

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROPUESTA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN**

**PROYECTO:**

*Estudio de viabilidad técnica, financiera y ambiental de conversión de flotilla de vehículos de combustión interna del CATIE, a vehículos eléctricos.*

**REALIZADO POR:**

**Alejandro Valera Cerdas**

**COORDINADOR DE PRÁCTICA:**

**Sebastián Mata Ortega**

**II SEMESTRE 2024**



**Carrera evaluada y acreditada por:**

Agencia de Acreditación de Programas de Ingeniería y Arquitectura

## Carta de aceptación de la Empresa:

13 de oct. de 23

Señor

Ing. Ignacio del Valle Granados, Coordinador Práctica Profesional

Escuela de Ingeniería Electromecánica

Estimado señor:

Respetuosamente le saludo y a la vez le comunico la aceptación para que el estudiante Alejandro Valera Cerdas, número de cédula 9011507047 y carné 2019074168, ejecute su proyecto para optar por el grado de Licenciatura de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, el cual busca realizar en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y que tiene como nombre, **Estudio de viabilidad técnica, financiera y ambiental de conversión de flotilla de vehículos de combustión interna del CATIE, a vehículos eléctricos.**

El proyecto propuesto por el estudiante Alejandro Valera Cerdas, busca ayudar a visualizar la viabilidad de las distintas opciones que existen en el mercado para transformar la flotilla de vehículos de combustión interna del CATIE a eléctricos, desde un punto de vista técnico, económico y ambiental. Además de exponer los distintos beneficios que puede traer esta migración. Para el CATIE, este proyecto es de suma importancia ya que es un primer paso para pasar a ser una institución de 0 emisiones en el área de transporte terrestre. Esto va ligado a los valores de la institución que vela por un desarrollo verde inclusivo.

Es por esto que la Unidad de Transportes CATIE y mi persona Javier Ramírez Serrano, otorga la autorización para que se realice el proyecto en la institución sin necesidad de confidencialidad.

Se agradece una vez finalizado el proyecto, se remita el documento final a esta dirección.

Cordialmente,



Javier Ramírez Serrano

+506 8830 0505

## **Profesor guía**

Ing. Sebastián Mata Ortega

## **Asesores industriales**

Sr. Javier Ramírez Serrano

## **Tribunal examinador**

## **Datos personales**

*Nombre completo: Alejandro Valera Cerdas*

*Número de cédula: 901150704*

*Número de carné: 2019074168*

*Números de teléfono: 61411365*

*Correos electrónicos: avaleracerdas@estudiantec.cr*

## **Datos de la Empresa**

*Nombre: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).*

*Actividad Principal: Investigación y enseñanza*

*Dirección: Campus del CATIE, 3 km. Al sureste de los Tribunales de Justicia, Turrialba, Cartago, de la ciudad de Turrialba 3 km. Sobre carretera vieja a Limón.*

*Contacto: Javier Ramírez Serrano*

*Teléfono: +506 8830 0505*

## **Dedicatoria**

Este proyecto se lo dedico a mis papás, que me han apoyado siempre en todo lo que he hecho y en especial en mis estudios. Que hicieron el sacrificio de migrar y hacer un cambio total de vida para que yo pudiera tener un futuro mejor y que siempre trabajan para que yo pueda tener todo y ser exitoso.

A mi abuelita Carmen que es mi segunda madre, que a pesar de la distancia siempre me ha apoyado en todo y que sin importar que esté lejos, siempre la siento conmigo en todo lo que hago.

A mi tío Rafa, que siempre ha sido de mis mejores amigos, siempre me ha apoyado y enseñado tantas cosas y le debo mucho de quien soy hoy en día.

A Ari, que en estos más de 5 años me ha apoyado, amado, animado y acompañado en este viaje en el TEC. Ha estado para mí en los mejores y peores momentos que he vivido, y no tengo forma de expresarle el agradecimiento infinito por lo buena que es conmigo.

A mi familia en Costa Rica, que siempre están atentos de mí y me apoyan.

A mis amigos en Venezuela, que a pesar de la distancia siempre hemos permanecido cercanos y que siempre me apoyan y motivan a seguir adelante, ante todo. Carlos Ortega, Jesús Esteves, Carlos Sánchez y Ender Piñate (Q.E.P.D.), que sé que me acompaña y apoya desde el cielo.

Y en especial quiero dedicar este trabajo, que es la culminación de mis estudios universitarios, a mi tío Daniel (Q.E.P.D.), quien fue como un segundo padre para mí, quien fue mi entrenador, mi profesor y más que nada un amigo. Quien me dio tantas enseñanzas de disciplina, perseverancia y sobre todo me motivo a siempre tratar de ser el mejor. Te extraño con el alma, pero sé que en todo lo que hago tú estás ahí para mí, apoyándome y cuidándome.

## **Agradecimientos**

Quiero agradecer a mis papás, mi familia, Ari y a mis amigos por su apoyo y cariño en este proceso.

Al profesor Sebastián Mata, quién además de ser mi profesor guía fue mi profesor en varios cursos desde el segundo semestre de carrera, y siempre me apoyó, en clases, en el anteproyecto y finalmente en el trabajo final.

Al CATIE, cuyo personal siempre fue atento y diligente a la hora de necesitar datos e información, sin los cuales no hubiera podido elaborar este proyecto. Destacando a David Martínez.

A Javier Ramírez Serrano, que durante su labor en CATIE siempre estuvo atento al desarrollo del proyecto.

## **Resumen**

En el contexto de la creciente preocupación por la sostenibilidad ambiental y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, este estudio tiene como objetivo principal evaluar la factibilidad de migrar los vehículos de combustión interna a vehículos eléctricos en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) ubicado en Turrialba, Costa Rica.

Para alcanzar este objetivo, se llevó a cabo un análisis exhaustivo del mercado de vehículos eléctricos, considerando las características específicas del CATIE en términos de requerimientos operativos y de infraestructura de carga. Además, se diseñó una acometida eléctrica adaptada a las necesidades del centro, se realizó un análisis comparativo de los costos del ciclo de vida de diferentes modelos de vehículos, y se estimaron las emisiones reducidas que se podrían lograr con la adopción de vehículos eléctricos.

Se encontró que los vehículos que pueden satisfacer las necesidades que el CATIE debe cumplir para poder llevar a cabo sus operaciones son el Aion V Plus, el BYD Tang EV y la buseta Yutong D8E, además se encontró que no hay una alternativa eléctrica para las Toyotas Hilux ya que no hay vehículos tipo pick up eléctricas con tracción 4x4, que tengan garantía o soporte técnico en el país. Se hizo el estudio de la infraestructura eléctrica necesaria y se diseñó la acometida eléctrica. Posteriormente, se determinó que ningún modelo eléctrico de los seleccionados son viables financieramente según el VAN (Valor Actual Neto) que dio como resultado el ACCV (Análisis del Costo del Ciclo de Vida), esto debido a las exoneraciones de impuestos que goza el CATIE que abarata a los vehículos de combustión interna, además de la necesidad de una infraestructura eléctrica cara. Finalmente se determinó que los vehículos eléctricos conllevan a una disminución importante de las emisiones de CO<sub>2</sub> en comparación con los vehículos de combustión interna. Por lo que se concluyó que desde el punto de vista ambiental son altamente viables y el CATIE puede tomar este aspecto a la hora de tomar una decisión a futuro.

## **Abstract**

In the context of the growing concern for environmental sustainability and the need to reduce greenhouse gas emissions, this study aims to evaluate the feasibility of transitioning internal combustion vehicles to electric vehicles at the Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) located in Turrialba, Costa Rica.

To achieve this goal, a comprehensive analysis of the electric vehicle market was carried out, considering the specific characteristics of CATIE in terms of operational requirements and charging infrastructure. Additionally, an electric supply adapted to the center's needs was designed, a comparative analysis of the life cycle costs of different vehicle models was conducted, and the reduced emissions that could be achieved with the adoption of electric vehicles were estimated.

It was found that the vehicles capable of meeting CATIE's operational needs are the Aion V Plus, the BYD Tang EV, and the Yutong D8E minibus. It was also found that there is no electric alternative for the Toyota Hilux since there are no 4x4 electric pickup trucks with warranty or technical support in the country. The necessary electric infrastructure was studied, and the electric supply was designed accordingly. Subsequently, it was determined that none of the selected electric models are financially viable according to the NPV resulting from the LCCA (Life Cycle Cost Analysis), due to the tax exemptions enjoyed by CATIE that make internal combustion vehicles cheaper, in addition to the need for expensive electric infrastructure.

Finally, it was concluded that electric vehicles lead to a significant decrease in CO<sub>2</sub> emissions compared to internal combustion vehicles. Therefore, it was concluded that from an environmental perspective, they are highly viable, and CATIE can consider this aspect when making future decisions.

**Keywords:** Electric Vehicles, Life cycle cost analysis (LCCA), Institutional mobility, Vehicle migration, carbon emissions.

# Contenido

Capítulo 1: Introducción.....	1
Antecedentes.....	4
Planteamiento del problema .....	6
Objetivo General: .....	9
Objetivos Específicos: .....	9
Justificación: .....	10
Viabilidad: .....	11
Alcance: .....	11
Limitaciones: .....	12
Plan de Trabajo.....	13
Capítulo 2: Marco metodológico.....	15
Capítulo 3: Marco teórico.....	16
Capítulo 4: Análisis de Resultados.....	22
Objetivo 1 .....	22
Objetivo 2 .....	31
Objetivo 3 .....	35
Objetivo 4 .....	44
Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones.....	53
Conclusiones.....	53
Recomendaciones .....	54
Capítulo 6: Bibliografía:.....	56
Apéndices .....	62
Apéndice 1: Cálculos y dimensionamiento de la acometida eléctrica para la carga de los vehículos eléctricos dentro del campus del CATIE.....	62



Apéndice 2: Cálculo de los ACCV para los vehículos de combustión interna y eléctricos. .....	69
Capítulo 8: Anexos .....	77
Fichas Técnicas vehículos eléctricos.....	77
Tablas del NEC utilizadas .....	80

## Índice de Figuras

Figura 1 Emisión total de GEI de vehículos privados y proporción de vehículos eléctricos. ( <a href="https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113838">https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113838</a> ).....	5
Figura 2: Ruta más común de los sedanes Yaris. (Google Maps, 2024) .....	23
Figura 3: Toyota Yaris tipo sedan modelo 2019 del CATIE. (Elaboración propia) .....	23
Figura 4: Ruta CATIE, Turrialba-Liberia-Guanacaste. (Google Maps, 2024) .....	24
Figura 5: Toyota Prado modelo 2015 del CATIE. (Elaboración propia) .....	24
Figura 6: Toyota Fortuner modelo 2014 del CATIE. (Elaboración propia).....	25
Figura 7: Toyota Hilux modelo 2015 del CATIE. (Elaboración propia) .....	26
Figura 8: Ruta que cumple la buseta del CATIE para el transporte de empleados. (Google Maps, 2024) .....	26
Figura 9: Toyota Coaster 2015 del CATIE. (Elaboración propia) .....	27
Figura 10: Aion V Plus 2024. (Ficha Técnica Aion V plus 2024, 2024) .....	28
Figura 11: BYD Tang EV 2024. (Ficha técnica BYD Tang EV 2024, 2024).....	29
Figura 12: Rivian R1T 2024. Fuente: (2024 Rivian R1T Review, Pricing, And Specs, 2024) .....	30
Figura 13: Yutong D8E ZK6772BEV. ((D8E-Yutong, 2023) .....	30
Figura 14: Cargador tipo Wallbox marca ELCO. (Estación Tipo Wallbox   ELCO, 2023)..	32
Figura 15: Cargador Trifásico Yutong SZ-160 (Imagen de referencia) (Tecnología Co., Ltd. de Zhengzhou Wangyu., 2023).....	32
Figura 16: Posiciones de los cargadores eléctricos y el tablero principal en los puestos de estacionamiento del departamento de transporte del CATIE. (Elaboración propia en AutoCAD) .....	33
Figura 17: Imagen satelital donde se muestra la zona de transportes del CATIE y el cuarto de transformadores en el círculo rojo (Google maps, 2024) .....	34
Figura 18: Diagrama unifilar instalación eléctrica necesaria para los cargadores de los vehículos eléctricos. (Elaboración propia en AutoCAD). .....	35
Figura 19: Inflación en Costa Rica desde el 2015. (Trading Economics, 2024) .....	36
Figura 20: Venta de Toyota Fortuner 2015 en la página crautos.com. ( <a href="https://crautos.com/autosusados/cardetail.cfm?c=70483165&amp;Toyota.FORTUNER%20SRV.2015">https://crautos.com/autosusados/cardetail.cfm?c=70483165&amp;Toyota.FORTUNER%20SRV.2015</a> ).....	42

Figura 21: Emisiones de CO <sub>2</sub> en la producción de baterías de vehículos eléctricos en diferentes países. ( <a href="https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-race-to-decarbonize-electric-vehicle-batteries">https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-race-to-decarbonize-electric-vehicle-batteries</a> ).....	45
Figura 22: composición de batería LFP. ( <a href="https://www.motorpasion.com/revision/que-baterias-lfp-ventajas-inconvenientes-aplicaciones-automocion">https://www.motorpasion.com/revision/que-baterias-lfp-ventajas-inconvenientes-aplicaciones-automocion</a> ).....	45
Figura 23: Factor de emisión en el sector electricidad ( <a href="http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/factoresemission/factoresemission2023/FactoresEmision-GEI-2023.pdf">http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/factoresemission/factoresemission2023/FactoresEmision-GEI-2023.pdf</a> ).....	49
Figura 24: Gráfica de temperaturas promedios en Turrialba durante el 2023. (El Clima En Turrialba, el Tiempo Por Mes, Temperatura Promedio (Costa Rica) - Weather Spark, 2024) .....	63
Figura 25: Estructura conductor- media tensión subterráneo ( <a href="https://www.elmecca.com/producto/cable-de-media-tension-epr-de-aluminio-15-25-y-35kv/">https://www.elmecca.com/producto/cable-de-media-tension-epr-de-aluminio-15-25-y-35kv/</a> ).....	68

## Índice de Tablas

Tabla 1: Desviación entre el debiera y la realidad.....	8
Tabla 2: Actividades a realizar, junto con la estimación de la duración de cada una en días, y las semanas de inicio y finalización .....	13
Tabla 3: Diagrama de Gantt del proyecto.....	14
Tabla 4: Plan de trabajo .....	15
Tabla 5: Flotilla actual del CATIE. ....	27
Tabla 6: Vehículos eléctricos seleccionados .....	31
Tabla 7: Información eléctrica cargadores para el diseño de acometida. ....	33
Tabla 8: Costo de adquisición de la flotilla actual.....	36
Tabla 9: Costo de mantenimiento de la flotilla actual del CATIE .....	37
Tabla 10: Servicios de mantenimiento para vehículos eléctricos.....	37
Tabla 11: Kilometrajes de los vehículos del CATIE.....	38
Tabla 12: Costo promedio del combustible exonerado de impuestos por año .....	38
Tabla 13: Costo anual del combustible por modelo. ....	39
Tabla 14: Presupuesto acometida eléctrica.....	39
Tabla 15: Porcentajes del costo total de adquisición de los vehículos eléctricos.....	40

Tabla 16: Costo de recarga de los vehículos eléctricos .....	40
Tabla 17: Resumen y comparación de los resultado de los ACCV.....	41
Tabla 18: Presupuesto de acometida para análisis de sensibilidad.....	43
Tabla 19: Comparación del VAN resultado del ACCV con el análisis de sensibilidad referente al descarte del uso de la buseta Yutong.....	44
Tabla 20: Estimación de emisiones de CO <sub>2</sub> para la producción de las baterías de cada vehículo. ....	46
Tabla 21: Emisiones de CO <sub>2</sub> en la producción de vehículos en China.....	46
Tabla 22: Emisiones totales de CO <sub>2</sub> en la producción de los vehículos eléctricos estudiados .....	47
Tabla 23: Emisiones de CO <sub>2</sub> en el proceso de producción de distintos tipos de vehículos..	47
Tabla 24: Emisiones en la producción de los vehículos del CATIE .....	48
Tabla 25: Emisiones de CO <sub>2</sub> debido a la recarga de vehículos eléctricos .....	49
Tabla 26: Estimación de emisiones de CO <sub>2</sub> de la flotilla del CATIE.....	50
Tabla 27: Resultado análisis de emisiones de CO <sub>2</sub> .....	50
Tabla 28: Costo de la carbono neutralidad por el uso de cada tipo de vehículo por 8 años .	51
Tabla 29: Costo de neutralización de las emisiones de carbono para la flotilla eléctrica y la de combustión.....	52
Tabla 30: Datos técnicos cargadores .....	62
Tabla 31: Corriente de diseño con factor por carga continua.....	63
Tabla 32: cálculos para la escogencia de los conductores y el ducto metálico EMT.....	64
Tabla 33: Áreas de los conductores y selección del ducto EMT.....	64
Tabla 34: Datos y cálculo del porcentaje de caída de voltaje.....	65
Tabla 35: Cálculo de la potencia aparente total consumido por la carga a instalar.....	66
Tabla 36: Selección de conductor para el secundario.....	66
Tabla 37: Datos para la selección el ducto metálico EMT .....	67
Tabla 38: Caída de voltaje del secundario.....	67
Tabla 39: ACCV para Toyota Fortuner.....	69
Tabla 40: ACCV para Aion V Plus .....	70
Tabla 41: ACCV para Toyota Prado .....	71
Tabla 42: ACCV para BYD Tang EV .....	72

Tabla 43: ACCV para Toyota Yaris.....	73
Tabla 44: ACCV para Aion V Plus analizado con kilometraje del Yaris .....	74
Tabla 45: ACCV para Toyota Coaster .....	75
Tabla 46: ACCV para Yutong D8E.....	76

## **Nomenclatura**

ACCV: Análisis del costo del ciclo de vida útil.

