charging Power	3,7 kW	7,4 kW	11 kW	22 kW
Rated Voltage AC $\pm 10\%$	230 V	230 V	400 V	400 V
Rated Current	16 A (1P)	32 A (1P)	16 A (3P)	32 A (3P)
Connector Type (IEC 62196-2)	Type 2	Type 2	Type 2	Type 2
Cable Width	up to 3x 10 mm ²	up to 3x 10 mm ²	up to 5x 10 mm ²	up to 5x 10 mm ²
Configurable Current	from 6 A to rated current			
Rated Frequency	50 Hz / 60 Hz			
Protection Rating	IP54 / IK10			
Surge Category	CAT III			
Residual Current Detection	AC 30mA / DC 6mA ^[2]			
RCCB	External RCCB required ^[3]			

Dimensions



Part Number Structure



	Code	Definition
A Model	CMX2	Commander 2
B Cable	0	5 m
	M	7 m
C Connector	1	Type 1
	2	Type 2
D Power	1	3,7 kW
	2	7,4 kW
	3	11 kW
	4	22 kW
E Additional Feature	8	RFID + AC/DC Leakage
F Custom	XX1	White
	XX2	Black

[1] Only available for Type 2 3P 32 A chargers.
 [2] Internal RCCB-DD meets tripping time characteristics according to IEC 62055.
 [3] Type A or Type B according to local regulations.
 [4] OCPP compatible.

Anexo A. Ficha técnica “Commander 2”.

Fuente: Wallbox Chargers, S.L.

< BMW iX Inicio THE iX Datos técnicos			
Potencia del motor eléctrico en hp	Torque del motor eléctrico en Nm		
326	630		
Desempeño ^			
Velocidad máxima en km/h (rango eléctrico)	Aceleración 0-100km/h		
200	6.1		
Rango y carga ^			
Rango eléctrico en km	Capacidad de la batería de iones de litio en kWh	Tiempo de carga en estación de carga rápida de 150kW; (80%)	Tiempo de carga en estación de carga de 11kW; (100%)
390	76.6	31 min	7.25h

Anexo B. Tiempos de carga BMW iX.

Fuente: BMW Costa Rica.

RENDIMIENTO DE POTENCIA	GL	GS
Tipo de motor	Motor sincrónico de imán permanente	
Potencia de salida (kW)	150	150
Potencia pico (kW)	208	208
MAX torque N-m	310	310
Capacidad de la batería(kWh)	49,92	60,48
Rango despues de carga completa(km)(NEDC)	410	480
Rango NEDC por 100 kilómetros	14,8	14,9
30 min carga DC	30%-80%	
Modo de conducción	•	•
Tipo de batería	Batería Blade LFP	

FRENADO Y SUSPENSIÓN	GL	GS
Freno frontal	Disco ventilado perforado	
Freno posterior	Disco	
Suspensión frontal	McPherson	
Suspensión posterior	Multibrazo	

NUEVA ENERGÍA	GL	GS
Carga estándar AC 7kW	•	•
Carga estándar DC 70kW	•	-
Carga estándar DC 80kW	-	•

Anexo C. Ficha técnica BYD YUAN PLUS.

Fuente: BYD Costa rica.

Nota: Este modelo tiene una carga estándar de 7kW.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	GT	GT+
Motor eléctrico de imán sincrónico permanente PMSM, con 150kw de potencia (200hp) y 310Nm de torque	•	•
Batería CATL NCM refrigerada por liquido. Capacidad en kWh	53	70
Autonomía aproximada en kilómetros calculada en ciclo NEDC	≥400	≥550
Autonomía aproximada en kilómetros calculada en ciclo WLTP	≥350	≥460
Cargador de a bordo de 10kw	•	•
Carga alterna AC (Carga Lenta) de 10kw, por conector CCS Tipo 2 en horas	5	7
Carga Directa DC (Carga Rápida) por conector CCS Tipo 2 en minutos de 20% a 80%	36	42
Tracción delantera 4x2	•	•
Transmisión Automática	•	•
Dirección asistida eléctrica	•	•
Suspensión delantera independiente tipo McPherson con barra estabilizadora	•	•
Suspensión trasera de barra de torsión con resortes helicoidales	•	•
Chasis monocasco o autorpotante	•	•

Anexo D. Ficha técnica GEELY GEOMETRY.

Fuente: GEELY Costa Rica.



Ficha Técnica

Este modelo está disponible en 2 versiones Elegant y Prestige

Motor Eléctrico:

- Tipo: Magneto Sincrónico Permanente
- Potencia:
 - Elegant: 89 kW (123 hp) - Prestige: 150 kW (202 hp)
 - Torque: 255 Nm

Batería:

- Tipo: Polímero de Ión de Litio
- Voltaje: 269 V (Elegant) - 358 V (Prestige)
- Capacidad: 48.6 kWh (Elegant) - 64.8 kWh (Prestige)
- Cargador a bordo: 10.4 kW
- Puerto de carga Lento/Normal: SAE J1772
- Puerto de carga rápida DC: CCS COMBO 1

Tracción / Transmisión / Dirección:

- Tracción: Delantera - 2WD
- Transmisión: Caja reductora simple con Sistema de cambios de marchas mediante selectores (Shift-by-Wire)
- Dirección: Electro asistida (C-MDPS)

Frenos:

- Palletas para Control del Freno Regenerativo
- Frenos de regeneración
- Delanteros: Discos ventilados 16" (Ø305)
- Traseros: Discos sólidos 16" (Ø300)

Suspensión:

- Delantera: Tipo McPherson Strut
- Trasera: Multi Link (Doble brazo inferior)

Neumáticos / Aros:

- Neumáticos: 215/60 R17 (Elegant)
- Neumáticos: 225/45 R19 (Prestige)
- Aros: Eco-spoke de aleación de aluminio 17" (Elegant) - 19" (Prestige)
- Kit de reparación de neumáticos (Tire Mobility Kit)

Rendimiento:

- Autonomía eléctrica (WLTP): 370 km (Elegant)
- Autonomía eléctrica (WLTP): 515 km (Prestige)

Seguridad:

- Chasis Monocasco Reforzado (AHSS)
- Barras para protección lateral contra impactos
- Marcos de seguridad en las puertas
- Cinturones de 3 puntos con pretensores
- Bolsas de aire delanteras
- Bolsas de aire laterales y de cortina
- Cabeceros ajustables en todos los plazas
- Seguro para niños en puertas traseras
- Sistema de anclajes ISOFIX para silla de niños
- Bumpers de seguridad
- Frenos con Sistema Antibloqueo (ABS)
- Sistema de Frenos para prevención Multicolisión (MCB)
- Control Electrónico de Estabilidad (ESC)
- Asistencia para Salida en Pendientes (HAC)
- Freno de Emergencia Eléctrico (EPB) + AUTO HOLD
- Asistente de Límite de Velocidad (MSLA)
- Alerta de Ocupante asiento Trasero (ROA) sin sensor
- Indicador de cambio de carril de un solo toque
- Sistema de Monitoreo de la Presión de las Ruedas (TPMS)
- Cámara de Retroceso con líneas guía dinámicas (RVM)
- Sensores de asistencia para parqueo Delanteros y Traseros (PDW)
- Alarma original con Inmovilizador

Equipamiento Exterior:

- Parrilla delantera aerodinámica
- Luces delanteras: LED Wide Projection
- Luz Horizontal de Posición DRL: Tipo LED
- Luces traseras de LED
- Luces direccionales en los retrovisores
- Luces reflectivas traseras
- Espejos retrovisores del color del vehículo
- Espejos retrovisores retractiles y eléctricos
- Manillas del color de la carrocería
- Desempañador del parabrisas trasero
- Barras de Techo (Roof Rack)
- Spoiler trasero con 3ra luz de freno LED integrada (HMSEL)
- Antena deportiva
- Aros de lujo

Equipamiento Interior:

- Componentes del Interior con Materiales Ecológicos
- Sistema InfoMultimedia HYUNDAI. Pantalla tactil de 12.3"

- Sistema de bienvenida: Apertura de los retrovisores con luces de cortesía
- Volante forrado en cuero
- Volante ajustable y telescópico
- Cinturones delanteros ajustables en altura
- Asiento del conductor con soporte lumbar (2 modos)
- Asientos Delanteros con Ajuste eléctrico
- Asientos traseros abatibles 60/40
- Aire acondicionado digital automático
- Salidas de Aire Acondicionado para segunda fila
- Desempañador interior automático
- Porta vasos delanteros en la consola central
- Descansa brazos delantero

- Visera del conductor con luz y espejo: LED
- Luces de mapa e Iluminación interior: LED
- Luz en el porta equipaje: LED
- Cobertor del compartimento de equipaje
- Red para sujeción de carga
- Apertura interior de la tapa del puerto de carga
- Indicadores de carga en el dash
- Bloqueo automático del conector de carga
- Sistema de carga Bidireccional para alimentación de dispositivos Eléctricos (V2L)
- Cargador portátil inteligente para carga lenta (120V / 12A / 1,44kW)

Contrato de respaldo del fabricante:



Versiones	Elegant	Prestige
Control Crucero	Convencional	Inteligente (STOP & GO)
Asistente de Frenado Colisión Delantera y de Giro (FCA JX)	-	●
Asistente de Permanencia en Carril (LKA)	-	●
Asistente de Seguimiento del Carril (LFA)	-	●
Alerta de Colisión en Punto Ciego (BCA)	-	●
Asistente de Tráfico Trasero Cruzando (RCTA)	-	●
Sun Roof deslizable con sistema de parada de emergencia	-	●
Asiento delanteros con Calefacción y Ventilación	-	●
Tapicera de los asientos	Tela	Cuero
Luz de Ambiente de 64 colores	-	●
Compuerta trasera eléctrica	-	●

Tiempos de carga	Elegant	Prestige
Carga Media	240 V - Estaciones Privadas o Públicas	5 horas 15 mins aprox. / 6 horas 35 mins aprox.
Carga Rápida (hasta 80%)	100 kW - Estaciones Públicas	43 min aprox. / 43 min aprox.

Anexo E. Ficha técnica Hyundai KONA.

Fuente: Hyundai, Costa Rica.

Tabla 310.15(B)(16) (antes Tabla 310.16) Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones nominales de hasta e incluyendo 2000 volts y 60° C a 90° C (140° F a 194° F). No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (enterrados directamente), basadas en una temperatura ambiente de 30° C (86° F)*.

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(A).]						Calibre AWG o kcmil
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
18**	—	—	14	—	—	—	—
16**	—	—	18	—	—	—	—
14**	15	20	25	—	—	—	—
12**	20	25	30	15	20	25	12**
10**	30	35	40	25	30	35	10**
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	135	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	350	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	315	375	425	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	445	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	525	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	555	665	750	470	560	630	2000

*Ver sección 310.15(B)(2) para los factores de corrección de la ampacidad cuando la temperatura ambiente es distinta a 30°C (86°F)

**Ver sección 240.4(D) para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor.

Anexo F. Tabla 310.15(B) (16).