SUV: Siglas en inglés que se traducen como vehículo utilitario deportivo.

MIDEPLAN: Ministerio de planificación nacional y política económica.

VAN: Valor actual neto.

CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

RECOPE: Refinería Costarricense de Petróleo.

CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono.

CO: Monóxido de Carbono.

GEI: Gases de Efecto Invernadero.

NO<sub>x</sub>: Óxidos de nitrógeno.

SO<sub>x</sub>: Óxidos de azufre.

NEC: Siglas en inglés del Código Eléctrico Nacional.

FONAFIFO: Fondo Nacional de Financiamiento Forestal.

# Capítulo 1: Introducción

## Introducción

En un contexto global marcado por la urgencia de mitigar los efectos del cambio climático y reducir la contaminación atmosférica, la transición hacia la movilidad sostenible se ha convertido en un tema de alta prioridad. Tomando en cuenta lo anterior, el presente estudio se centra en realizar un análisis de prefactibilidad para la migración de vehículos de combustión interna a vehículos eléctricos, particularmente en el ámbito del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) ubicado en Turrialba.

El CATIE, como centro de referencia en investigación agroambiental y desarrollo sostenible en la región, se enfrenta al reto de modernizar su flota vehicular para alinearse con los estándares de sostenibilidad ambiental y eficiencia energética. Se estima que en Costa Rica, aproximadamente un 46% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> provienen del sector transporte para el 2021 (Miranda, 2021). Esta es una situación altamente negativa para el ambiente y contribuye con el calentamiento global, al formar parte este gas de los gases de efecto invernadero. Los GEI son gases que son generados de forma natural en el ambiente, por medio de la respiración de los seres vivos, descomposición de materia biológica pero también por la quema de combustibles, una alta cantidad de estos fomentan el calentamiento global, puesto que permiten el ingreso del calor de la radiación solar a la tierra, pero no dejan que se escape, lo que causa que la temperatura promedio de la tierra aumente (Núñez, 2023). Es así como el CATIE busca usar vehículos para sus actividades que se alineen más con su misión y visión, basada en lograr un desarrollo verde inclusivo.

En este contexto, el estudio se propone evaluar las opciones disponibles en el mercado de vehículos eléctricos, teniendo en cuenta las necesidades específicas del CATIE, tanto en términos de capacidades operativas como de infraestructura de carga, así como de rutas, tipos de terrenos, y capacidad de pasajeros.

Una parte fundamental de este análisis radica en el diseño de la acometida eléctrica necesaria para garantizar la adecuada carga de los vehículos eléctricos en las instalaciones del CATIE. Esto implica considerar aspectos técnicos, económicos y logísticos para implementar una solución integral que permita la transición fluida hacia la movilidad eléctrica.

Además, se llevará a cabo un estudio comparativo de los costos del ciclo de vida (ACCV) de cada modelo de vehículo, tanto de combustión como eléctrico, con el objetivo de determinar la viabilidad económica de la migración propuesta. Este análisis incluirá no solo los costos directos de adquisición y mantenimiento, sino también los costos asociados con la infraestructura de carga y la operación de los vehículos a lo largo de su vida útil.

Finalmente, se estimará el impacto ambiental derivado de la adopción de vehículos eléctricos en lugar de vehículos de combustión, a través de un análisis de las emisiones de CO<sub>2</sub> a lo largo de las etapas de operación y de producción. Este análisis cuantitativo permitirá visualizar de manera clara los beneficios ambientales asociados con la migración hacia la movilidad eléctrica en el contexto específico del CATIE en Turrialba.

En conjunto, este estudio de prefactibilidad busca proporcionar una base sólida para la toma de decisiones informada y estratégica respecto a la adopción de vehículos eléctricos en el CATIE. Se contribuye así a la promoción de prácticas sostenibles y a la reducción de la huella ambiental en el ámbito de la movilidad institucional.

### **Reseña de la Empresa**

El CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro académico enfocado en la innovación y el desarrollo sostenible en las áreas de agricultura, manejo, conservación y el uso sostenible de los recursos naturales. Esta institución tiene una área de influencia en América Latina y el Caribe. Fue fundado hace más de 75 años con el nombre de IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) y luego a partir de 1973 empezó a operar como CATIE. Esta institución está ubicada en el valle de Turrialba, su campus tiene una área de más de mil hectáreas, en donde se encuentran sus edificios principales, residencias, laboratorios, plantaciones de café, jardines botánicos y ganadería.

Esta institución realiza actividades académicas como maestrías, doctorados y diplomados enfocadas en el área de economía ambiental, manejo de recursos naturales y medio ambiente. Además, tiene múltiples proyectos de investigación en áreas similares a las impartidas en el área académica. Su página web define el objetivo de sus actividades de la siguiente forma: “En nuestro accionar combinamos la educación, la investigación y la proyección para impulsar el Desarrollo Verde Inclusivo, con el fin de incrementar el bienestar

humano y reducir la pobreza rural”. (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, 2023). A continuación, se muestra la misión y visión del CATIE.

### **Misión**

Promovemos el Desarrollo Verde Inclusivo, a través del conocimiento científico y la formación de nuevos líderes, gestionando los ecosistemas, paisajes y sistemas alimentarios, que con su permanencia favorecen al bienestar sostenible de las poblaciones en el trópico de América Latina y el Caribe.

### **Visión**

El CATIE posicionado como referente en investigación, educación e innovación al servicio de los pueblos del trópico de América Latina y el Caribe, buscando el equilibrio entre el uso y la protección de los paisajes, ecosistemas y sistemas de producción que forman parte del bienestar sostenible y la salud de la gente, así como de todas las formas de vida que hacen parte del planeta.

### **Descripción del proceso productivo**

El CATIE es una organización de investigación y enseñanza, ubicada en el valle de Turrialba Costa Rica. En su campus tiene distintas áreas destinadas a distintos rubros, todo enfocado en el área de agronomía, forestería, educación e investigación. La producción del CATIE es intelectual, puesto que no es una industria, y está subdividido en tres grandes áreas, las cuales se explican a continuación.

**Enseñanza:** el CATIE es una universidad de maestrías y doctorados, donde personas de diferentes lugares del mundo vienen a expandir sus conocimientos y experiencias en áreas como economía, ambiente y desarrollo sostenible.

**Investigación:** el CATIE tiene un rol importante en la región en la realización de proyectos de investigación a nivel nacional e internacional. Estos también son una fuente de ingresos para el CATIE, ya sea con patrocinios y apoyos internacionales, o con la venta de productos o tecnologías que nacieron gracias a estas investigaciones.

**Proyección:** Finalmente las dos ramas anteriormente explicadas se conjugan en el área de proyección, donde todas esas investigaciones, tecnologías, cursos y enseñanzas generadas



dentro del CATIE, son llevadas a más de 13 diferentes países de Latinoamérica y el Caribe, con el objetivo de reducir la pobreza, y fomentar el desarrollo económico, social y ambiental en la región.

En el campus de esta institución existen varios servicios necesarios para que las tres grandes ramas explicadas antes puedan funcionar efectivamente y entre ellas está el servicio de transporte, donde se realizará el presente proyecto.

Transportes en el CATIE tiene un total de 13 vehículos divididos entre busetas, camionetas 4x4 y sedanes. Estos tienen la función de llevar a los funcionarios y estudiantes a las distintas zonas que necesiten para giras técnicas o educativas, ya sea en una ciudad como San José, o zonas rurales, donde la doble tracción sea necesaria.

Todos los proyectos y áreas tienen su propia independencia financiera y deben pagar a este servicio de transporte por el alquiler de los vehículos y pago de los choferes, a pesar de que forman parte de la misma organización; por esta razón, el servicio de transporte es el que más dinero genera para la institución.

## **Antecedentes**

En Australia, se realizó un estudio referente a las proyecciones de los comportamientos del mercado en el área de la electrificación. En este, se realizaron estimaciones bajo distintos escenarios, es decir un análisis de sensibilidad, donde se tomó como el peor caso que el mercado siga comportándose como está actualmente y no se incentive el uso de vehículos eléctricos. Se puede deducir que, bajo este escenario, las emisiones nocivas del sector transporte aumentarán, a pesar de que se estimó que el porcentaje de vehículos eléctricos aumentará, sigue sin ser suficiente para que Australia llegue a tener 0% de emisiones en el sector transporte. Sin embargo, algo a destacar es que se estima que, con las normativas correctas, para el año 2050, se podría lograr que 100% de la flota vehicular de este país llegue a ser eléctrica y con un 100% de uso de energías renovables para el transporte terrestre. (Broadbent et al., 2022)

En Indonesia se realizó un estudio que compara los distintos tipos de vehículos (eléctricos, híbridos y de combustión interna) para alcanzar cero emisiones para el 2050. Este estudio es sumamente interesante puesto que revela que, aunque los vehículos eléctricos son los que menos emisiones de CO<sub>2</sub> y CO, son los que más contaminan con otros gases como el NO<sub>x</sub> y el SO<sub>x</sub>, que son gases nocivos para la salud y el medio ambiente. Esta situación se

presenta porque, en este país, la generación de electricidad se basa en la quema de combustibles fósiles. Por otro lado, se muestra que los vehículos eléctricos tienen un costo de mantenimiento anual muchísimo menor, a diferencia de otros tipos de vehículos que necesitan menos frecuencia de mantenimiento. Este estudio es interesante, ya que contrasta con la infraestructura eléctrica en Costa Rica donde la generación eléctrica es casi 100% de fuentes renovables. (Veza et al., 2023)

En Taiwán se realizó un estudio sobre el rol de los vehículos eléctricos en la descarbonización y el impacto ambiental según las políticas de dicho país de 0 emisiones para el 2050. Este estudio arrojó que se estima que antes del 2039 las emisiones debido a los vehículos eléctricos aumentarán debido al aumento del consumo de potencia eléctrica. Sin embargo, posteriormente, de forma acelerada irán disminuyendo, debido a la estructura de la generación eléctrica de ese país, pues se estima para ese momento la producción de electricidad vendrá de fuentes de energía renovable. Esta situación ayuda a que, en el 2050, el aporte de contaminación atmosférica debido a los vehículos de transporte privado disminuya sustancialmente (Shen et al., 2023).

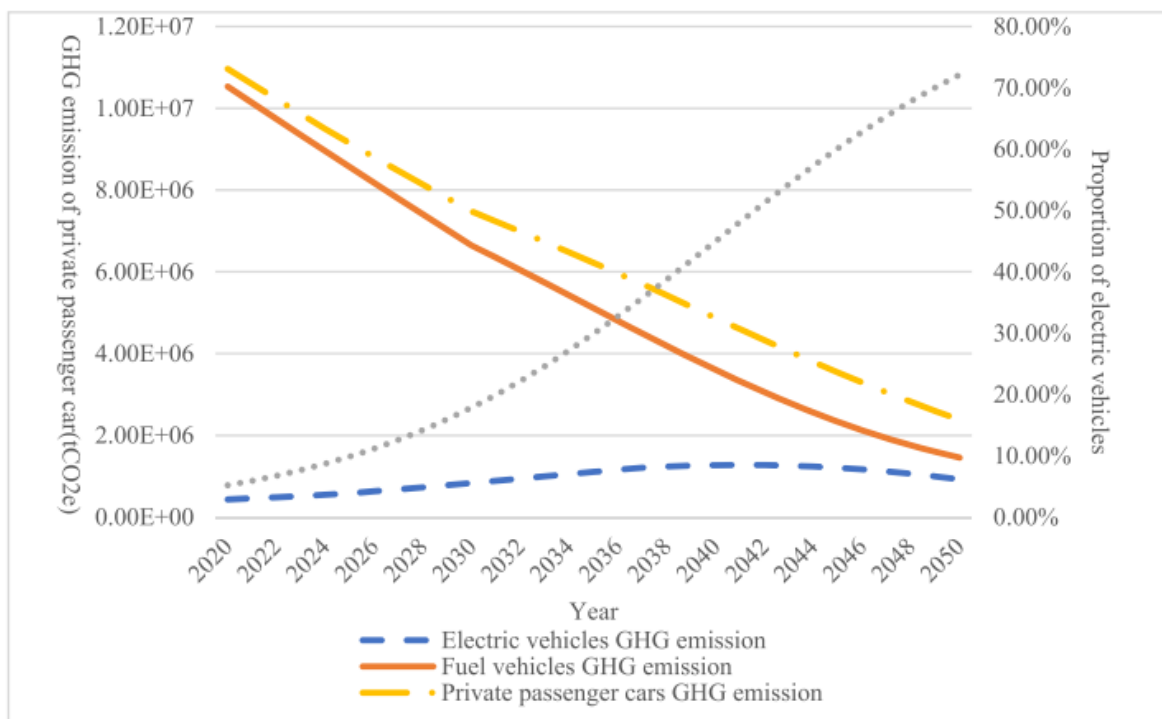


Figura 1 Emisión total de GEI de vehículos privados y proporción de vehículos eléctricos.

(<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113838>)

## **Planteamiento del problema**

### **Descripción del problema a resolver:**

Los vehículos de combustión interna son una de las tecnologías que más han aportado al desarrollo de la humanidad en su historia, facilitan la comunicación y transporte de personas y mercancías, y cubren largas distancias en poco tiempo y de forma relativamente económica.

Este tipo de automóviles funcionan por medio de la combustión de combustibles fósiles. Este proceso de combustión genera idealmente dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua como resultado de la reacción química causada por la combustión. Sin embargo, en la vida real diferentes condiciones como la edad de los vehículos, estilos de conducción, densidad del aire donde se conduce el vehículo, causa que se generen otros gases perjudiciales para la salud, como lo son los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), además de otras partículas sólidas que se mantienen en suspensión en la atmósfera y que son sumamente nocivas para la salud de los seres vivos que las lleguen a respirar. (Garbaras et al., 2023)

Según Moseman (2022), en Estados Unidos el Departamento de Energía de este país llevó a cabo estudios de las emisiones causadas por un vehículo de combustión interna, que en promedio ronda los 5186.8 Kg de  $\text{CO}_2$  por año, mientras que un vehículo eléctrico emite solamente 1783.5Kg de  $\text{CO}_2$  por año, esto de manera indirecta, es decir, en la generación de la energía eléctrica que necesita. Esta cifra disminuye en Costa Rica, donde la mayor parte de la electricidad es generada en fuentes renovables. Tomando en cuenta que la flotilla del CATIE actualmente tiene 13 vehículos de combustión interna, y que las cifras anteriormente dadas son un promedio tomado de varios tipos de vehículos, actualmente se estaría emitiendo aproximadamente 67 toneladas de  $\text{CO}_2$  al año, mientras que, en el peor de los casos, con vehículos eléctricos, estaría emitiendo 23 toneladas de  $\text{CO}_2$  por año en el punto de generación de la electricidad.

Por otro lado, los vehículos de combustión interna, en comparación con los vehículos eléctricos poseen más partes móviles, partes que se calientan y someten a presiones y altas inercias, y en general, son máquinas más complejas mecánicamente, lo que genera que los costos de mantenimiento sean mayores. (Liu et al., 2021). En Estados Unidos, estudios realizados por el departamento de energía han arrojado que para dicho país el costo del

mantenimiento de vehículos de combustión interna ronda los \$0.101 por milla (1,6km), mientras que los vehículos eléctricos tienen un costo de mantenimiento mucho menor, de tan solo \$0.061 por milla. Eso representa un ahorro de un 65% aproximadamente.

Según esto se puede observar el gran problema que enfrenta el CATIE como institución enfocada en desarrollo sostenible, verde y que busca el bienestar humano. Al tener una flotilla 100% de combustión interna, están aportando a la huella de carbono que genera el transporte, según estudios realizados en México, aproximadamente al 59% de la contaminación anual atmosférica. (Meléndez V, 2022) Además, tomando en cuenta la misión del CATIE, el uso de vehículos que usan combustibles fósiles no va de la mano con un desarrollo verde inclusivo. En cuanto a la visión, el CATIE busca posicionarse como un referente en investigación, educación e innovación al servicio de los pueblos del trópico de América Latina y el Caribe, sin embargo, el no innovar en el uso de tecnologías de transporte nuevas y más verdes, va en contra de esta visión.

Por otro lado, en los casos donde se deba hacer una gira técnica a lugares rurales, el ruido y humo generados por los vehículos afecta negativamente a los ecosistemas, situación que mejoraría con el uso de vehículos eléctricos, que son más silenciosos y tienen 0 emisiones. (Garbaras et al., 2023)

Para el CATIE, también es un problema de imagen, ya que, como organización en busca de un desarrollo verde, debe usar vehículos que transmitan el mensaje de su compromiso con la disminución de emisiones y contaminación al ambiente.

Tabla 1: Desviación entre el debiera y la realidad.

		Dato suministrado	Referencia
Debiera	En Costa Rica se busca en el 2050 una economía con 0% emisiones de CO <sub>2</sub>	Para el año 2050 se busca lograr 0% emisiones de CO <sub>2</sub> Para el año 2030 se busca lograr que el 100% de la energía para el transporte vehicular será de fuentes renovables y producida en Costa Rica	(Plan Nacional de Descarbonización - Dirección de Cambio Climático, 2023) (Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) et al., 2019)
Desviación	100% de la flota vehicular del CATIE es de combustión interna, además se destaca que no se ha hecho ningún tipo de plan piloto, estudios o proyectos del área de electrificación de los vehículos, además, 100% de los combustibles usados por la flota de vehículos del CATIE son de fuentes no renovables, además de producidos internacionalmente.		
		Dato suministrado	Referencia
Realidad	Actualmente en Costa Rica el sector energía, donde se incluye la generación de electricidad y la quema de combustibles para transporte, representa el 55.1% de las emisiones de gases de efecto invernadero entre los que se encuentra el CO <sub>2</sub> . En Costa Rica, el uso de energía de fuentes no renovables como los derivados del petróleo es lo más común en el sector transporte.	Para el año 2017 en Costa Rica el sector energía emitió 7.981,6 Gg de CO <sub>2</sub> eq. Para el año 2030 se busca lograr 100% de la energía para el transporte vehicular sea de fuentes renovables y producidos en Costa Rica Actualmente en Costa Rica, el 82.6% de los hidrocarburos consumidos se usan en el sector transporte	(Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) - Dirección de Cambio Climático, 2022) (Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) et al., 2019)

Nota: Elaboración propia

## **Objetivo General:**

- Desarrollar un estudio de la viabilidad en aspectos técnicos, financieros y ambientales de la migración de la flotilla de vehículos de combustión interna del CATIE a vehículos eléctricos, mediante un análisis del costo del ciclo de vida útil en concordancia al Plan Nacional de Transporte Eléctrico 2018-2030 y el Plan Nacional de Descarbonización 2019-2050.

## **Objetivos Específicos:**

1. Determinar las características y necesidades técnicas que existen en el CATIE en el área de transporte terrestre de manera que se contraste con lo existente en el mercado nacional e internacional, en el ámbito de la electromovilidad por medio de un estudio de mercado.

Indicador de Logro: Informe técnico detallando aspectos como consumo, longitud y tipos de rutas que suelen operar los vehículos, capacidades de carga y de pasajeros, potencia, torque y tipo de carrocería. Además de una propuesta de modelo eléctrico equivalente para cada caso.

2. Determinar la infraestructura eléctrica necesaria para la carga de los distintos vehículos eléctricos de la flotilla del CATIE mediante el diseño de la acometida eléctrica necesaria con base al Código Eléctrico Nacional.

Indicador de logro: Diseño de acometida del sistema eléctrico necesario para la carga de los posibles vehículos eléctricos dentro del campus del CATIE, Turrialba.

3. Comparar el costo de las distintas etapas del ciclo de vida útil de los vehículos a combustión interna actuales, en comparación con los vehículos eléctricos, tomando en cuenta los costos de adquisición, mantenimiento, operación y descarte.

Indicador de logro: Análisis de costo de ciclo de vida útil, tanto de los vehículos eléctricos como de los de combustión interna.

4. Establecer cuál es el impacto ambiental que se genera con la migración de la flotilla de combustión interna, a eléctrica, mediante el análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero de los vehículos actuales y futuros.

Indicador de logro: Informe de los beneficios e impactos que acarrea migrar los distintos vehículos a movilidad eléctrica, tomando en cuenta aspectos como la reducción de toneladas de CO<sub>2</sub> y la contaminación debido al desecho de baterías.

### **Justificación:**

El CATIE es una organización que se enfoca en enseñar e investigar sobre distintos aspectos relacionados con el medio ambiente, siempre en busca de crear una relación sostenible entre el humano y los ecosistemas. Su filosofía se centra en impulsar un desarrollo verde inclusivo por medio de la educación, investigación y proyección de sus proyectos.

Las emisiones de gases de efecto invernadero son de las mayores problemáticas que enfrenta la humanidad en la lucha contra el calentamiento global. El uso de combustibles fósiles, al ser quemados en el proceso de combustión causa emisiones de gases como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), óxido de nitrógeno y otras partículas nocivas. Un estudio realizado en Europa revela que alrededor de un 95% de los vehículos son de combustión interna, divididos entre motores Diesel y a gasolina. Esto se agrava en un país pequeño en vías de desarrollo como lo es Costa Rica, donde la presencia de vehículos eléctricos sigue siendo muy reducida y poco habitual. (Garbaras et al., 2023).

Para una organización como CATIE, es importante velar porque dentro de su propio campus se pongan en práctica acciones que lleven a un uso menor de recursos no renovables y contaminantes como los combustibles. Sin embargo, toda la flotilla de vehículos de su área de transportes es a combustión interna. Dicha flotilla consta de un total de 13 vehículos que van desde pequeños sedanes hasta busetas que son empleadas para poder llevar investigadores y estudiantes a giras alrededor del territorio costarricense y movilizar empleados entre el campus localizado a las afueras de Turrialba, al centro de dicha ciudad.

Lo deseable es que la mayor cantidad de estos vehículos, si fuera viable en los aspectos técnico, económico y ambiental, sean sustituidos por similares eléctricos.

Según lo anterior, se aprecia la importancia de estudiar la viabilidad de reemplazar los vehículos de combustión interna a eléctricos, para poder disminuir la huella de carbono de la institución. Además de los beneficios ambientales, se pueden generar beneficios para la organización en el aspecto económico, ya que los vehículos eléctricos al poseer mayor eficiencia energética y una menor frecuencia y costos de mantenimiento generan un ahorro monetario importante. (Liu et al., 2021)

La no realización de este proyecto acarrea una desactualización en cuanto a tecnologías de movilidad por parte del CATIE, situación que causaría que el servicio de transporte en la institución se mantenga emitiendo gases de efecto invernadero y partículas nocivas para el medio ambiente. Esta situación iría en contra de la visión y misión del CATIE como organización enfocada en el desarrollo sostenible.

### **Viabilidad:**

Para realizar este proyecto se cuenta con acceso a los vehículos de la flotilla, se puede saber su kilometraje, historial de viajes, rutas, costos de mantenimiento, consumo de combustible y además el apoyo del encargado del área de transportes para proveer información adicional de los vehículos.

Por otro lado, en el aspecto financiero, debido al tipo de proyecto, que es meramente teórico y no requiere de la implementación de ningún tipo de prototipo, no se requieren recursos económicos por parte del CATIE.

El proyecto, aunque contará con la elaboración del diseño de la acometida necesaria para la carga de vehículos eléctricos, todo el trabajo es meramente teórico y no práctico, por lo que creación de la infraestructura en el CATIE no es parte del proyecto.

Según lo anteriormente dicho, la compra de los vehículos no forma parte de este proyecto, ya que solo se sugiere cuáles modelos son los más viables, por lo que no es un factor limitante para la ejecución de este trabajo.

### **Alcance:**

Este trabajo se centrará en el análisis de datos referentes a los distintos tipos de vehículos de la flotilla del CATIE, con el objetivo de poder realizar el análisis de ciclo de



vida útil de los vehículos actualmente utilizados (todos de combustión interna) y de los posibles futuros vehículos eléctricos utilizados. En este análisis se abarcarán los datos de adquisición, operación, mantenimiento y descarte (o posible valor de rescate).

Por otro lado, se determinará la infraestructura necesaria para poder cargar los vehículos dentro del CATIE, además de una estimación del costo de instalación de la flotilla.

Finalmente, se hará énfasis en el impacto ambiental que se genera entre usar la flota actual y los posibles vehículos eléctricos.

Según todo lo anterior, este proyecto es de tipo descriptivo y exploratorio.

### **Limitaciones:**

Para este proyecto se debe tener en cuenta que se limita a estimaciones y cálculos fundamentados debidamente, sin embargo, es posible que si se llegase a implementar pudieran generarse costos diferentes a los estimados. Por otro lado, también es importante recordar que este proyecto es elaborado entre el año 2023 y 2024, por lo que las estimaciones puedan perder vigencia con el tiempo.

Los datos que se usen se limitan a los suministrados por el departamento de transporte del CATIE. La flotilla actual de esta institución se divide en varias categorías, donde en cada una de estas se usan varios vehículos de la misma marca, por lo que se limitará el proyecto a hacer el análisis de ciclo de vida solo para un vehículo por categoría y no para todos los vehículos.

## Plan de Trabajo

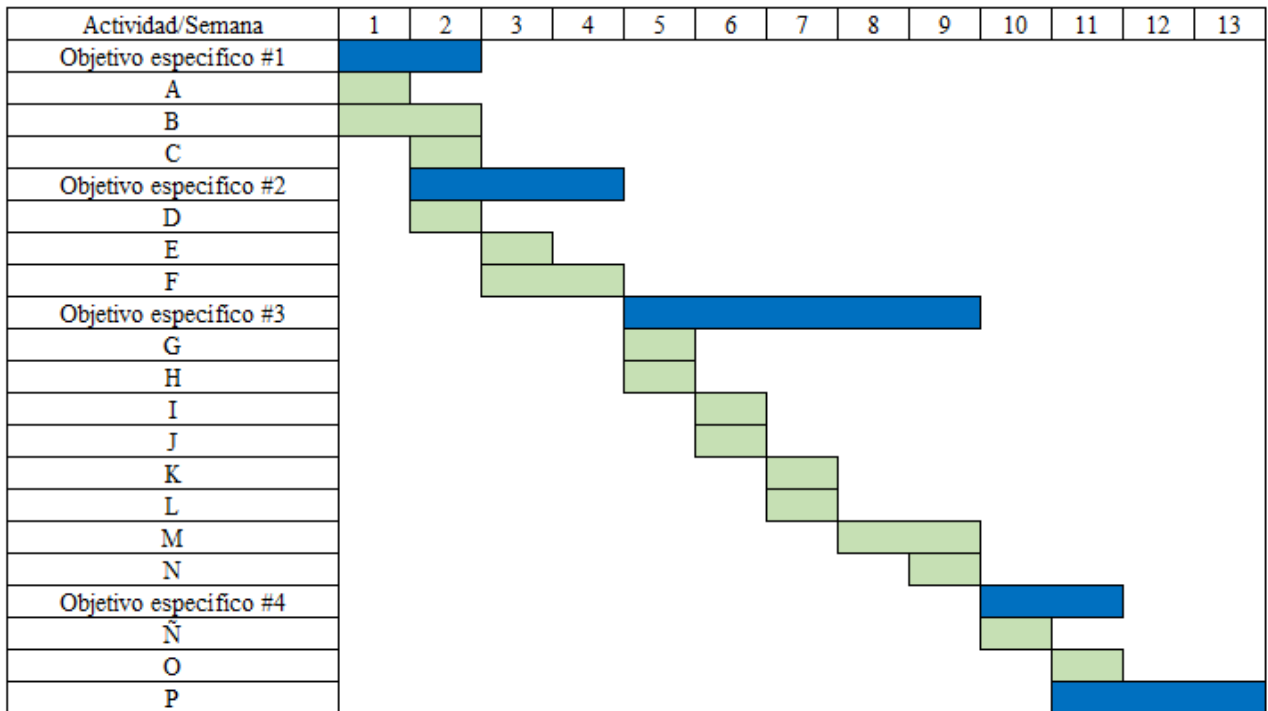
Tabla 2: Actividades a realizar, junto con la estimación de la duración de cada una en días, y las semanas de inicio y finalización

Nombre de Actividad	Descripción de la actividad	Semana de inicio	Duración (días)	Semana de Finalización
A	Recopilación de información y datos sobre la flota del CATIE referentes a características de vehículos, tipo de uso, rutas, y otros datos técnicos	1	3	1
B	Investigación de las opciones que existen en el mercado nacional e internacional referente a la electromovilidad	1	3	2
C	Realización de informe técnico detallando aspectos como consumo, longitud y tipos de rutas que suelen operar los vehículos, capacidades de carga y de pasajeros, potencia, torque y tipo de carrocería. Además de una propuesta de modelo eléctrico equivalente para cada caso.	2	2	2
D	Estimación de las necesidades eléctrica que tendrán los vehículos eléctricos a la hora de ser implementados en el CATIE	2	2	2
E	Investigación de los tipos de cargadores necesarios para la alimentación de los vehículos eléctricos	3	2	3
F	Realización del diseño de la acometida y el cálculo de la cantidad de cargadores	3	8	4
G	Recopilación de Información de los costos de adquisición de los vehículos de la actual flota del CATIE	5	3	5
H	Cotización e investigación de los costos de adquisición de los vehículos eléctricos necesitados	5	2	5
I	Recopilación de información referente al costo de operación y mantenimiento de los vehículos del CATIE	6	2	6
J	Investigación de los costos de operación y mantenimiento de las distintas opciones eléctricas para cada tipo de vehículo	6	3	6
K	Creación de curva de estimación de costo de mantenimiento tanto para los vehículos de combustión interna actuales como para los posibles vehículos eléctricos a utilizar	7	2	7
L	Determinar el costo de descarte para los vehículos eléctricos y los actuales vehículos de combustión interna	7	3	7
M	Realización del análisis del costo de ciclo de vida útil para las 4 categorías de vehículos existentes en el CATIE, tanto en su actual flota como la posible eléctrica	8	6	9
N	Informe con el análisis de los resultados obtenidos	9	3	9
Ñ	Estimación de las emisiones de CO2 tanto de los vehículos eléctricos debido a la generación de su energía, como de los vehículos de combustión interna al quemar combustible en su funcionamiento	10	5	10
O	Análisis de los resultados obtenidos	11	1	11
P	Redacción de informe final	11	12	13

Nota: Elaboración propia

A continuación, el diagrama de Gantt con las actividades de la tabla anterior:

Tabla 3: Diagrama de Gantt del proyecto.



Nota: Elaboración propia

## Capítulo 2: Marco metodológico

Para el desarrollo de este proyecto se seguirá el siguiente plan de trabajo:

Tabla 4: Plan de trabajo

Objetivo Especifico planteado	Actividad por Realizar	Fuente de información	Análisis de datos con criterios estadísticos	Resultados esperados (Entregables)
Objetivo específico #1	Determinar las características y necesidades técnicas que existen en el CATIE en el área de transporte terrestre de manera que se contraste con lo existente en el mercado nacional e internacional, en el ámbito de la electromovilidad	Entrevista con encargado de transportes del CATIE, cotizaciones, fichas técnicas de los vehículos, datos del departamento de transporte del CATIE.	Contraste entre los datos de las distintas opciones eléctricas por medio de tablas donde se presenten las características de cada vehículo	Informe técnico detallando aspectos como consumo, longitud y tipos de rutas que suelen operar los vehículos, capacidades de carga y de pasajeros, potencia, torque y tipo de carrocería. Además de una propuesta de modelo eléctrico equivalente para cada caso.
Objetivo específico #2	Determinar la infraestructura eléctrica necesaria para la carga de los distintos vehículos eléctricos de la flotilla del CATIE mediante el diseño de la acometida eléctrica necesaria.	Fichas técnicas de los vehículos eléctricos, fichas técnicas de los cargadores, estadísticas suministradas por el CATIE sobre las necesidades	Tablas con los consumos de los distintos cargadores y estimación de las necesidades eléctricas de la acometida.	Diseño de acometida del sistema eléctrico necesario para la carga de los posibles vehículos eléctricos dentro del campus del CATIE, Turrialba.
Objetivo específico #3	Comparar el costo de las distintas etapas del ciclo de vida útil de los vehículos a combustión interna actuales, en comparación a los vehículos eléctricos, tomando en cuenta los costos de adquisición, mantenimiento, operación y descarte.	Datos del CATIE sobre el costo de mantenimiento, operación y adquisición de sus vehículos actuales. Cotizaciones a las distintas marcas proveedoras de vehículos eléctricos. Estudios sobre costos de mantenimiento de modelos similares a los seleccionados.	Estimación del costo del mantenimiento, análisis del ciclo de vida útil de los vehículos con el VAN, tablas con los datos de gasto de combustible.	Análisis de costo de ciclo de vida útil para un periodo de 8 años de vida, tanto de los vehículos eléctricos como de los de combustión interna.
Objetivo específico #4	Establecer cuál es el impacto ambiental que se genera con la migración de la flotilla de combustión interna, a eléctrica. Mediante el análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero de los vehículos actuales y futuros.	Papers y otras investigaciones relacionadas con el tema.	Gráficas comparativa entre las emisiones generadas entre los modelos eléctricos y los antiguos de combustión interna	Informe de los beneficios e impactos que acarrea migrar los distintos vehículos a movilidad eléctrica, tomando en cuenta aspectos como la reducción de toneladas de CO <sub>2</sub> .