Fuente: NFPA 70, 2014.

Tabla 250.66 Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna

Calibre del mayor conductor no puesto a tierra de entrada de la acometida o área equivalente para conductores en paralelo ^a (AWG/kcmil)		Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra (AWG/kcmil)	
Cobre	Aluminio o aluminio revestido de cobre	Cobre	Aluminio o aluminio revestido de cobre ^b
2 o menor	1/0 o menor	8	6
1 o 1/0	2/0 o 3/0	6	4
2/0 o 3/0	4/0 o 250	4	2
Más de 3/0 hasta 350	Más de 250 hasta 500	2	1/0
Más de 350 hasta 600	Más de 500 hasta 900	1/0	3/0
Más de 600 hasta 1100	Más de 900 hasta 1750	2/0	4/0
Más de 1100	Más de 1750	3/0	250

Anexo G. Tabla 250.66.

Fuente: NFPA 70, 2014.

Tabla 4 Dimensiones y área porcentual de conductos y tuberías (áreas de conductos o tuberías para las combinaciones de cables permitidas en la Tabla 1, Capítulo 9)

Artículo 358 — Tubería metálica eléctrica (EMT)													
Designador métrico	Tamaño comercial	Más de 2 cables 40%		60%		1 cable 53%		2 cables 31%		Diámetro interno nominal		Área total 100%	
		mm ²	pulg. ²	mm ²	pulg. ²	mm ²	pulg. ²	mm ²	pulg. ²	mm	pulg.	mm ²	pulg. ²
16	½	78	0.122	118	0.182	104	0.161	61	0.094	15.8	0.622	196	0.304
21	¾	137	0.213	206	0.320	182	0.283	106	0.165	20.9	0.824	343	0.533
27	1	222	0.346	333	0.519	295	0.458	172	0.268	26.6	1.049	556	0.864
35	1¼	387	0.598	581	0.897	513	0.793	300	0.464	35.1	1.380	968	1.496
41	1½	526	0.814	788	1.221	696	1.079	407	0.631	40.9	1.610	1314	2.036
53	2	866	1.342	1299	2.013	1147	1.778	671	1.040	52.5	2.067	2165	3.356
63	2½	1513	2.343	2270	3.515	2005	3.105	1173	1.816	69.4	2.731	3783	5.858
78	3	2280	3.538	3421	5.307	3022	4.688	1767	2.742	85.2	3.356	5701	8.846
91	3½	2980	4.618	4471	6.927	3949	6.119	2310	3.579	97.4	3.834	7451	11.545
103	4	3808	5.901	5712	8.852	5046	7.819	2951	4.573	110.1	4.334	9521	14.753

Anexo H. Tabla 4.

Fuente: NFPA 70, 2014.

Tabla 5 Dimensiones de conductores aislados y de cables de artefactos

Tipo	Calibre (AWG o kcmil)	Área aproximada		Diámetro aproximado	
		mm ²	pulg. ²	mm	pulg.
Tipo: FFH-2, RFH-1, RFH-2, RFHH-2, RHH*, RHW*, RHW-2*, RHH, RHW, RHW-2, SF-1, SF-2, SFF-1, SFF-2, TF, TFF, THHW, THW, THW-2, TW, XF, XFF					
RFH-2, FFH-2, RFHH-2	18	9.355	0.0145	3.454	0.136
	16	11.10	0.0172	3.759	0.148
RHH, RHW, RHW-2	14	18.90	0.0293	4.902	0.193
	12	22.77	0.0353	5.385	0.212
	10	28.19	0.0437	5.994	0.236
	8	53.87	0.0835	8.280	0.326
	6	67.16	0.1041	9.246	0.364
	4	86.00	0.1333	10.46	0.412
	3	98.13	0.1521	11.18	0.440
	2	112.9	0.1750	11.99	0.472
	1	171.6	0.2660	14.78	0.582
	1/0	196.1	0.3039	15.80	0.622
	2/0	226.1	0.3505	16.97	0.668
	3/0	262.7	0.4072	18.29	0.720
	4/0	306.7	0.4754	19.76	0.778
	250	405.9	0.6291	22.73	0.895
	300	457.3	0.7088	24.13	0.950
350	507.7	0.7870	25.43	1.001	
400	556.5	0.8626	26.62	1.048	
500	650.5	1.0082	28.78	1.133	
600	782.9	1.2135	31.57	1.243	

Anexo I. Tabla 5.

Fuente: NFPA 70, 2014.