Nota: Elaboración propia

## **Capítulo 3: Marco teórico**

### **Plan Nacional de Descarbonización 2050:**

El Plan Nacional de Descarbonización de Costa Rica es una iniciativa gubernamental que busca transformar la economía y la sociedad del país hacia una base más sostenible y baja en carbono. Este plan, iniciado en 2018, establece el objetivo de convertir a Costa Rica en un país libre de emisiones netas de carbono para el año 2050. Para lograrlo, se centra en áreas clave como el transporte público eléctrico, la generación de energía renovable, la gestión sostenible de residuos y la reforestación. Además, se promueve la movilidad sostenible y la adopción de tecnologías limpias en el sector industrial. El plan no solo aborda la mitigación del cambio climático, sino que también busca impulsar el crecimiento económico y la creación de empleo a través de la economía verde. (MINAE, 2022)

### **Plan nacional de Transporte Eléctrico 2018-2030:**

El Plan Nacional de Transporte 2018-2030 de Costa Rica es una estrategia integral diseñada para abordar los desafíos del transporte en el país y mejorar la eficiencia, la seguridad y la sostenibilidad de la movilidad. Este plan, anunciado en 2018, establece un conjunto de objetivos a largo plazo y estrategias para el desarrollo del sistema de transporte costarricense. Entre las metas se encuentran la modernización de la infraestructura vial, la promoción del transporte público, la reducción de la congestión del tráfico y la mejora de la movilidad urbana. Además, el plan busca una transición hacia opciones de transporte más limpias y sostenibles, con un énfasis en la electrificación del transporte y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. (Orbea, 2021)

### **Vehículos de Combustión Interna:**

Los vehículos de combustión interna se basan en la utilización de productos combustibles, que en su mayoría son fósiles, para la generación de una explosión dentro de una recámara, lo que genera que un pistón sea empujado y genere movimiento rotativo. Para que este proceso funcione, se debe tener el combustible, un oxidante (oxígeno), una fuente de ignición y la reacción en cadena. (Zhu et al., 2022) Durante la combustión, idealmente todo el combustible oxida por completo en presencia de suficiente oxígeno. Se produce dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como producto principal, junto con vapor de agua (H<sub>2</sub>O) y una cantidad significativa de energía en forma de calor. La combustión completa es eficiente y

genera menos contaminantes perjudiciales, pero también emite CO<sub>2</sub>, un gas de efecto invernadero.

Sin embargo, lo usual es que se genera una combustión incompleta, en donde no se dispone de suficiente oxígeno para oxidar completamente el combustible. Esto da lugar a la formación de productos secundarios no deseados, como monóxido de carbono (CO) y partículas de hollín, además de menos energía. Tal situación puede deberse a factores como estilos de conducción, mal funcionamiento y mantenimiento del motor, altura donde se opera el vehículo, entre otros factores. (Kasab y Strzelec, 2020)

De forma sintetizada los sistemas que componen el sistema de propulsión de los vehículos de combustión interna son los siguientes:

- Motor de combustión interna: Es el corazón del sistema, donde se quema el combustible para generar energía mecánica. Puede ser de diferentes tipos, como motores de gasolina, diésel, o incluso motores híbridos que combinan ambas tecnologías.
- Sistema de combustible: Suministra el combustible necesario al motor. Este sistema incluye el tanque de combustible, la bomba de combustible, los inyectores (en motores de inyección), y otros componentes relacionados.
- Sistema de admisión y escape: El sistema de admisión proporciona aire al motor para mezclarlo con el combustible, mientras que el sistema de escape elimina los gases de combustión resultantes. Incluye componentes como el filtro de aire, el colector de admisión, el sistema de escape, el catalizador, entre otros.
- Transmisión: Transmite la potencia generada por el motor a las ruedas del vehículo. Puede ser manual o automática, y puede incluir diferentes tipos de configuraciones, como transmisiones de engranajes, transmisiones continuamente variables (CVT), o transmisiones automáticas.
- Sistema de refrigeración: Mantiene el motor dentro de los límites de temperatura operativa óptima, disipando el exceso de calor generado durante la combustión. Incluye componentes como el radiador, el ventilador de refrigeración, el termostato, y el fluido refrigerante.

(Pigna, 2023)

## **Vehículos Eléctricos (VE)**

Un vehículo eléctrico es un tipo de automóvil que utiliza electricidad como fuente de energía en lugar de combustibles fósiles. Funciona mediante la utilización de uno o más motores eléctricos alimentados por baterías recargables. Estas baterías almacenan electricidad que se suministra desde una fuente de carga externa, generalmente una toma de corriente eléctrica, para propulsar el vehículo. Cuando se activa el acelerador, la energía eléctrica fluye de las baterías al motor, generando movimiento en las ruedas y permitiendo que el vehículo se desplace. Los vehículos eléctricos son altamente eficientes y producen cero emisiones en el punto de uso, lo que los convierte en una opción respetuosa con el medio ambiente y una solución clave para reducir la contaminación del aire y las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector del transporte. (Fulton et al., 2017)

Los elementos que componen el sistema de propulsión de un vehículo eléctrico de forma sintetizada son los siguientes:

- **Batería:** Es la fuente de energía del vehículo eléctrico. Almacena la electricidad necesaria para alimentar el motor eléctrico. Las baterías pueden variar en tipo y capacidad, como las de iones de litio o las de polímero de litio.
- **Motor eléctrico:** Este componente convierte la energía eléctrica de la batería en energía mecánica para propulsar el vehículo. Los motores eléctricos son más eficientes que los motores de combustión interna y requieren menos mantenimiento.
- **Controlador:** Actúa como el cerebro del sistema, regula la cantidad de energía que se envía al motor eléctrico en función de la demanda del conductor. Controla la velocidad y la dirección del vehículo, así como la gestión de la energía de la batería para optimizar el rendimiento y la eficiencia del vehículo.

(Toyota España, 2024)

### **Tipos de cargadores eléctricos.**

- **Cargadores Nivel 1 (120V):** Son los más básicos y comunes. Se enchufan en una toma de corriente estándar de 120 voltios. Proporcionan una carga lenta y suelen ser adecuados para cargar vehículos eléctricos durante la noche en las casas. Son portátiles y suelen venir con el vehículo.
- **Cargadores Nivel 2 (240V):** Proporcionan una carga más rápida que los cargadores de Nivel 1. Requieren una instalación eléctrica especial con una toma de corriente de

240 voltios. Son adecuados para cargas domésticas y en estaciones de carga públicas. Pueden recargar un vehículo eléctrico en unas pocas horas, dependiendo de la capacidad de la batería.

- Cargadores de Nivel 3 (DC Fast Chargers o Carga Rápida): Proporcionan una carga muy rápida. Utilizan corriente continua (DC) en lugar de corriente alterna (AC) como los cargadores de Nivel 1 y 2. Requieren equipos de carga especializados y suelen estar instalados en estaciones de carga públicas. Son capaces de recargar la mayoría de los vehículos eléctricos hasta un 80% de su capacidad en menos de una hora.

(Carga de Nivel 1, Nivel 2 y Nivel 3: Diferencias y Ventajas | Mazda USA, 2024)

### **Tipos de enchufes de cargadores de vehículos eléctricos.**

- Tipo 1 (J1772): Este enchufe es común en América del Norte y algunos otros países. Tiene un diseño con un conector más pequeño en la parte superior para la comunicación de datos y un conector más grande en la parte inferior para la corriente eléctrica. Se utiliza principalmente en cargadores de Nivel 1 y Nivel 2.
- Tipo 2 (IEC 62196 o Mennekes): Es el estándar predominante en Europa. Proporciona soporte para carga monofásica y trifásica. Es compatible con cargadores de Nivel 2 y Nivel 3. Tiene un diseño robusto y es capaz de manejar corrientes más altas que el Tipo 1.
- Combo CCS (Combo de Carga Rápida) Tipo 1 y Tipo 2: Es una evolución del Tipo 1 o Tipo 2 que agrega dos pines adicionales debajo del enchufe existente para la carga rápida de corriente continua (DC). Está ganando popularidad en América del Norte y Europa como estándar para cargadores de carga rápida.
- CHAdeMO: Es un estándar japonés utilizado principalmente por los fabricantes japoneses. Proporciona carga rápida de corriente continua (DC) y se utiliza en muchas estaciones de carga rápida en todo el mundo. Tiene un conector grande y robusto con un mango en forma de "T".
- Tesla Supercharger: Es un tipo de enchufe exclusivo de Tesla para sus propias estaciones de carga rápida. Utiliza un conector propietario diseñado específicamente para los vehículos Tesla.

(Nogales, 2019)



## **Valor Actual Neto (VAN)**

El Valor Actual Neto (VAN) es una herramienta financiera utilizada en la evaluación de proyectos de inversión. Representa la diferencia entre el valor presente de los flujos de efectivo generados por un proyecto y el costo de la inversión inicial. En otras palabras, el VAN es una medida que permite determinar si un proyecto es económicamente viable o rentable.

Para calcular el VAN, se descuentan todos los flujos futuros de efectivo del proyecto al valor presente, utilizando una tasa de descuento que refleja la rentabilidad requerida o la tasa de oportunidad del inversionista. Si el VAN resultante es positivo, significa que el proyecto generará más dinero del que se invirtió inicialmente y, por lo tanto, es considerado rentable. Si el VAN es negativo, el proyecto no es rentable en términos financieros. En resumen, el VAN es una herramienta esencial para tomar decisiones de inversión, ya que proporciona una medida cuantitativa que ayuda a determinar si un proyecto generará un rendimiento financiero positivo o negativo a lo largo del tiempo. (Blank y Tarquin, 2020). Para este proyecto el VAN siempre dará negativo, ya que se estimarán costos, por lo que se comparará cuál VAN es más cercano a 0 entre las distintas opciones.

## **Análisis del Costo de Ciclo de Vida Útil**

El Análisis del Costo de Ciclo de Vida Útil es una metodología de evaluación que se utiliza en la toma de decisiones financieras y de inversión, así como en la planificación de proyectos y adquisiciones, para determinar los costos totales asociados con un activo a lo largo de su vida útil completa. En lugar de centrarse únicamente en los costos iniciales de adquisición o construcción, este análisis considera los costos que se generarán durante todo el ciclo de vida del activo, desde la adquisición inicial hasta el retiro y desecho. (Verdín, 2015)

## **Gases de Efecto Invernadero**

Los gases de efecto invernadero son un grupo de compuestos químicos presentes en la atmósfera que tienen la capacidad de atrapar el calor del sol y mantenerlo en la Tierra, creando un efecto similar al de un invernadero. Estos gases, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), son responsables de regular la temperatura global de nuestro planeta al retener parte del calor emitido por la superficie terrestre. Sin embargo, un aumento excesivo en la concentración de estos gases, principalmente debido a

actividades humanas como la quema de combustibles fósiles y la deforestación, ha llevado a un aumento en la temperatura promedio de la Tierra, provocando el cambio climático y sus efectos adversos en el clima y el medio ambiente. (Descripción general de los gases de efecto invernadero | US EPA, 2023)

## **Capítulo 4: Análisis de Resultados**

### **Objetivo 1**

**Determinar las características y necesidades técnicas que existen en el CATIE en el área de transporte terrestre de manera que se contraste con lo existente en el mercado nacional e internacional, en el ámbito de la electromovilidad.**

A continuación, se presentará un informe técnico sobre la flotilla actual del departamento de transportes del CATIE, se mostrarán sus características y luego se presentarán las opciones que, junto con el administrador de este departamento, se ha determinado que son los que mejor satisfacen las necesidades del CATIE. De igual manera se presentarán sus cualidades técnicas y costos de adquisición, con el objetivo de poder contrastar lo que hay en el mercado nacional e internacional en comparación con lo que actualmente tiene el CATIE.

### **Datos Técnicos Flotilla Actual**

La flotilla actual del departamento de transportes del CATIE consta de 12 vehículos, todos de combustión interna. Estos están divididos en varias categorías, cada una sirviendo un propósito específico. La información que se expondrá a continuación, relacionada con rutas y formas de utilización de los vehículos, fue recabada de entrevistas al encargado del departamento de transportes de la institución además de recabado de datos de los vehículos.

En primer lugar, se tienen 3 Toyota Yaris tipo sedán, de 5 pasajeros, motor 1500 c.c. a gasolina. Estos vehículos tienen actualmente un kilometraje que ronda los 50 000.00 km cada uno. Son principalmente usados cuando se deben hacer giras a sitios de fácil acceso como la ciudad de San José, Cartago, Alajuela o Heredia. La ruta más común es al aeropuerto internacional Juan Santamaría en la provincia de Alajuela, que según la herramienta de Google Maps, 2024, se encuentra a una distancia de 84km del CATIE ubicado en la ciudad de Turrialba, Cartago.

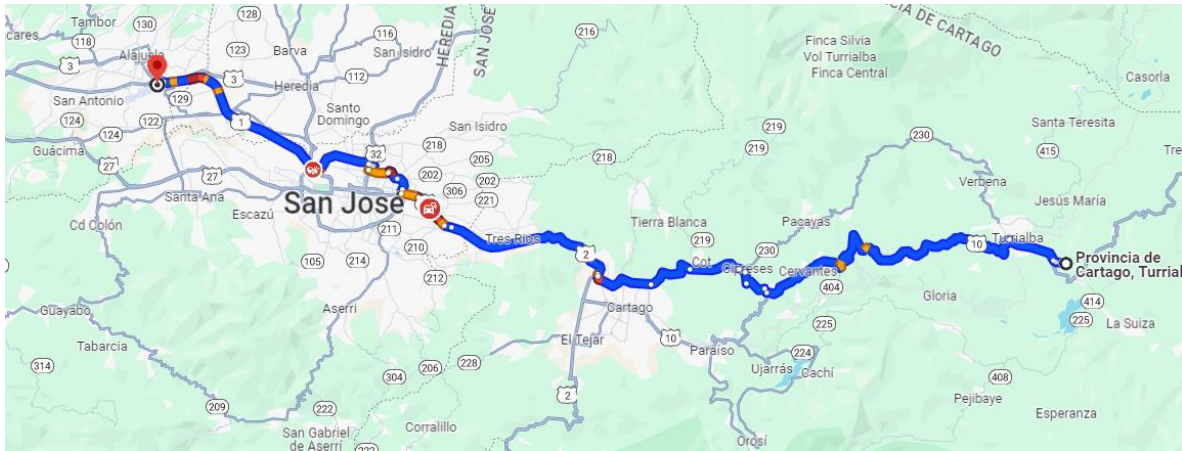


Figura 2: Ruta más común de los sedanes Yaris. (Google Maps, 2024)

Su uso se justifica principalmente por su motor económico y más pequeño, representando un consumo menor de combustible, de aproximadamente 5.7 L/100 km, con una potencia de 77 kW y 140 Nm de torque (Asato, 2022). Por otro lado, se utiliza para llevar comúnmente un máximo de 4 personas, aunque suele usarse para menos inclusive. Estos vehículos están en el final de la vida útil para el CATIE, ya que se están preparando para el proceso de venta y sustitución,



Figura 3: Toyota Yaris tipo sedan modelo 2019 del CATIE. (Elaboración propia)

Segundo se tiene la categoría de vehículos “S.U.V”, que son las siglas en inglés de Vehículo Utilitario Deportivo. En esta se tienen dos tipos de vehículos, Toyota Fortuner (tres



Por otro lado, se tiene las Toyota Fortuner, las cuales suelen ser usadas para giras por parte de los investigadores y distintos proyectos que se ejecutan en el CATIE. Estos cumplen una ruta máxima igual que la Prado anterior, solo que es más probable que deba usarse el 4x4, ya que sí se llega a usar en caminos de difícil acceso de barro o tierra. De este modelo actualmente hay del año 2019 con un motor de 2,800 c.c. y del 2014 con un motor de 2,982 c.c. Para el presente estudio, se tomará en cuenta el más antiguo, puesto que ya está en proceso de ser vendido y sustituido; su consumo ronda los 8.6L/100km, y genera una potencia de 130 kW y un torque de 450 Nm (Maric P, 2021). Actualmente su kilometraje ronda los 286 464.0 km



Figura 6: Toyota Fortuner modelo 2014 del CATIE. (Elaboración propia)

Posteriormente, se tienen la categoría de “Pick up”, donde se encuentran las Toyota Hilux, modelo 2015. Poseen un motor 2 500 c.c., consumen Diesel, son 4x4, son de carrocería tipo Pick up, doble cabina, con una capacidad de 5 pasajeros. Su uso principal es dentro de la zona de Turrialba, específicamente dentro de la finca del CATIE, donde se requiere su tracción 4x4. Esto es importante ya que no se necesitaría un gran rango a la hora de seleccionar un sustituto eléctrico. Según Fidalgo (2016), este vehículo tiene un consumo medio de 7.3 L/100 km. Además de una capacidad de carga que ronda los 800kg. Su kilometraje ronda los 145 000.0 km.



Figura 7: Toyota Hilux modelo 2015 del CATIE. (Elaboración propia)

Finalmente, se tiene la categoría de busetas. El CATIE en este momento está en proceso de sustitución de una de sus unidades, la cual es una Toyota Coaster 2015, con una capacidad de 29 pasajeros y un conductor, con un motor de 4 164 c.c, Diesel. Esta buseta tiene un consumo de 12l/100 km. Su kilometraje ronda los 165,157.0 km, que cumple la ruta de transporte de personal dentro de la ciudad de Turrialba, la cual actualmente realiza 2 trayectos al día entre el centro de Turrialba y el CATIE. Este trayecto tiene una longitud de solo 8,4 km aproximadamente ida y vuelta.



Figura 8: Ruta que cumple la buseta del CATIE para el transporte de empleados. (Google Maps, 2024)

El CATIE actualmente posee dos unidades Coaster, una que se utiliza en giras largas, y la que se usa dentro del área de Turrialba. El análisis se enfocará en la segunda, puesto que está actualmente en proceso de venta y búsqueda de sustitución y es la que más le interesa sustituir de primero al departamento de transporte.



Figura 9: Toyota Coaster 2015 del CATIE. (Elaboración propia)

A continuación, se presenta una tabla resumen con los datos más relevantes referentes a la flotilla actual:

Tabla 5: Flotilla actual del CATIE.

Tipo de vehículo	Modelo	Año	Matrícula	Motor (cc)	Combustible	Tracción	Número de pasajeros	Tipo de Ruta	Kilometraje (Km)	Valor de adquisición
Buseta	Coaster	2015	SIN MATRÍCULA	4164	Diesel	4x2	30	Transporte de personal dentro de Turrialba	163020	\$ 35,145.00
Sedan	Yaris	2019	SIN MATRÍCULA	1500	Gasolina	4x2	5	Giras urbanas	56517	\$ 14,558.00
Pick up	Hilux	2015	MI 33 897	2500	Diesel	4x4	5	Uso interno del CATIE	143501	\$ 25,560.00
SUV	Fortuner	2014	SIN MATRÍCULA	2982	Diesel	4x4	7	Giras, usualmente no se usan para caminos de tierra pero puede suceder	286464	\$ 36,393.00
	Prado	2015	MI 33 896	3000	Diesel	4x4	7	Giras, usualmente no se usan para caminos de tierra pero puede suceder	162244	\$ 45,241.00

Nota: Elaboración propia con datos dados por el CATIE

### Datos técnicos modelos eléctricos

A continuación, se presentarán 4 modelos de vehículos que han sido seleccionados como los que sustituirán a los vehículos expuestos anteriormente. Algo que se destaca es que el encargado del departamento de transportes ha dicho que prefiere eliminar la categoría de sedanes (los Toyota Yaris), y sustituirlos por más SUV de 7 pasajeros, con tracción delantera, esto pues al ser eléctricos el consumo de combustible no es relevante para la operación de



los vehículos. Los Yaris eran muy útiles para llevar pocas personas, pues al ser más pequeños consumen menos gasolina; al ser eléctricos, el gasto es mucho menor y esto no es limitante.

Es así como en primer lugar se mostrará la opción que sustituirá a los sedanes y a las S.U.V Fortuner, que es el modelo Aion V Plus 2024, según su ficha técnica, la cual se encuentran en los anexos, su potencia es de 180 kW, con un rango de 500 km en su versión más económica, además de una capacidad de 7 pasajeros. Con un costo de adquisición de \$37 000.0. Este modelo es el que se ha escogido para sustituir las Fortuners. Además, también a petición del encargado de transportes del CATIE, se solicitó que se tome este mismo modelo como el sustituto de los Yaris, a pesar de ser un poco más grande y con un precio de adquisición más alto, pues la idea es descartar el uso de vehículos tipo sedán. Algo que cabe destacar es que, aunque hay varios modelos que cumplen con las características de los Yaris, y otros que cumplen la de las Fortuner, este modelo Aion destacó por tener un precio competitivo y además cumplir con lo que ofrecen tanto el Yaris como el Fortuner. Es decir, es un vehículo de 7 pasajeros, con una altura al suelo relativamente alta, pero que no es tan grande como la Fortuner.

Tipo de vehículo	Modelo	Autonomía (km)	Capacidad de Batería (kWh)	Tracción	Número de pasajeros	Valor de adquisición
Buseta	Yutong D8E	250	175	4x2	30	\$ 250,000.00
Pick Up	Rivian R1T	432	105	4x4	5	\$ 75,000.00
SUV	BYD Tang EV	585	109	4x4	7	\$ 88,879.00
	Aion V Plus	500	69.9	4x2	7	\$ 39,000.00



Figura 10: Aion V Plus 2024. (Ficha Técnica Aion V plus 2024, 2024)

Para la sustitución de la Toyota Prado, que tiene un uso más para transporte de autoridades y eventos más formales, se ha decidido escoger como reemplazo la BYD Tang EV 2024. Este modelo según su ficha técnica, la cual se encuentra en los anexos, es tracción en las cuatro ruedas, tiene una capacidad para 7 pasajeros, con una potencia de 310 kW, y un torque de 700 Nm. Su autonomía ronda los 585 km. Su costo de adquisición es de \$88 879.0. Este es el único modelo en el mercado nacional que cumple con el requisito de ser 4x4 y tener capacidad de 7 pasajeros.



Figura 11: BYD Tang EV 2024. (Ficha técnica BYD Tang EV 2024, 2024)

Para las pick up no existe un modelo en el mercado nacional que satisfaga las necesidades del CATIE, ya que no existe un modelo de este tipo que sea 4x4 dentro del país. Es así como investigando opciones que se vendan fuera del Costa Rica, se encontró que la mejor opción es la Rivian T1, con costo de adquisición en Estados Unidos de \$69 900.0, a este valor hay que sumarle su costo de importación. Esta pick up eléctrica posee una potencia de 496 kW y un torque de 1 124 Nm. Tiene espacio para 5 pasajeros y una capacidad de carga en su cajón de 800 kg y una autonomía de 545 km. (*2024 Rivian R1T Review, Pricing, And Specs*, 2024). Sin embargo, esta no es una iniciativa técnicamente viable, pues al indagar sobre las opciones de mantenimiento y soporte de la marca en Costa Rica, los talleres de vehículos eléctricos informaron que en el país los vehículos Rivian no tienen garantía de ningún tipo, no hay talleres certificados ni con las herramientas necesarias para hacer el soporte técnico necesario. Lo que quiere decir que para “Pick up”, se debe seguir usando vehículos de combustión interna.



Figura 12: Rivian R1T 2024. Fuente: (2024 Rivian R1T Review, Pricing, And Specs, 2024)

Finalmente, se tienen las busetas, en este caso tampoco hay oferta de autobuses eléctricos pequeños de 30 pasajeros en el mercado nacional, es por esto por lo que se tuvo que investigar en el exterior, consiguiendo que la empresa china Yutong tiene un modelo eléctrico con las características exactas que se necesitan, con una potencia de 120 kW, y un torque de 1 200 N.m. Capacidad de 29 pasajeros y un conductor. Su autonomía es de 250 km, este dato ha sido suministrado por la marca, y se calculó según simulaciones hechas por la marca. Este rango lo consigue con una batería de 175.03 kWh



Figura 13: Yutong D8E ZK6772BEV. ((D8E-Yutong, 2023)

En la Tabla 6, se presenta una tabla resumen de los vehículos expuestos anteriormente:

Tabla 6: Vehículos eléctricos seleccionados

Tipo de vehículo	Modelo	Autonomía (km)	Capacidad de Batería (kWh)	Tracción	Número de pasajeros	Valor de adquisición
Buseta	Yutong D8E	250	175	4x2	30	\$ 250,000.00
Pick Up	Rivian R1T	432	105	4x4	5	\$ 75,000.00
SUV	BYD Tang EV	585	109	4x4	7	\$ 88,879.00
	Aion V Plus	500	69.9	4x2	7	\$ 39,000.00

Nota: Elaboración propia con datos suministrada por los fabricantes

## Objetivo 2

**Determinar la infraestructura eléctrica necesaria para la carga de los distintos vehículos eléctricos de la flotilla del CATIE mediante el diseño de la acometida eléctrica necesaria.**

Para la infraestructura eléctrica es necesario tomar en cuenta las necesidades del CATIE, no solo en el presente, sino que también a futuro, ya que a futuro se planea que, si es viable, se sustituya toda la flotilla de vehículos del departamento de transporte. Por esto se realizó una entrevista al encargado de transportes quien considera que para poder reemplazar la flotilla actual se usará un total de 9 vehículos, distribuidos en dos busetas Yutong, tres Aion V Plus y dos BYD Tang EV. Tomando en cuenta esto, se diseñó la acometida eléctrica necesaria para satisfacer las necesidades eléctricas de esa futura posible flota.

Las busetas utilizan un cargador propio de la marca Yutong, trifásicos. Estos cargadores se pueden escoger con distintas potencias eléctricas que van desde los 120kW, hasta los 320 kW. El asesor de la marca recomendó que para dos busetas se compre un cargador de 160 kW, ya que viene con dos mangueras, y es la potencia suficiente para una carga de la buseta durante la noche, es decir carga media. Esto es ideal ya que por el tipo de uso que se le suele dar a la buseta (transporte interno de personal dentro de Turrialba) es mucho más que suficiente, y se logra un equilibrio costo rendimiento.

Por otro lado, los demás vehículos vienen con su propio cargador tipo “wallbox”, que son unidades de poco tamaño, son conectados a salidas comunes de 220 V. Estos pueden venir hasta en potencias de 11 kW (Estación Tipo Wallbox | ELCO, s.f.).



Figura 14: Cargador tipo Wallbox marca ELCO. (Estación Tipo Wallbox | ELCO, 2023).

Como la compra de los cargadores no genera un gasto alto, pues vienen con los vehículos, y si se desean adquirir por aparte tienen un costo de \$700.00 aproximadamente, se decide instalar las 7 salidas de 220V necesarias para estos tipos de cargadores. En el caso del cargador trifásico, solo se instalará uno, pues tiene dos salidas. Además, al ser cargadores de gran tamaño tienen un costo mayor, tanto de adquisición como de instalación.



Figura 15: Cargador Trifásico Yutong SZ-160 (Imagen de referencia) (Tecnología Co., Ltd. de Zhengzhou Wangyu., 2023).

La siguiente tabla muestra un resumen de las características eléctricas de los dos tipos de cargadores que se usarán de referencia para el diseño de la acometida, tomando en cuenta que sean los más grande tipo “wallbox” (marca ELCO) que hay en el mercado actualmente y que son los que traen varios de los vehículos eléctricos, esto para que de ninguna forma quede subdimensionado el sistema a futuro. En cuanto al trifásico se presenta el modelo SZ-160.

Tabla 7: Información eléctrica cargadores para el diseño de acometida.

Cargador	Tipo de cargador	Voltaje de entrada (V)	Potencia máxima de salida (kW)	Amperaje (A)
Wallbox ELCO	Monofásico	220	11	46
SZ-160	Trifásico	380	160	267

Nota: Elaboración propia con datos de los fabricantes de cargadores

Con la información anterior se diseñó la acometida eléctrica necesaria. Para esto primeramente se hizo un plano sencillo para ver la disposición que tendrían los cargadores a la hora de ser instalados. Esto se observa en la Figura 16: Posiciones de los cargadores eléctricos y el tablero principal en los puestos de estacionamiento del departamento de transporte del CATIE. (Elaboración propia en AutoCAD).

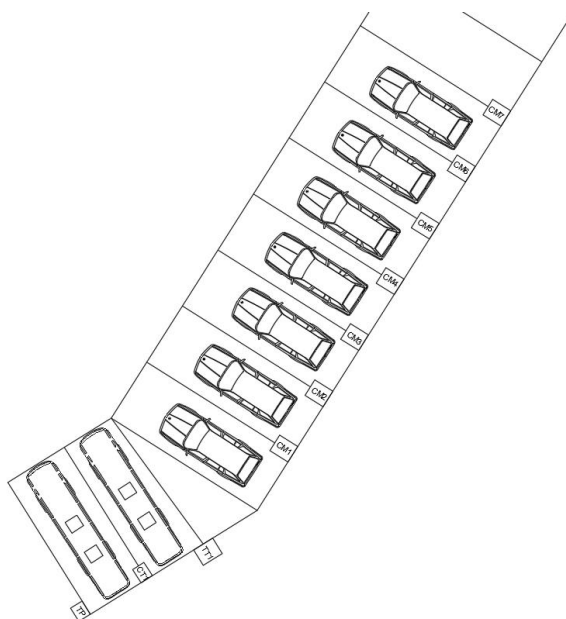


Figura 16: Posiciones de los cargadores eléctricos y el tablero principal en los puestos de estacionamiento del departamento de transporte del CATIE. (Elaboración propia en AutoCAD)

Donde:

TT1: Transformador trifásico.

TP: Tablero principal

CT1: Cargador trifásico para las busetas

CMX: Cargador monofásico.

Nota: El tablero de cada cargador está en la misma posición donde se posicionó el cargador.

Con esto se tomaron las medidas de la distancia que tendrán los cargadores al tablero principal, y del tablero principal al transformador que se ubicará a las afueras del parqueo de la flotilla del CATIE. En la Figura 17, se aprecia una imagen satelital de la ubicación de los transformadores y del espacio de estacionamiento del departamento de transporte. El cuadro rojo es donde se estima que se instalará el transformador principal. El círculo rojo es donde se ubica un cuarto de transformadores de otras instalaciones del CATIE y donde llega la red trifásica del ICE. El transformador principal no se instala ahí ya que queda a más de 200m del tablero principal, por lo que para que la caída de voltaje no sea tan alta se deberán instalar cables muy gruesos y con muchos conductores por fase, es así que se prefiere instalar el transformador más cerca del tablero principal, de manera que el conductor del secundario sea corto, y el del principal llegue hasta el poste del ICE, ya que la corriente es mucho menor debido a que el voltaje es de 34.5kV, por lo que la caída de voltaje será mucho menor.



Figura 17: Imagen satelital donde se muestra la zona de transportes del CATIE y el cuarto de transformadores en el círculo rojo (Google maps, 2024)

Con esto contemplado se hicieron los cálculos que se encuentran en el apéndice 1. En la Figura 18 se muestra el diagrama unifilar para la instalación eléctrica.