Marca	Modelo	Estilo	Batería (kWh)	Potencia (kW)	Pot Max (kW)	Autonomía (kms)	Torque (NM)	Tor. MX (NM)	Pasajeros
AION	S	Sedán	49.9	100		460 NEDC	225		5
AION	V PLUS	SUV	80.0	165		600 NEDC	350		5
AION	Y	SUV	76.8	135		600 NEDC	225		5
Audi	e-tron GT	Sedán	83.7	140	350	501 WLTP	640		5
Audi	Q8 e-tron	SUV	106.0	100	300	582 WLTP	309	664	5
Audi	Q8 Sportback e-tron	SUV	106.0	100	300	582 WLTP	309	664	5
Audi	RS e-tron GT	Sedán	83.7	142	475	496 WLTP		830	5
Audi	SQ8 e-tron	SUV	106.0	140	370	582 WLTP		973	5
BMW	IX	SUV	76.6		240	390 WLTP		630	5
BMW	IX2	SUV	64.8		230	417 WLTP		494	5
BMW	IX3	SUV	74.0		210	460 NEDC		400	5
BMW	IX1	SUV	64.7		230	413 NEDC	230	494	5
BMW	i5	Sedán	81.2		184	497 WLTP		400	5
BMW	i4	Sedán	80.7		250	580 WLTP		430	5
ByD	DOLPHIN	Hatchback	44.9	70	108	405 NEDC		180	5
ByD	S1 PRO	SUV	47.0	94	145	401 NEDC		180	5
ByD	SEAGULL	Hatchback	30.1		55	300 NEDC		135	5
ByD	SEAL	Sedán	82.6		390	520 WLTP		590	5
ByD	SONG PLUS	Sedán	71.8		150	505 NEDC		310	5
ByD	TANG	SUV	108.8		380	530 WLTP		700	7
ByD	YUAN PLUS	SUV	49.9	150	208	410 NEDC		310	7
ByD	HUAN	SUV	76.9	363	560	550 NEDC		680	5
CADILLAC	Lyriq	Sedán	120.0		373	502 EPA		440	5
CHERY	ICAR 03	SUV	50.7		135	401 NEDC		220	5
CHERY	EQ 7	Hatchback	65.5		155	512 NEDC		300	5
DFM	FRIDAY	Hatchback	57.8		231	430 NEDC		340	5
DFM	M-HERO 917	JEEP	142.7		800	450 WLTP		1400	5
DFM	NANO BOX	Crossover	16.0	33		201 NEDC		125	4
DSK	SERES 3	Hatchback	53.6		120	329 WLTP		300	5
FAW	NAT E05	Hatchback	55.0		100	410 NEDC		260	5
FORD	Mustang March-E	SUV	70.0	198		400 EPA		580	5
GEELY	Geometry C	Hatchback	53.0		150	350 WLTP		310	5
GEELY	Geometry E	Hatchback	39.4	60		380 NEDC	130		5
HYCAN	A06 plus	Sedán	60.0		160	520 CLTC	225		5
HYUNDAI	IONIQ 5	Sedán	58.0	125		384 WLTP		350	5
HYUNDAI	KONA	SUV	48.6	99		370 WLTP		255	5
JAC	e-JS1	Hatchback	19.7	30	46	200 NEDC	95		5
JAC	e-JS4	SUV	51.9	110	169	385 NEDC		340	5
JAC	E30X	Hatchback	32.0		70	300 NEDC		135	5
JAC	e-J7	Sedán	50.1	142	218	401 NEDC		340	5
JAGUAR	I-Pace	SUV	90.0	294		470 WLTP		696	5
KAIYI	X3 PRO	SUV		120	184.8	401 WLTP		280	5
LEXUS	RZ 450e	SUV	68.0		230	470 WLTP		434.8	5
MG	Marvel R	SUV	70.0	132		402 WLTP		410	5
MG	ZSEV	SUV	51.0		130	320 WLTP		280	5
MG	MG 4	SUV	51.0		125	350 WLTP		250	5
MAXUS	EUNIQ 6	SUV	70.0		163	450 WLTP		310	2
Mercedes Benz	EQA	SUV	66.5		140	458 WLTP		385	5
Mercedes Benz	EQE	SUV	90.6		218	596 WLTP		550	5
Mercedes Benz	EQS	Sedán	108.4		390	783 WLTP		568	5
Mercedes Benz	EQB	SUV	66.5		215	419 WLTP		385	5
MINI	MINI 3	Sedán	32.6		137	215 NEDC		270	4
NETA	NETA U	Hatchback	70.4		120	501 NEDC		210	5
NETA	NETA V	Hatchback	31.7		70	401 NEDC		150	5
NISSAN	LEAF	SUV	40.0		110	240 WLTP		320	5
OMODA	E5	SUV	61.0		150	450 WLTP		340	5
PEUGEOT	E 2008	SUV	46.0		100	325 WLTP		260	5
PORSCHE	Taycan	Sedán	93.4		360	504 WLTP		650	5
RENAULT	KWID	SUV	26.8		52	298 WLTP		91	5
TOYOTA	b24X	SUV	71.4		150	418 WLTP		256	5
VOLVO	C40	SUV	69.0		175	485 WLTP		420	5
VOLVO	XC40	SUV	69.0		175	474 WLTP		420	5
VOLVO	EX30	SUV	51.0		315	344 WLTP		343	5
XPENG	G3i	SUV	66.0		145	420 NEDC		300	5
XPENG	G9	SUV	98.0		405	520 NEDC		717	5
XPENG	P7	Sedán	86.2		348	505 WLTP		757	5

Anexo J. Características de los vehículos eléctricos que hay actualmente en Costa Rica.

Fuente: MINAE, junio, 2024.

Número de Cuota	CUOTA A PAGAR	INTERÉS	CAPITAL AMORTIZADO	SALDO
0				₡ 5 244 293,30
1	₡ 149 297,07	₡ 71 016,47	₡ 78 280,60	₡ 5 166 012,70
2	₡ 149 297,07	₡ 69 956,42	₡ 79 340,65	₡ 5 086 672,05
3	₡ 149 297,07	₡ 68 882,02	₡ 80 415,05	₡ 5 006 257,00
4	₡ 149 297,07	₡ 67 793,06	₡ 81 504,01	₡ 4 924 752,99
5	₡ 149 297,07	₡ 66 689,36	₡ 82 607,71	₡ 4 842 145,28
6	₡ 149 297,07	₡ 65 570,72	₡ 83 726,35	₡ 4 758 418,93
7	₡ 149 297,07	₡ 64 436,92	₡ 84 860,15	₡ 4 673 558,78
8	₡ 149 297,07	₡ 63 287,78	₡ 86 009,30	₡ 4 587 549,49
9	₡ 149 297,07	₡ 62 123,07	₡ 87 174,00	₡ 4 500 375,48
10	₡ 149 297,07	₡ 60 942,58	₡ 88 354,49	₡ 4 412 021,00
11	₡ 149 297,07	₡ 59 746,12	₡ 89 550,95	₡ 4 322 470,04
12	₡ 149 297,07	₡ 58 533,45	₡ 90 763,62	₡ 4 231 706,42
13	₡ 149 297,07	₡ 57 304,36	₡ 91 992,71	₡ 4 139 713,71
14	₡ 149 297,07	₡ 56 058,62	₡ 93 238,45	₡ 4 046 475,26
15	₡ 149 297,07	₡ 54 796,02	₡ 94 501,05	₡ 3 951 974,21
16	₡ 149 297,07	₡ 53 516,32	₡ 95 780,75	₡ 3 856 193,46
17	₡ 149 297,07	₡ 52 219,29	₡ 97 077,78	₡ 3 759 115,67
18	₡ 149 297,07	₡ 50 904,69	₡ 98 392,38	₡ 3 660 723,29
19	₡ 149 297,07	₡ 49 572,29	₡ 99 724,78	₡ 3 560 998,52
20	₡ 149 297,07	₡ 48 221,85	₡ 101 075,22	₡ 3 459 923,30
21	₡ 149 297,07	₡ 46 853,13	₡ 102 443,94	₡ 3 357 479,36
22	₡ 149 297,07	₡ 45 465,87	₡ 103 831,20	₡ 3 253 648,16
23	₡ 149 297,07	₡ 44 059,82	₡ 105 237,25	₡ 3 148 410,90
24	₡ 149 297,07	₡ 42 634,73	₡ 106 662,34	₡ 3 041 748,56
25	₡ 149 297,07	₡ 41 190,35	₡ 108 106,73	₡ 2 933 641,84
26	₡ 149 297,07	₡ 39 726,40	₡ 109 570,67	₡ 2 824 071,17
27	₡ 149 297,07	₡ 38 242,63	₡ 111 054,44	₡ 2 713 016,73
28	₡ 149 297,07	₡ 36 738,77	₡ 112 558,30	₡ 2 600 458,42
29	₡ 149 297,07	₡ 35 214,54	₡ 114 082,53	₡ 2 486 375,90
30	₡ 149 297,07	₡ 33 669,67	₡ 115 627,40	₡ 2 370 748,50
31	₡ 149 297,07	₡ 32 103,89	₡ 117 193,18	₡ 2 253 555,31
32	₡ 149 297,07	₡ 30 516,89	₡ 118 780,18	₡ 2 134 775,14
33	₡ 149 297,07	₡ 28 908,41	₡ 120 388,66	₡ 2 014 386,48
34	₡ 149 297,07	₡ 27 278,15	₡ 122 018,92	₡ 1 892 367,56
35	₡ 149 297,07	₡ 25 625,81	₡ 123 671,26	₡ 1 768 696,30
36	₡ 149 297,07	₡ 23 951,10	₡ 125 345,97	₡ 1 643 350,33
37	₡ 149 297,07	₡ 22 253,70	₡ 127 043,37	₡ 1 516 306,96
38	₡ 149 297,07	₡ 20 533,32	₡ 128 763,75	₡ 1 387 543,21
39	₡ 149 297,07	₡ 18 789,65	₡ 130 507,42	₡ 1 257 035,79
40	₡ 149 297,07	₡ 17 022,36	₡ 132 274,71	₡ 1 124 761,08
41	₡ 149 297,07	₡ 15 231,14	₡ 134 065,93	₡ 990 695,14
42	₡ 149 297,07	₡ 13 415,66	₡ 135 881,41	₡ 854 813,74
43	₡ 149 297,07	₡ 11 575,60	₡ 137 721,47	₡ 717 092,27
44	₡ 149 297,07	₡ 9 710,62	₡ 139 586,45	₡ 577 505,82
45	₡ 149 297,07	₡ 7 820,39	₡ 141 476,68	₡ 436 029,14
46	₡ 149 297,07	₡ 5 904,56	₡ 143 392,51	₡ 292 636,63
47	₡ 149 297,07	₡ 3 962,79	₡ 145 334,28	₡ 147 302,35
48	₡ 149 297,07	₡ 1 994,72	₡ 147 302,35	₡ 0,00

Anexo K. Calculo de amortización e intereses de préstamo.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla 8 Propiedades de conductores