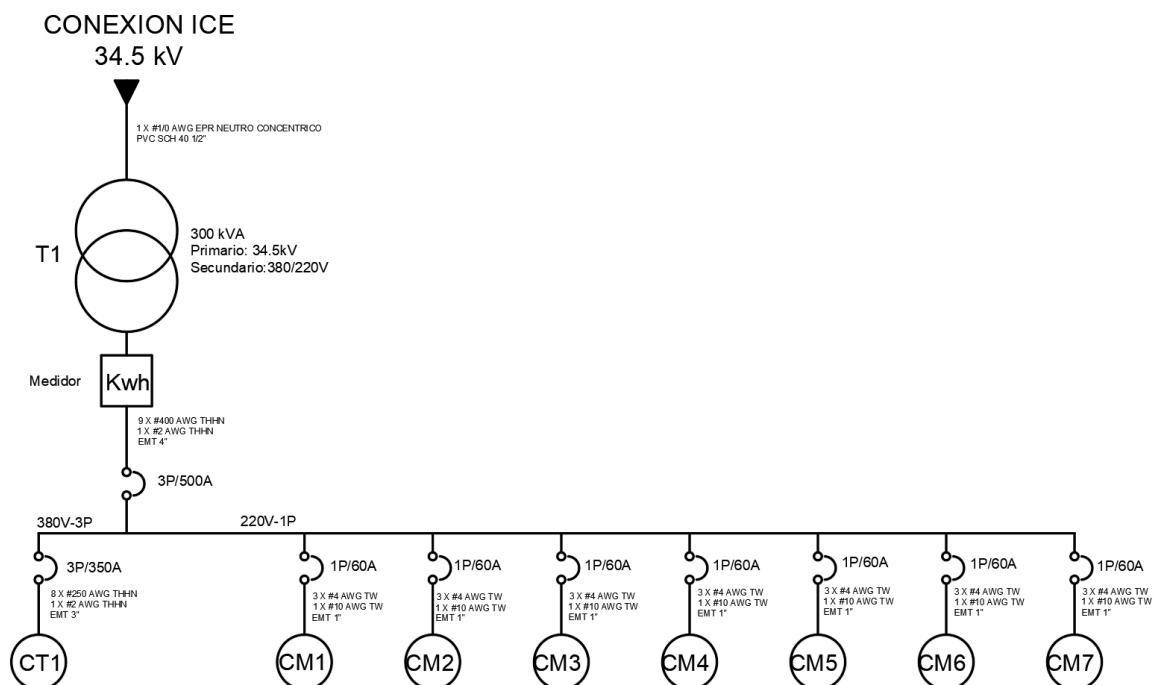


Figura 18: Diagrama unifilar instalación eléctrica necesaria para los cargadores de los vehículos eléctricos. (Elaboración propia en AutoCAD).

### Objetivo 3

**Comparar el costo de las distintas etapas del ciclo de vida útil de los vehículos a combustión interna actuales, en comparación con los vehículos eléctricos, tomando en cuenta los costos de adquisición, mantenimiento, operación y descarte.**

Para poder realizar el análisis del costo del ciclo de vida de la flotta actual del CATIE y sus sustitutos eléctricos, primeramente, se ajustó el costo de cada vehículo que se usa en el departamento de transportes del CATIE a inflación para saber cuánto sería el costo actual (los datos de adquisición fueron encontrados en la base de datos de la organización). En la Tabla 8, se muestran la información anteriormente mencionada.



Tabla 8: Costo de adquisición de la flotilla actual

Costo de adquisición vehículos					
Modelo	Costo de adquisición	Años desde su compra	Valor de adquisición ajustado con inflación de cada año	Valor de adquisición ajustado con inflación promedio	
Coaster	\$ 35,145.00	8	\$ 43,108.86	\$ 42,223.98	
Yaris	\$ 14,558.00	5	\$ 17,182.81	\$ 17,182.81	
Hilux	\$ 25,560.00	8	\$ 31,351.90	\$ 30,708.35	
Fortuner	\$ 36,393.00	8	\$ 44,639.65	\$ 43,723.36	
Prado	\$ 45,241.00	8	\$ 55,492.61	\$ 54,353.54	

Nota: Elaboración propia con datos del CATIE

La inflación fue tomada de datos de la página web tradingeconomics.com, que usan como fuente el Instituto Nacional de Estadística y censos de Costa Rica, de donde se obtuvo un promedio de cada año y se sumó según la cantidad de años de uso de cada vehículo. En la Figura 19, se muestra la gráfica de dicha información. (TRADING ECONOMICS, 2024)

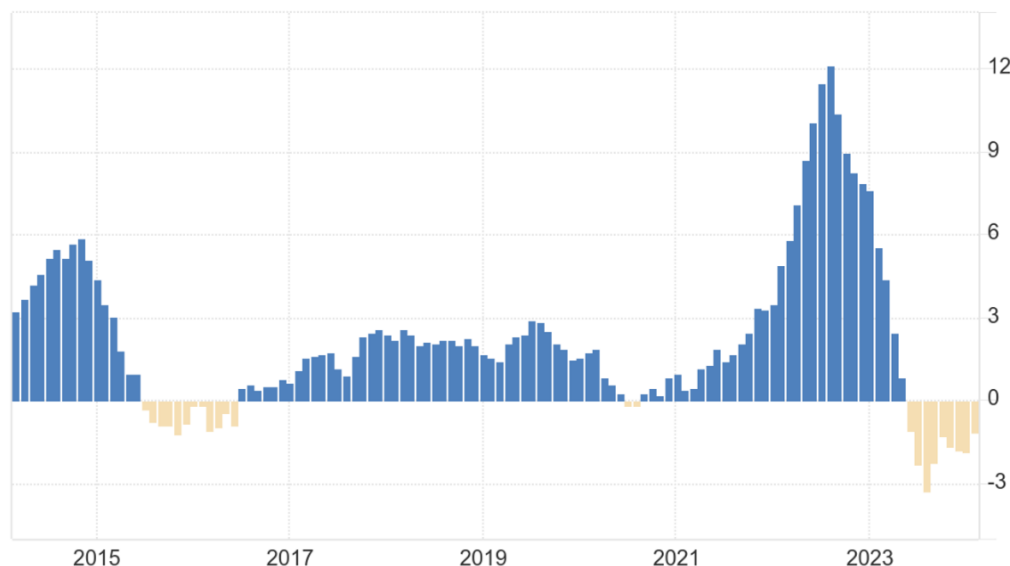


Figura 19: Inflación en Costa Rica desde el 2015. (Trading Economics, 2024)

Con esto hecho se pudo realizar la Tabla 9, donde se estimó el gasto anual que tiene el CATIE en mantenimiento de los vehículos de combustión interna. Se tiene un presupuesto de \$20,000.00 para todos los vehículos del CATIE, sin embargo es importante saber cuánto se invierte en mantenimiento correctivo y cuanto en preventivo, para esto se tomó el porcentaje que cada categoría de vehículo tiene del costo total de adquisición de todos los vehículos, ya que para poder estimar qué porcentaje del presupuesto de mantenimiento se asigna a cada vehículo se tuvo que recurrir a esta estimación, puesto que el CATIE no posee las facturas completas de mantenimiento del vehículo. El mantenimiento preventivo se obtuvo de planes de mantenimiento que ofrece la agencia Purdy, que es la comercializadora

de Toyota en Costa Rica. Es así como, sumando el mantenimiento preventivo con el correctivo, se obtiene el costo anual total de mantenimiento de cada vehículo.

Tabla 9: Costo de mantenimiento de la flotilla actual del CATIE

Modelo	Unidades	Costos de adquisición ajustado a inflación	Porcentaje correspondiente al costo de adquisición de toda la flotilla por modelo	Mantenimiento preventivo anual	Presupuesto mantenimiento	Mantenimiento correctivo por modelo	Mantenimiento correctivo por unidad	Total matenimiento anual por unidad
Yaris	3	\$ 43,674.00	11%	\$ 287.50	\$ 20,000.00	\$ 1,889.54	\$ 629.85	\$ 917.35
Coaster	3	\$ 105,435.00	26%	\$ 530.00		\$ 4,725.66	\$ 1,575.22	\$ 2,105.22
Hilux	2	\$ 62,703.79	16%	\$ 412.50		\$ 2,713.12	\$ 1,356.56	\$ 1,769.06
Fortuner	3	\$ 133,918.96	33%	\$ 412.50		\$ 6,263.01	\$ 2,087.67	\$ 2,500.17
Prado	1	\$ 55,492.61	14%	\$ 412.50		\$ 2,353.66	\$ 2,353.66	\$ 2,766.16
Total		\$ 401,224.36	100%	\$ 2,055.00		\$ 17,945.00		

Nota: Elaboración propia con datos suministrados por el CATIE y Purdy.

Para los vehículos eléctricos se estudiaron varias opciones de proveedores de servicios de mantenimiento más allá de los ofrecidos por las agencias correspondientes a cada marca, entre las que destacaron Electroautos y ECAC. Los cuales ofrecen varios planes y costos de mantenimiento. En la Tabla 10, se pueden encontrar los planes que ofrecen estas dos empresas:

Tabla 10: Servicios de mantenimiento para vehículos eléctricos.

Modelo	Electroautos	ECAC
Tang EV	\$250 cada 6 meses	\$220 a partir de los 10,000.00 km se hace cada 20,000.00 km. \$440 a partir de los 20,000.00km, se hace cada 20,000.00 km
AION V PLUS	130\$ cada 6 meses	
D8E	250\$ en electroautos	

Nota: Elaboración propia con datos dados por los talleres de servicio de vehículos eléctricos

Entre estas opciones se prefirió lo que es ofrecido por ECAC, ya que ofrecen un servicio que, aunque es un poco más caro que el ofrecido por Electroautos, ofrece mantenimientos ligeros y otros más pesados según el kilometraje del vehículo, lo que asegura que todos los sistemas del vehículo estarán bien mantenidos, incluyendo revisión de los

refrigerantes de las baterías y mantenimiento a elementos que no son solamente suspensión y frenos. Es importante destacar que se le añadió un costo de neumáticos cada 50.000 km, de fibras de freno delanteras cada 60.000 km y traseras cada 120.000 km. (Alonso, 2024) El costo de las fibras de cada vehículo y sus neumáticos se cotizaron en las agencias correspondientes a cada vehículo.

Por otro lado, un aspecto importante es el kilometraje anual, dato que se usa para determinar cada cuánto hacer mantenimiento a los vehículos eléctricos, también para estimar el consumo de combustible y de electricidad de los vehículos. En la Tabla 11, se muestra el kilometraje que al momento de la elaboración de este documento tiene cada vehículo, y el kilometraje aproximado que cada vehículo realiza por año, estos se usarán como los que deberán recorrer las alternativas eléctricas, correspondientes a cada vehículo de combustión eléctrico.

Tabla 11: Kilometrajes de los vehículos del CATIE.

	Coaster	Fortuner	Prado	Yaris
Kilometraje (km)	163020	286464	162244	56517
Años de uso	9	9	9	5
Kilometraje anual (km)	18113.3	31829.3	18027.1	11303.4

Nota: Elaboración propia

Posteriormente se calculó el costo del consumo de combustible de los vehículos actuales, para esto se tomó la información de datos de consumo de cada vehículo a combustión que se mostró en los resultados del objetivo 1. Además, con los datos del costo de combustible (Diesel y gasolina Super) que suministra RECOPE, tomando en cuenta que el CATIE tiene exoneración de impuestos en los combustibles. En la Tabla 12, se encuentran los datos del costo de cada año del Diesel y la gasolina super exonerados de impuestos.

Tabla 12: Costo promedio del combustible exonerado de impuestos por año

	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Costo promedio del Diesel	₡ 282.92	₡ 222.40	₡ 287.11	₡ 361.11	₡ 337.96	₡ 235.55	₡ 356.53	₡ 623.30	₡ 440.27
Costo promedio de la gasolina	₡ 300.99	₡ 251.38	₡ 299.42	₡ 353.37	₡ 322.22	₡ 247.05	₡ 370.11	₡ 571.94	₡ 405.06

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 13, se muestran los datos de una estimación de lo que se pagó por combustible por cada modelo en cada año.

Tabla 13: Costo anual del combustible por modelo.

Vehículo	L/km	Kilometraje Anual (km)	Costo combustible por año								
			2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Prado	0.074	18027	₺ 377,413.96	₺ 296,679.17	₺ 383,008.88	₺ 481,724.01	₺ 450,846.67	₺ 314,230.78	₺ 475,617.69	₺ 831,489.04	₺ 587,320.57
Fortuner	0.086	31829	₺ 774,437.00	₺ 608,772.74	₺ 785,917.54	₺ 988,476.69	₺ 925,117.73	₺ 644,787.88	₺ 975,946.77	₺ 1,706,179.30	₺ 1,205,156.22
Coaster	0.12	18113	₺ 614,949.89	₺ 483,402.43	₺ 624,066.13	₺ 784,910.37	₺ 734,599.52	₺ 512,000.63	₺ 774,960.85	₺ 1,354,809.71	₺ 956,967.04
Yaris	0.057	11303	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺ 207,606.85	₺ 159,174.14	₺ 238,459.94	₺ 368,499.19	₺ 260,978.40

Nota: Elaboración propia

Otro aspecto importante es el costo de la acometida eléctrica necesaria para poder cargar los vehículos en la zona de estacionamiento del departamento de transportes del CATIE, es así como con ayuda de los resultado del capítulo 2, se creó un presupuesto, que se puede observar en la Tabla 14.

Tabla 14: Presupuesto acometida eléctrica

Presupuesto			
Elemento	Longitud (m)	Precio por metro	Total
Cable #2	7.26	₺ 3,900.00	₺ 28,314.00
Cable #4	372.9	₺ 2,295.00	₺ 855,805.50
Cable #10	124.3	₺ 569.00	₺ 70,726.70
Cable 1/0	750	₺ 8,750.00	₺ 6,562,500.00
Cable #400	59.4	₺ 15,820.00	₺ 939,708.00
Cable #250	52.8	₺ 6,170.00	₺ 325,776.00
Ducto EMT 4"	5	₺ 50,433.71	₺ 252,168.55
Ducto EMT 3"	6.6	₺ 38,828.61	₺ 256,268.83
Ducto EMT 1"	113	₺ 8,795.00	₺ 993,835.00
Ducto PVC SCH 40 1/2"	250	₺ 1,228.57	₺ 307,142.50
Equipo	Unidades	Precio por unidad	Total
Transformador 300 KVA	1	₺ 11,125,950.80	₺ 11,125,950.80
Disyuntor 3P/350A	1	₺ 165,946.18	₺ 165,946.18
Disyuntor 3P/500A	1	₺ 254,069.98	₺ 254,069.98
Disyuntor 1P/60A	7	₺ 16,814.00	₺ 117,698.00
Caja breaker 24 espacios	1	₺ 104,759.29	₺ 104,759.29
Mano de obra instalación eléctrica			₺ 128,825.76
Total			₺ 22,489,495.08

Nota: Elaboración propia

Para poder distribuir el costo de esta acometida se hizo de igual forma con un porcentaje del costo del vehículo comparado con el costo total de la flotilla que necesita el CATIE al hacer la transición. En la Tabla 15, se ve esta información. Los datos del precio de compra fueron suministrados por las agencias correspondientes.

Tabla 15: Porcentajes del costo total de adquisición de los vehículos eléctricos

Modelo	Costo de adquisición	Unidades	Inversión total	Porcentaje de la inversión por modelo	Porcentaje de la inversión por unidad
Tang EV	\$ 88,879.00	2	\$ 794,758.00	22.37%	11.18%
Aion V Plus	\$ 39,000.00	3		14.72%	4.91%
Yutong D8E	\$ 250,000.00	2		62.91%	31.46%

Nota: Elaboración propia

Posteriormente se estimó cuánto costará el recargar cada vehículo al año, para esto se toma en cuenta el tamaño de la batería, la autonomía, el kilometraje anual, cuántas recargas se deben hacer al año, el costo del kWh. Para la autonomía se añadió un factor de ajuste ya que se usan diferentes tipos de pruebas de rango como la CLTC, NEDC o para la buseta una simulación SORT 2. Estas pruebas suelen ser optimistas en comparación con la prueba EPA, que es la que es conocida por ser la más cercana a la realidad, en general se usa un factor de aproximadamente 35% para igualar a la EPA. (Yoney, 2022).

La simulación SORT, se usa para autobuses, desde los más pequeños hasta los de dos pisos, sin embargo, al ser usado en un contexto más específico y menos masivo, no hay un factor de ajuste, por lo que se usará la autonomía estimada con dicha simulación reportada por el fabricante. (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, 2021)

En la Tabla 16, se encuentran la estimación del costo de la recarga de cada vehículo por año.

Tabla 16: Costo de recarga de los vehículos eléctricos

Modelo	Ciclo de prueba de rango	Autonomía (km)	Factor de ajuste rango	Tamaño de la batería (kWh)	Kilometraje Anual (km)	Recargas necesarias al año	Costo del kWh	Costo eléctrico Anual
Tang EV	CLTC	585	35%	109	18027	47.40857623	¢ 127.11	¢ 656,845.35
Aion V plus	NEDC	500	35%	69.9	31829.33333	97.93641026	¢ 127.11	¢ 870,163.93
Buseta Yutong	Simulación SORT 2	250	-	175	18113.33333	72.45333333	¢ 127.11	¢ 1,611,670.06
Aion V plus (Yaris)	NEDC	500	35%	69.9	11303.4	34.77969231	¢ 127.11	¢ 309,017.18

Nota: Elaboración propia

De la Tabla 20, se destaca que el Aion V plus está dos veces, debido a que este vehículo reemplazará tanto a las Fortuner como a los Yaris, es así como el estudio se hará, una vez con el kilometraje de la Fortuner y otra vez con el del Yaris. Por otro lado, la tarifa que se usa es tarifa comercial T-CO, que cobra ¢127.11 por kWh. (Instituto Costarricense de Electricidad, 2023)

Con los datos anteriores se realizó el ACCV. para cada vehículo, para la realización de estos se calcularon aumentos en el mantenimiento debido a la inflación. Debido a la

resolución DGH-032-2022, que le da carnet diplomático al CATIE como institución. (Sistema Costarricense de Información Jurídica, 2022) el CATIE cuenta con exoneración del marchamo al igual que cualquier otro impuesto en la adquisición de vehículos, recarga de combustible, o cualquier bien y servicio.. Por otro lado, la tasa de descuento usada es la establecida por el MIDEPLAN que para la fecha de realización de este documento es de 8.33%. En la Tabla 17, se puede observar una tabla resumen con todos los VAN de los vehículos, posicionados de forma que las alternativas eléctricas están al lado de los vehículos actuales del CATIE. Las tablas completas de los ACCV pueden encontrarse en los apéndices.