Calibre (AWG o kcmil)	Conductores									Resistencia en corriente continua				
	Área			Canti- dad	Trenzado		Total			Cobre				
	mm ²	Mils circulares	Diámetro		Diámetro		Diámetro		Área		No recubiertos		Recubiertos	
					mm	pulg.	mm	pulg.	mm ²	pulg. ²	ohm/ km	ohm/ kFT	ohm/ km	ohm/ kFT
18	0.823	1620	1	—	—	1.02	0.040	0.823	0.001	25.5	7.77	26.5	8.08	
18	0.823	1620	7	0.39	0.015	1.16	0.046	1.06	0.002	26.1	7.95	27.7	8.45	
16	1.31	2580	1	—	—	1.29	0.051	1.31	0.002	16.0	4.89	16.7	5.08	
16	1.31	2580	7	0.49	0.019	1.46	0.058	1.68	0.003	16.4	4.99	17.3	5.29	
14	2.08	4110	1	—	—	1.63	0.064	2.08	0.003	10.1	3.07	10.4	3.19	
14	2.08	4110	7	0.62	0.024	1.85	0.073	2.68	0.004	10.3	3.14	10.7	3.26	
12	3.31	6590	1	—	—	2.05	0.081	3.31	0.005	6.34	1.93	6.57	2.01	
12	3.31	6590	7	0.78	0.030	2.32	0.092	4.25	0.006	6.50	1.98	6.73	2.05	
10	5.261	10380	1	—	—	2.588	0.102	5.26	0.008	3.984	1.21	4.148	1.26	
10	5.261	10380	7	0.98	0.038	2.95	0.116	6.76	0.011	4.070	1.24	4.226	1.29	
8	8.367	16510	1	—	—	3.264	0.128	8.37	0.013	2.506	0.764	2.579	0.786	
8	8.367	16510	7	1.23	0.049	3.71	0.146	10.76	0.017	2.551	0.778	2.633	0.809	
6	13.30	26240	7	1.56	0.061	4.67	0.184	17.09	0.027	1.608	0.491	1.671	0.510	
4	21.15	41740	7	1.96	0.077	5.89	0.232	27.19	0.042	1.010	0.308	1.053	0.321	
3	26.67	52620	7	2.20	0.087	6.60	0.260	34.28	0.053	0.802	0.245	0.833	0.254	
2	33.62	66360	7	2.47	0.097	7.42	0.292	43.23	0.067	0.634	0.194	0.661	0.201	
1	42.41	83690	19	1.69	0.066	8.43	0.332	55.80	0.087	0.505	0.154	0.524	0.160	
1/0	53.49	105600	19	1.89	0.074	9.46	0.372	70.41	0.109	0.399	0.122	0.415	0.127	
2/0	67.43	133100	19	2.13	0.084	10.62	0.418	88.74	0.137	0.3170	0.0967	0.329	0.101	
3/0	85.01	167800	19	2.39	0.094	11.94	0.470	111.9	0.173	0.2512	0.0766	0.2610	0.0797	
4/0	107.2	211600	19	2.68	0.106	13.41	0.528	141.1	0.219	0.1996	0.0608	0.2050	0.0626	
250	127	—	37	2.09	0.082	14.61	0.575	168	0.260	0.1687	0.0515	0.1753	0.0535	
300	152	—	37	2.29	0.090	16.00	0.630	201	0.312	0.1409	0.0429	0.1463	0.0446	
350	177	—	37	2.47	0.097	17.30	0.681	235	0.364	0.1205	0.0367	0.1252	0.0382	
400	203	—	37	2.64	0.104	18.49	0.728	268	0.416	0.1033	0.0321	0.1084	0.0331	
500	253	—	37	2.95	0.116	20.68	0.813	335	0.519	0.0845	0.0258	0.0860	0.0268	
600	304	—	61	2.52	0.099	22.08	0.893	404	0.620	0.0704	0.0214	0.0732	0.0223	
700	355	—	61	2.72	0.107	24.49	0.964	471	0.730	0.0603	0.0184	0.0622	0.0189	
750	380	—	61	2.82	0.111	25.35	0.998	505	0.782	0.0563	0.0171	0.0579	0.0176	
800	405	—	61	2.91	0.114	26.16	1.030	538	0.834	0.0528	0.0161	0.0544	0.0166	
900	456	—	61	3.09	0.122	27.79	1.094	606	0.940	0.0470	0.0143	0.0481	0.0147	
1000	507	—	61	3.25	0.128	29.26	1.152	673	1.042	0.0423	0.0129	0.0434	0.0132	
1250	633	—	91	2.98	0.117	32.74	1.289	842	1.305	0.0338	0.0103	0.0347	0.0106	
1500	760	—	91	3.26	0.128	35.86	1.412	1011	1.566	0.02814	0.00858	0.02814	0.00883	
1750	887	—	127	2.98	0.117	38.76	1.526	1180	1.829	0.02410	0.00735	0.02410	0.00756	
2000	1013	—	127	3.19	0.126	41.45	1.632	1349	2.092	0.02109	0.00643	0.02109	0.00662	

Anexo L. Tabla propiedades de conductores.

Fuente: NFPA70, 2014.