Tabla 17: Resumen y comparación de los resultado de los ACCV.

Modelos en comparación	VAN vehículo de combustión	VAN vehículo eléctrico
Coaster-Yutong D8E	-¢ 29,288,747	-¢ 159,430,662
Fortuner-Aion V Plus	-¢ 32,529,533	-¢ 33,166,087
Yaris-Aion V Plus	-¢ 12,101,321	-¢ 26,112,792
Prado-BYD Tang EV	-¢ 35,657,062	-¢ 45,699,592

Nota: Elaboración propia

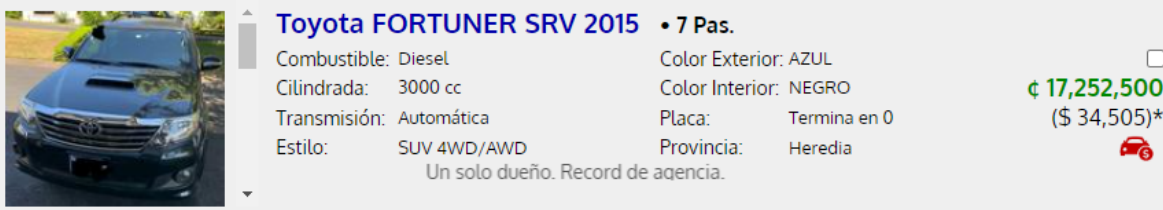
De la tabla anterior se puede apreciar que la alternativa eléctrica no es viable desde el punto de vista financiero para ningún caso, es decir que el VAN siempre es menor para la flotilla actual que para los eléctricos en el mismo periodo de tiempo analizado, que es de 8 años. En general es el tiempo aproximado de garantía que las agencias dan a las baterías de los vehículos eléctricos. Esto se da por varias razones, primeramente, la exoneración de impuestos a la hora de adquirir los vehículos les quita competitividad a los vehículos eléctricos, ya que estos en Costa Rica ya son vendidos con exoneración de impuestos al público en general, por lo que para el CATIE no le generará un ahorro extra como sucede con los vehículos de combustión interna, los cuales tienen un precio bastante menor para la institución que el que es para público en general.

Por otro lado, el combustible también tiene exoneración de impuestos, por lo que el abastecer los vehículos de combustión es sumamente barato para el CATIE. Además, existe un gran problema logístico que es la necesidad de una instalación eléctrica costosa para la recarga de los vehículos. Como el costo de la instalación está distribuido entre los costos de adquisición de los vehículos eléctricos, encarecen la compra y disminuyen el valor de rescate, ya que en este rubro donde se recupera parte de la inversión no se incluye la acometida


eléctrica. Sin embargo, cabe destacar que en ciertos rubros se ahorra dinero en las alternativas eléctricas, como en el mantenimiento, que tiende a ser más caro en los vehículos de combustión interna, sin embargo, este ahorro no es suficiente para hacer que el vehículo eléctrico sea más rentable a lo largo de su ciclo de vida.

Otro aspecto importante del por qué también hay opciones que no son viables comparado con su contraparte de combustión es el caso del Yaris y el Aion, ya que, al conversar con el encargado del departamento de transportes, expresó su interés por eliminar los sedanes y en vez de adquirir otros vehículos de pequeño tamaño, usar Aion tanto para sustituir las Fortuner como para los Yaris. Los Aion a pesar de que su costo de adquisición no es tan alto en contraste con la Tang o inclusive la Fortuner, es un vehículo más grande, que requerirá una batería con mayor capacidad y tamaño, además de ser más potente, por lo que el costo de recargar será mayor que si se usara un vehículo eléctrico más pequeño.

Un aspecto notorio es que los valores de rescate de los vehículos pueden diferir de la verdad en el momento de la venta, ya que, para este análisis, debido a que los modelos eléctricos son una estimación a futuro, no se puede saber cuál será la estimación de los vehículos con 8 años de antigüedad. Por otro lado, en el lado de los vehículos de combustión interna es importante ver cómo al hacer un estudio de mercado, vehículos similares se venden a precios más altos. Por ejemplo, en plataformas de compra y venta de vehículos en Costa Rica como la página crautos.com se venden Toyotas Fortuner 2015, en \$34,505.00. Mientras que, para el estudio financiero, se estima el valor de rescate a una cifra de \$8,927.93.



**Toyota FORTUNER SRV 2015 • 7 Pas.**

Combustible: Diesel	Color Exterior: AZUL	<input type="checkbox"/>
Cilindrada: 3000 cc	Color Interior: NEGRO	<b>₡ 17,252,500</b>
Transmisión: Automática	Placa: Termina en 0	(\$ 34,505)*
Estilo: SUV 4WD/AWD	Provincia: Heredia	

Un solo dueño. Record de agencia.

Figura 20: Venta de Toyota Fortuner 2015 en la página crautos.com. (<https://crautos.com/autosusados/cardetail.cfm?c=70483165&Toyota.FORTUNER%20SRV.2015>)

Se aprecia que un factor que encarece a los vehículos eléctricos es la acometida eléctrica, que necesita un transformador trifásico de 300kVA. Sin embargo, si la buseta Yutong no se usara, el costo de la acometida eléctrica disminuiría bastante, y por lo tanto el costo del ciclo de vida de todos los vehículos eléctricos. Por esta razón, se realizó un análisis

de sensibilidad, donde se hace una estimación superficial del ahorro que puede generarse. Se tomarán los datos de la Tabla 14, quitando el rubro del transformador y de los cables que van del lado del cargador de la buseta, además se hizo la estimación de que solo los cargadores monofásicos generarían la necesidad de un transformador de tan solo 77 KVA. Si se toma el costo por kVA del transformador de 300kVA, da como resultado que se paga aproximadamente ₡37 000 por kVA. Así se puede estimar que un transformador de 77kVA podría costar aproximadamente ₡2 849 000. Además, ya que se necesita solo un aproximado de un 25% de la potencia para poder alimentar los cargadores monofásicos, se aplicará este porcentaje para los rubros como el costo de los conductores del secundario. Se evita entonces la necesidad de rehacer el diseño de la acometida para esta estimación. Es así como en la Tabla 18, se muestra un presupuesto aproximado de la acometida con estas condiciones nuevas.

Tabla 18: Presupuesto de acometida para análisis de sensibilidad

Presupuesto			
Elemento	Longitud (m)	Precio por metro	Total
Cable #2	7.26	₡ 975.00	₡ 7,078.50
Cable #4	372.9	₡ 2,295.00	₡ 855,805.50
Cable #10	124.3	₡ 569.00	₡ 70,726.70
Cable 1/0	0	₡ 8,750.00	₡ -
Cable #400	59.4	₡ 3,955.00	₡ 234,927.00
Cable #250	52.8	₡ 6,170.00	₡ 325,776.00
Ducto EMT 4"	5	₡ 12,608.43	₡ 63,042.14
Ducto EMT 3"	0	₡ 38,828.61	₡ -
Ducto EMT 1"	113	₡ 8,795.00	₡ 993,835.00
Ducto PVC SCH 40 1/2"	0	₡ 1,228.57	₡ -
Equipo	Unidades	Precio por unidad	Total
Transformador 75 KVA	1	₡ 2,781,487.70	₡ 2,781,487.70
Disyuntor 2P/350A	1	₡ 165,000.00	₡ 165,000.00
Disyuntor 1P/60A	7	₡ 16,814.00	₡ 117,698.00
Caja breaker 24 espacios	1	₡ 104,759.29	₡ 104,759.29
Mano de obra instalación eléctrica			₡ 32,206.44
Total			₡ 5,752,342.27

Nota: Elaboración propia.

En los rubros donde se aplicó el descuento del 25% fue en el disyuntor de 500 A, el ducto EMT de 4", el cable #400AWG y la mano de obra. El cable 1/0 fue eliminado del presupuesto ya que existe línea monofásica al lado del departamento de transportes, según una consulta que se le hizo al ICE, corre por parte de ellos esa conexión.

Con estos datos, la comparación del VAN de los vehículos eléctricos y de combustión da los resultados de la Tabla 19.



Tabla 19: Comparación del VAN resultado del ACCV con el análisis de sensibilidad referente al descarte del uso de la buseta Yutong.

Modelos en comparación	VAN vehículo de combustión	VAN vehículo eléctrico
Fortuner-Aion V Plus	-₡ 32,529,533	-₡ 32,823,597
Yaris-Aion V Plus	-₡ 12,101,321	-₡ 25,770,301
Prado-BYD Tang EV	-₡ 35,657,062	-₡ 44,919,074

Nota: Elaboración propia.

Como se aprecia en la tabla Tabla 19, con estos cambios sigue sin ser más rentable la opción eléctrica a lo largo de su ciclo de vida, sin embargo, se aprecia que el costo disminuye si se elimina la acometida para un cargador tan grande como el que usan las busetas Yutong. Es notable que, aunque el Aion es más caro que el Fortuner, la diferencia es bastante pequeña, y se debe tomar en cuenta el aspecto ambiental que se verá en el siguiente objetivo.

#### Objetivo 4

**Establecer cuál es el impacto ambiental que se genera con la migración de la flotilla de combustión interna, a eléctrica, mediante el análisis de las emisiones de gases de efecto invernadero de los vehículos actuales y futuros.**

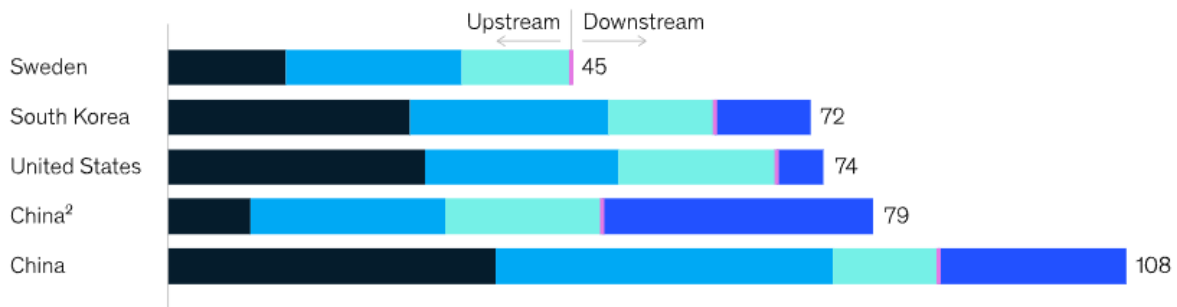
Para la estimación de las emisiones a lo largo del ciclo de vida de los vehículos se deben tomar en cuenta varias etapas, las cuales son: fabricación, operación y descarte. Sin embargo, para el uso que se les dará a los vehículos en el CATIE, se estima que no se llegará al periodo de descarte, sino que se venderán los vehículos al momento en el que las baterías ya no estén en garantía, que es aproximadamente a los 8 años de uso.

#### Fase de producción del vehículo

Los vehículos eléctricos no emiten gases durante su periodo de operación en el sitio de operación, sino que las emisiones en su ciclo de vida son durante la generación de la electricidad (si no es generada con energía hidroeléctrica, o de alguna otra forma sustentable) y también en la producción del vehículo, sobre todo debido a la minería de minerales necesarios para la creación de la batería, además de un proceso de producción que depende de usar altas temperaturas, las cuales son logradas por medio de quema de carbón, combustible que es estimado que es el doble de contaminante que otras alternativas. (Crawford, 2022).

Para el presente estudio, todos los vehículos eléctricos escogidos son de producción china. Linder et al. (2023) indica que se estima que, para vehículos producidos en China, que usan baterías libres de Nickel, se emiten aproximadamente 79 kg de CO<sub>2</sub> por cada kWh

**Emission intensities, kg CO<sub>2</sub>e/kWh<sup>1</sup>**



<sup>1</sup>Bottom-up modeling of cell-level emission intensities in individual "gigafactories." Emission intensities were estimated based on existing supply agreements with providers of raw materials, active materials, and energy. Market average has been taken where no information on the source of raw materials or energy was available.

<sup>2</sup>Based on a nickel-free battery; all other examples are based on nickel-rich batteries.

Source: Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Technologies (GREET); MineSpans by McKinsey; McKinsey Battery Insights

McKinsey & Company

Figura 21: Emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de baterías de vehículos eléctricos en diferentes países. (<https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/the-race-to-decarbonize-electric-vehicle-batteries>)

Las baterías usadas por BYD, Yutong y Aion son del tipo LFP o LiFePo, son baterías hechas de litio-ferrofosfato (García, 2022). Según Lienert (2023), estas baterías son libres de Nickel o Cobalto. Es con esta información que en la Tabla 20, se muestran las emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de baterías por cada vehículo eléctrico.

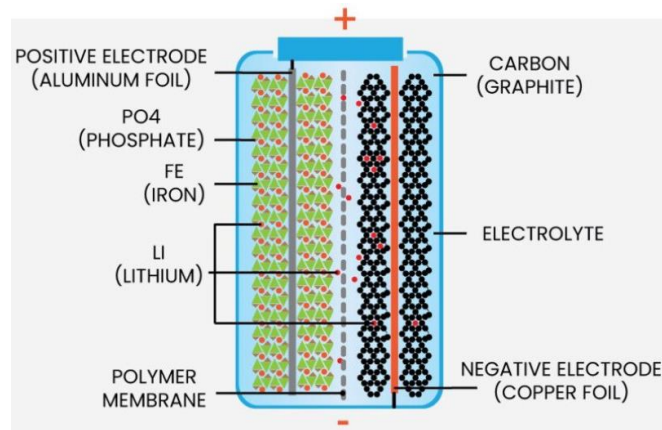


Figura 22: composición de batería LFP. (<https://www.motorpasion.com/revision/que-baterias-lfp-ventajas-inconvenientes-aplicaciones-automocion>)

Tabla 20: Estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> para la producción de las baterías de cada vehículo.

Modelo	Tamaño de batería (kWh)	kg de CO <sub>2</sub> por kWh (kg)	Kg de CO <sub>2</sub> emitidos en la producción de la batería(kg)
Aion V Plus	69.9	79	5522.1
BYD Tang EV	109		8611
Yutong D8E	175		13825

Nota: Elaboración propia con datos de los fabricantes.

Con los datos anteriores y tomando la estimación que indica Qiao et al. (2017) en un estudio de la comparación de las emisiones de CO<sub>2</sub> entre la producción de vehículos eléctricos y de combustión interna en China, se muestra como resultado una tabla que indica que para un vehículo con batería LFP, se emiten en total 14 746.1 kg de CO<sub>2</sub>.

Tabla 21: Emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de vehículos en China

Component		CO <sub>2</sub> emissions per vehicle (kg)		
		ICEV	EV-NCM	EV-LFP
Basic Components	Body: including body-in-white, interior, exterior, and glass	2767.9	4393.5	4393.5
	Chassis (without battery)	1684.7	2665.5	2665.5
	Powertrain system	2092.5	145.6	145.6
Special Components	Transmission system	617.4	455.2	455.2
	Traction motor	/	1179.1	1179.1
	Electronic controller	/	1010.2	1010.2
Batteries and attachments	Lead-acid batteries	24.5	15.1	15.1
	Li-ion batteries	/	2788.8	2892.4
	Fluids	230.2	98.3	98.3
	Tires	677.1	677.1	677.1
Assembly	Lead-acid batteries assembly	14.1	8.7	8.7
	Li-ion Batteries assembly	/	141.5	141.5
	Vehicle assembly	1064.1	1064.1	1064.1
Total		9172.5	14642.5	14746.1

Nota: Elaborada por Qiao et al. (2017)

Sin embargo, en este estudio se indica que se emiten solo 2 892 kg de CO<sub>2</sub> en la producción de la batería, datos que pueden ser para vehículos más pequeños y un promedio. Por esto se quitará esta cifra del total y se estimará según lo que se calculó en la Tabla 20. En la Tabla 22, se muestra la estimación total de cuánto CO<sub>2</sub> se emite para producir los vehículos estudiados.