Posición de oferta	Número de la oferta	Modalidad	Tipo	Calificación dada por el proveedor	Precio presentado ▼	Conversión de precio[USD] ▼	Estado de la oferta
					Nombre del proveedor ▼	Fecha/hora de la presentación ▼	Documento adjunto
1	2023LY-000034-000 0400001-Partida 1-Oferta 6	Individual	Base		932.724,6 [USD]	932.724,6	Continúa para estudio de oferta
	ELECTRONIC ENGINEERING SOCIAD ANONIMA				14/02/2024 17:28	 18	Participación limitada
2	2023LY-000034-000 0400001-Partida 1-Oferta 7	Individual	Base		1.074.429,31 [USD]	1.074.429,312	Continúa para estudio de oferta
	GREEN BUILDING TECHNOLOGIES SOCIEDAD ANONIMA				14/02/2024 17:55	 10	Participación limitada
3	2023LY-000034-000 0400001-Partida 1-Oferta 2	Individual	Base		1.356.000 [USD]	1.356.000	Continúa para estudio de oferta
	SAMER EQUIPOS R.S.C. SOCIEDAD ANONIMA				14/02/2024 14:12	 1	Participación limitada
4	2023LY-000034-000 0400001-Partida 1-Oferta 5	Individual	Base		1.471.260 [USD]	1.471.260	Continúa para estudio de oferta
	TECNOLOGIA PARA LA OPTIMIZACION ENERGETICA, TROPENERGY SOCIEDAD ANONIMA				14/02/2024 16:24	 2	Participación limitada
5	2023LY-000034-000 0400001-Partida 1-Oferta 9	Individual	Base		1.489.804,8 [USD]	1.489.804,8	Continúa para estudio de oferta
	CFS SISTEMAS SOCIEDAD ANONIMA				14/02/2024 19:14	 4	1.485.305,7 [USD]
8	2023LY-000034-000 0400001-Partida 1-Oferta 1	Individual	Base		1.587.450 [USD]	1.587.450	Continúa para estudio de oferta
	MLC TECHNOLOGY POINT LIMITADA				14/02/2024 11:17	 2	Participación limitada
9	2023LY-000034-000 0400001-Partida 1-Oferta 11	Individual	Base		1.751.685,21 [USD]	1.751.685,207	Continúa para estudio de oferta
	ECOLOGICAL SOLUTIONS DE CENTRO AMERICA SOCIEDAD ANONIMA				14/02/2024 20:05	 4	Participación limitada
10	2023LY-000034-000 0400001-Partida 1-Oferta 13	Individual	Base		1.837.380 [USD]	1.837.380	Continúa para estudio de oferta
	SOLUCIONES DE AVANZADA PARA LA ADMINISTRACION DE LA ENERGIA, SAAE ENERGY SOCIEDAD ANONIMA				14/02/2024 23:40	 2	Participación limitada
11	2023LY-000034-000 0400001-Partida 1-Oferta 3	Individual	Base		1.865.584,8 [USD]	1.865.584,8	Continúa para estudio de oferta
	EVERGO DOMINICANA SRL				14/02/2024 15:37	 20	Participación limitada
12	2023LY-000034-000 0400001-Partida 1-Oferta 10	Individual	Base		2.070.000 [USD]	2.070.000	Continúa para estudio de oferta
	SERPROELEC JWS SOCIEDAD ANONIMA				14/02/2024 19:55	 1	Participación limitada
13	2023LY-000034-000 0400001-Partida 1-Oferta 12	Individual	Base		2.164.225,83 [USD]	2.164.225,833	Continúa para estudio de oferta
	RQL INGENIERIA SOCIEDAD ANONIMA				14/02/2024 22:10	 3	Participación limitada

Anexo M. Ofertas de cargadores eléctricos.

Fuente: SICOP, Costa Rica, 2024.



Oferta Económica

Item	Cantidad	Descripción Del Material	Precio Unitario	Precio Total
1	30	ESTACION DE CARGA RAPIDA, POTENCIA 160 KW, FRECUENCIA 60 Hz, CORRIENTE ALTERNA 480 V +/- 5%, CONEXION ESTRELLA ATERRIZADA, VOLTAJE DE SALIDA EN CORRIENTE DIRECTA, CONECTORES TIPO 5 COMBO 1 CCS 1 Y GBIT, OPERACION A LA INTEMPERIE, NORMA INTE/IEC 61851, PROTOCOLO OCPP 1.6, PREVISTO DE UPS, ROUTER EN FRECUENCIAS 3G Y 4G	\$ 49.660,16	\$ 1.489.804,79
Subtotal				\$ 1.489.804,79
IVA				\$ 0,00
Precio Total				\$1.489.804,79

Precio total de la oferta en letras: Un millón cuatrocientos ochenta y nueve mil ochocientos cuatro con 79/100 dólares estadounidenses.

Condiciones Generales

Vigencia de la oferta: 100 Días hábiles.
 Tiempo de entrega:
 50%:100 Días hábiles.
 50%:150 Días hábiles.
 Garantía del producto: 48 meses contados a partir de la fecha de recibido conforme
 Lugar de entrega: Almacén de Recibo Colima

Anexo N. Oferta económica de cargador eléctrico, modo de carga 4.

Fuente: SICOP, Costa Rica, 2024.

Lista actualizada del crecimiento de la flota Costarricense de Vehículos Eléctricos

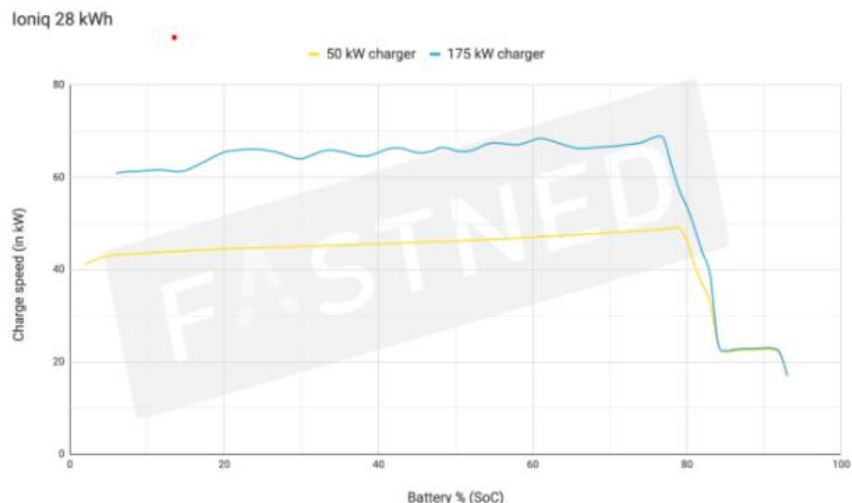
Acumulado de vehículos eléctricos en Costa Rica, 2024*

(Fuente Registro Nacional)

ACUMULADO DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS					
TIPO	Automó.	Motos	Especial	Trabajo	TOTAL
<=2010	72	34	113	14	233
Dec-11	85	39	165	15	304
Dec-12	96	56	245	15	412
Dec-13	103	89	290	40	522
Dec-14	115	144	376	43	678
Dec-15	119	170	463	43	795
Dec-16	130	195	648	43	1,016
Dec-17	156	278	763	43	1,240
Dec-18	349	356	910	46	1,661
Dec-19	806	476	1063	48	2,393
Dec-20	1417	659	1162	62	3,300
Dec-21	2443	846	1263	81	4,633
Dec-22	4007	1069	1326	124	6,526
Dec-23	8889	1242	1712	375	12,218
Jun-24	12770	1312	1815	634	16,531

Anexo O. Cantidad de vehículos eléctricos en Costa Rica.

Fuente: MINAE, Costa Rica, 2024.



Anexo P. Curva de carga de un Hyundai Ioniq.

Fuente: Latam Mobility.

ESTADÍSTICAS

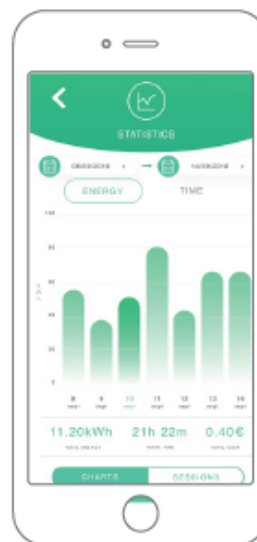
En la mitad inferior de la pantalla, debajo de las cargas programadas, se muestra un resumen de las estadísticas de carga del mes en curso.

Al abrir la pantalla de estadísticas, las sesiones de carga que se muestran son las del mes en curso. La pantalla se divide en dos partes:

Fecha de filtrado de la sesión: Puedes seleccionar cualquier intervalo de fechas que desees y mostrar las sesiones dentro de dicho intervalo.

Visualización de los datos relativos al filtro: los datos se pueden visualizar de dos maneras, en modo gráfico y en modo lista.

- Modo gráfico: se muestran los datos en función del consumo energético o del tiempo de carga.
- Modo lista: se muestra una lista de todas las sesiones de carga dentro del intervalo de fechas seleccionado.



Anexo Q. Guía de usuario Wallbox Commander 2.

Fuente: Wallbox Chargers, S.L.

Field	Value
Voltaje Operacion	34.5 kV-Y
Comentarios	<null>
Fecha Instalacion	<null>
Peso Trazo Electrico	1342193704
Inf. Alimentador	2
SymbolRotation	215,751705
Tipo Protección MT	Fusible CONVENCIONAL
Tipo Funcion	Distribucion
Empresa	<null>
Fases	B
Capacidad kVA	75
Tipo Conexion MT	1F Línea-Tierra
Tipo Conexion BT	1F Linea-Tierra
Voltaje BT	120/240 V.
Nº Solicitud Trabajo	<null>
Nº Estudio Ingeniería	<null>
Estado de la Obra	Construida
Montaje Banco	Conexión Monof. Transf.
Nº Trafo Fase A	<null>
Nº Trafo Fase B	31957
Nº Trafo Fase C	<null>
Nº Trafo Disipador	<null>
Alimentador	105 LA VERBENA
Alimentador 2	<null>
Forma	Point
Fecha Mantenimiento	<null>
Codigo Cymdist	<null>
CONSUMPTIONTYPE	<null>
Numero Averia	<null>
KVAFASE_A	0 kva
KVAFASE_B	75 kva
KVAFASE_C	0 kva
KVAFASE_DISIP	<null>
Fecha Demanda	23/2/2023 15:33:07
Demanda	52,26279
Porcentaje Cargabilidad	70

Anexo R. Cargabilidad de transformador 75kVA.

Fuente: C.N.F.L.

Field	Value
Voltaje Operacion	34.5 kV-Y
Comentarios	<null>
Fecha Instalacion	7/12/2017
Peso Trazo Electrico	16384
Inf. Alimentador	7
SymbolRotation	0
Tipo Protección MT	Fusibles Bayoneta
Tipo Funcion	Privado
Empresa	Montaña Esmeralda Platino
Fases	ABC
Capacidad kVA	500
Tipo Conexion MT	Estrella
Tipo Conexion BT	Estrella
Voltaje BT	120/208 V.
Nº Solicitud Trabajo	<null>
Nº Estudio Ingeniería	17-08-00001718
Estado de la Obra	Construida
Montaje Banco	Conexión Transf. Trif.
Nº Trafo Fase A	55174
Nº Trafo Fase B	55174
Nº Trafo Fase C	55174
Nº Trafo Disipador	<null>
Alimentador	105 LA VERBENA
Alimentador 2	<null>
Forma	Point
Fecha Mantenimiento	<null>
Codigo Cymdist	<null>
CONSUMPTIONTYPE	<null>
Numero Averia	<null>
KVAFASE_A	167 kva
KVAFASE_B	167 kva
KVAFASE_C	167 kva
KVAFASE_DISIP	<null>
Fecha Demanda	23/2/2023 15:23:12
Demanda	92,296
Porcentaje Cargabilidad	18

Anexo S. Cargabilidad de transformador de 500kVA.

Fuente: C.N.F.L.