Tabla 22: Emisiones totales de CO<sub>2</sub> en la producción de los vehículos eléctricos estudiados

Modelo	Ciclo de prueba de rango	Autonomía (km)	Factor de ajuste rango	Tamaño de la batería (kWh)	Kilometraje Anual (km)	Recargas necesarias al año	kg de CO <sub>2</sub> por cada kWh	Kg de CO <sub>2</sub> emitidos anualmente	Kg de CO <sub>2</sub> emitidos en 8 años
Tang EV	CLTC	585	0.35	109	18027.1	47.4	0.0534	275.9	2207.6
Aion V plus	NEDC	500	0.35	69.9	31829.3	97.9		365.6	2924.5
Buseeta Yutong	Simulación SORT 2	250	-	175	18113.3	72.5		677.1	5416.6
Aion V plus (Yaris)	NEDC	500	0.35	69.9	11303.4	34.8		129.8	1038.6

Nota: Elaboración propia.

En cuanto a los vehículos de combustión interna, Kawamoto et al. (2019) realizó un estudio donde analiza el costo del ciclo de vida de diferentes vehículos, y lo distribuyó en tres etapas: producción, operación y descarte. Al leer la sección de producción se aprecia cómo muestra diferentes cifras de kilogramos de emisiones de CO<sub>2</sub> para diferentes categorías de vehículos y secciones de fabricación. Ahí se aprecia que, en la fabricación del chasis para vehículos eléctricos, Diesel y a gasolina, se liberan 4 219,0 kg de CO<sub>2</sub>, para la transmisión y motor a gasolina se liberan 1 274 kg de CO<sub>2</sub> y para el motor y transmisión Diesel se liberan 1 274,0 kg de CO<sub>2</sub>. Aunque esto es un aproximado, y puede variar sobre todo para la buseta Coaster que es más grande, se usará como referencia para estas estimaciones. En la Tabla 23, se muestran los datos explicados anteriormente.

Tabla 23: Emisiones de CO<sub>2</sub> en el proceso de producción de distintos tipos de vehículos.

Part Name	Reference	Referenced Data of CO <sub>2</sub> Emission [kg-CO <sub>2</sub> ]	Apply to
Chassis parts (Body, tires, interior, etc.)	JLCA [27]	4219 (76.8 % of overall production)	GE, DE, BEV
Gasoline engine and transmission	JLCA [27]	1274 (23.2 % of overall production)	GE
Diesel engine and transmission	JLCA [27] modified	1539 (20.8% higher than the gasoline engine)	DE
Electric drive unit parts (Elec. parts)	Li-ion battery CO <sub>2</sub> factor: Average of Table 3 Capacity: Table 2	6337 (177 kg-CO <sub>2</sub> /kWh × 35.8 kWh)	BEV
	Motor	1070	BEV
	Inverter	641	BEV

Nota: Elaborado por Kawamoto et al. (2019).

En la Tabla 24 se muestra la estimación de cuanto CO<sub>2</sub> se liberó en la producción de los vehículos de la flota del CATIE.

Tabla 24: Emisiones en la producción de los vehículos del CATIE

Modelo	kg de CO <sub>2</sub> emitidos en la producción del chasis (kg)	kg de CO <sub>2</sub> emitidos en la producción del motor y transmisión (kg)	Kg de CO <sub>2</sub> emitidos en la producción del vehículo (kg)
Prado	4219	1539	5758
Fortuner		1274	1539
Yaris		1539	5493
Coaster		1539	5758

Nota: Elaboración propia.

Según lo anterior, se aprecia que la producción de los vehículos de combustión interna producen menos emisiones en su producción que las alternativas eléctricas, resultado esperable ya que no se necesita minería de recursos raros ni procesos tan complicados de producción como los que se usan para los vehículos eléctricos, sin embargo, todavía hay que analizar la fase de operación, donde los vehículos eléctricos no tienen emisiones en el tubo de escape, en cambio los vehículos de combustión sí tienen, y entonces, varía la balanza de las emisiones.

### Fase de operación

La fase de operación sucede cuando el vehículo es adquirido por el usuario, en este caso el CATIE y termina en el momento cuando es descartado, sin embargo, para este caso, la fase de operación para la institución terminará a la hora de ser vendidos los vehículos, puesto que no se usarán hasta acabar con su vida útil.

En la fase de operación, los vehículos eléctricos, al no tener punto de escape del motor, no generan emisiones, pero sí que las generan en el punto de generación de la electricidad. Es así como el dato que determina cuánto CO<sub>2</sub> se emite en la recarga de los vehículos eléctricos es la cantidad de CO<sub>2</sub> por cada kWh generado. El instituto meteorológico de Costa Rica (2023), reporta que en Costa Rica en el 2022 se emitieron 0.0534 kg de CO<sub>2</sub> por cada kWh.

Año	Factor de emisión kg CO <sub>2</sub> e/kWh	Incertidumbres	
		Incertidumbre expandida (k = 2)	Incertidumbre estándar recomendada
2022	0,0534	ND	63,2%
2021	0,0400	± 13%	6,5%
2020	0,0282	± 6,4%	3,2%
2019	0,0365	± 1,4%	0,7%
2018	0,0395	ND	ND
2017	0,0490	ND	ND
2016	0,0557	ND	ND

Figura 23: Factor de emisión en el sector electricidad

(<http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/factoresemission/factoresemission2023/FactoresEmision-GEI-2023.pdf>)

Es con esto y con los datos tomados referentes a las recargas de los vehículos eléctricos que en la Tabla 25 se muestra una estimación de las emisiones anuales para cada vehículo eléctrico que se está analizando.

Tabla 25: Emisiones de CO<sub>2</sub> debido a la recarga de vehículos eléctricos

Modelo	Ciclo de prueba de rango	Autonomía (km)	Factor de ajuste rango	Tamaño de la batería (kWh)	Kilometraje Anual (km)	Recargas necesarias al año	kg de CO <sub>2</sub> por cada kWh	Kg de CO <sub>2</sub> emitidos anualmente	Kg de CO <sub>2</sub> emitidos en 8 años
Tang EV	CLTC	585	0.35	109	18027.1	47.4	0.0534	275.9	2207.6
Aion V plus	NEDC	500	0.35	69.9	31829.3	97.9		365.6	2924.5
Busetá Yutong	Simulación SORT 2	250	-	175	18113.3	72.5		677.1	5416.6
Aion V plus (Yaris)	NEDC	500	0.35	69.9	11303.4	34.8		129.8	1038.6

Nota: Elaboración propia.

Se destaca que la tendencia que se muestra en la Figura 23 es que cada año las emisiones de CO<sub>2</sub> por kWh aumenten, esto se explica ya que en Costa Rica cada año se están necesitando más el uso de plantas térmicas que usan combustibles fósiles en la generación eléctrica, debido a la disminución de las reservas de agua en las represas, sobre todo en las épocas de sequía. (Vives, 2023)

En los vehículos de combustión interna, la fase de operación se da cuando se emiten más gases nocivos a la atmósfera, situación que se presenta porque la energía que propulsa a estos vehículos viene de combustibles fósiles que son quemados en el motor y emitidos por el tubo de escape. Para poder medir cuantos kg de CO<sub>2</sub> se emiten al año por los vehículos de la flotilla del CATIE se toman datos técnicos de páginas web especializadas.

Según CarEmissions.com, 2024, la buseta Toyota Coaster emite en promedio 0.1445 kg CO<sub>2</sub>/km. Para la Toyota Prado, se reporta que en promedio emite 0.2257 kg CO<sub>2</sub>/km. El Toyota Yaris en promedio emite 0.1185 kg CO<sub>2</sub>/km. El Toyota Fortuner emite en promedio 0.1622 kg CO<sub>2</sub>/km. Es con esta información y los datos de kilometraje anual que en la Tabla 26, se muestra la estimación de emisiones anuales para cada vehículo.

Tabla 26: Estimación de emisiones de CO<sub>2</sub> de la flotilla del CATIE

Modelo	kg de CO <sub>2</sub> emitidos en la producción del chasis (kg)	kg de CO <sub>2</sub> emitidos en la producción del motor y transmisión (kg)	Kg de CO <sub>2</sub> emitidos en la producción del vehículo (kg)
Prado	4219	1539	5758
Yaris		1274	5493
Fortuner		1539	5758
Coaster		1539	5758

Nota: Elaboración propia.

### Comparación emisiones de CO<sub>2</sub> en el ciclo de vida total para el CATIE.

Finalmente, en la Tabla 27, se muestra la comparación final de emisiones para determinar cuál alternativa es más contaminante en su ciclo de vida entre los actuales vehículos de combustión interna y los eléctricos.

Tabla 27: Resultado análisis de emisiones de CO<sub>2</sub>

Modelos en comparación	kg CO <sub>2</sub> a los 8 años (kg)	
	Combustión	Eléctrico
Coaster-Yutong D8E	26697	22792
Fortuner-Aion V Plus	46795	18414
Yaris-Aion V Plus	16209	18414
Prado-BYD Tang EV	38308	20465

Nota: Elaboración propia

En la Tabla 27, se puede apreciar cómo efectivamente los vehículos de combustión interna emiten mucho más CO<sub>2</sub>, ya que, aunque en la fase de producción se contamina más en los vehículos eléctricos; en la operación de los vehículos el uso de combustibles fósiles causa una contaminación que opaca con creces a la que se da por la manufactura de los vehículos eléctricos, excepto para el caso del Yaris y el Aion, debido a que el Aion es un vehículo mucho más grande, lo que causa la necesidad de una batería mayor y un consumo mayor de electricidad, lo que conlleva a más emisiones de CO<sub>2</sub>.

En Costa Rica ya que la mayoría de la electricidad es producida de forma renovable, las emisiones de CO<sub>2</sub> debido a la recarga de los vehículos eléctricos son bastante bajas, sin embargo, esta situación está en decremento por causa del aumento del uso de plantas térmicas y la sobrecarga del sistema eléctrico nacional.

FONAFIFO, organización que contribuye al desarrollo sostenible por medio del financiamiento a quienes proveen servicios ambientales desde una perspectiva de gestión pública integradora e innovadora. (FONAFIFO, 2018), vende bonos de carbono, los cuales sirven para asignar un valor monetario a acciones que contribuyen a la disminución de los GEI, los cuales tienen un costo de \$7.5 por tonelada de CO<sub>2</sub> para el momento de elaboración del presente trabajo. En la Tabla 28, se aprecia cuánto costaría por cada modelo que logre la carbono neutralidad.

Tabla 28: Costo de la carbono neutralidad por el uso de cada tipo de vehículo por 8 años

Modelo	Tipo de motor	kg CO <sub>2</sub> a los 8 años (kg)	Costo del bono de Carbono FONAFIFO (\$/Tonelada)	Costo para neutralizar las emisiones de carbono
Coaster	Combustión Interna	26697	7.5	\$ 200.23
Fortuner		46795		\$ 350.96
Yaris		16209		\$ 121.56
Prado		38308		\$ 287.31
Aion V Plus	Eléctrico	18414		\$ 138.11
BYD Tang EV		20465		\$ 153.49
Yutong D8E		22792		\$ 170.94

Nota: Elaboración propia

Según la Tabla 28, se aprecia que para los vehículos eléctricos el costo de la neutralización de las emisiones de carbono es mucho menor que para los vehículos de combustión interna.

En el caso de la flotilla actual del CATIE, donde se tienen 2 Toyota Coaster, 3 Toyota Fortuner, 3 Toyota Yaris y una Toyota prado, los modelos eléctricos necesarios para sustituir los vehículos mencionado anteriormente serían, 2 Yutong D8E, una BYD Tang EV y 6 Aion V Plus. Con esto en cuenta, se elaboró la Tabla 29, donde se muestra la diferencia del costo de los bonos para neutralizar el carbono de la flotilla actual y la sustituta eléctrica.



Tabla 29: Costo de neutralización de las emisiones de carbono para la flotilla eléctrica y la de combustión

Flotilla	Costo para neutralizar las emisiones de carbono
Eléctrica	\$ 1,324.02
Combustión interna	\$ 2,105.34

Nota: Elaboración propia.

Es así como se puede apreciar que hay un ahorro de aproximadamente \$692, con el uso de la flotilla eléctrica en comparación a la de combustión interna, a la hora de estimar el costo de lograr que las unidades de transporte sean carbono neutrales.

## **Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones.**

### **Conclusiones**

#### **Objetivo 1: Acerca de las necesidades del CATIE y lo que hay disponible en el mercado.**

Se analizaron los vehículos que actualmente tiene el CATIE, tomando en cuenta sus características técnicas, además del tipo de uso que se le da a cada uno. Con esto, además de las entrevistas que se le realizó al encargado del departamento de transportes, se investigó las opciones eléctricas que hay en el mercado nacional e internacional. Se observó que el CATIE posee vehículos de distintos tamaños y tipos de tracción, que van desde busetas, pasando por SUV, pick up, hasta sedanes pequeños. Ante esta situación se pensó que las mejores opciones para satisfacer los requerimientos del CATIE serían los modelos de vehículos eléctricos Yutong D8E, Aion V Plus y Tang EV. También se descubrió que para la categoría de pick up, no existe un modelo eléctrico que pueda sustituir a las Hilux, pues en el mercado nacional no existe un modelo que sea tracción en las cuatro ruedas. Y en el mercado internacional se encuentran las Rivian, sin embargo, estas no son viables técnicamente en el país, pues al salir de Estados Unidos, pierden por completo garantía, y en el país no hay ningún taller autorizado ni técnicos capacitados.

#### **Objetivo 2: Acerca de la instalación eléctrica**

Se diseñó la acometida eléctrica necesaria para la recarga de los vehículos eléctricos, además se determinó la infraestructura necesaria, esto basado en el NEC (National Electric Code). Además, se construyó el diagrama unifilar de la instalación eléctrica, con una capacidad de recargar los nueve vehículos que estima el CATIE que necesitaría. La alimentación se da por medio de un transformador de 300 kVA.

#### **Objetivo 3: Acerca del análisis financiero**

Por medio de un ACCV de cada vehículo de combustión interna del CATIE y su correspondiente sustituto eléctrico, se comparó el VAN y se encontró que financieramente ninguno de los vehículos eléctricos es viable, al ser más caros a los 8 años de uso. Se encontró que la combinación de los altos costos de adquisición de los vehículos eléctricos, bajos costos de adquisición y operación de los vehículos de combustión interna debido a la exoneración de impuestos que tiene el CATIE y, sobre todo, la necesidad de una instalación eléctrica que

tiene un costo elevado causa que los vehículos eléctricos sean muy caros de operar. Es así como se encontró que el Yutong es ₡130,151,915 más caro en su ciclo de vida que el Coaster, el Aion es ₡636,552 más caro que el Fortuner y ₡1.401.471 más caro que el Yaris, el Tang EV es ₡10,042,530 más caro que la Prado. Además, se analizó por medio de un análisis de sensibilidad que, si no se usa la buseta Yutong, el costo del ciclo de vida del resto de vehículos disminuye, al requerir una instalación eléctrica más económica. A pesar de esto, las opciones eléctricas siguen siendo más costosas al terminar su uso tras ocho años.

#### **Objetivo 4: Acerca de las emisiones de CO<sub>2</sub>**

Se encontró que las emisiones de CO<sub>2</sub> de la producción de los vehículos eléctricos es más alta que las de los vehículos de combustión interna, excepto para el Yaris y el Aion, debido a la diferencia de tamaño y categoría de los vehículos. Esto sobre todo por lo altamente contaminante que es la producción de baterías de litio actualmente. Por otro lado, en la fase de operación, las emisiones de los vehículos de combustión interna superan con creces las generadas en la producción de la electricidad necesaria para recargar los vehículos eléctricos, por lo que al final de estas dos fases de vida de los vehículos, los eléctricos contaminan mucho menos. Es así que las emisiones de CO<sub>2</sub> Yutong son menores en un 14.6%, para el Tang en un 46.6%, para el Aion en un 57% en comparación al Fortuner sin embargo son un 13.6% mayores en comparación al Yaris.

#### **Recomendaciones**

- Se recomienda tomar en consideración la disminución de la contaminación a la hora de tomar una decisión en la compra de vehículos que sustituyan los actuales, puesto que, aunque financieramente pueden ser más caras, en el caso de los Fortuner y los Aion, es aproximadamente un millón de colones más caro el vehículo eléctrico a lo largo de su ciclo de vida útil, sin embargo, el CATIE emitiría aproximadamente 34.4 toneladas menos de CO<sub>2</sub>. Lo que se alinea con los valores de la organización que buscan un desarrollo verde inclusivo.
- Si se hiciera la adquisición de vehículos eléctricos es importante la capacitación de los conductores para generar buenos hábitos de uso de los carros, al implementar técnicas que no existen en automóviles de combustión interna como la frenada regenerativa. Además de que se garantice el buen uso y mantenimiento de los cargadores eléctricos.

- Se recomienda unificar las bases de datos del CATIE para el almacenamiento de datos de facturas de mantenimiento, costos de adquisición y descarte de los vehículos, en una sola plataforma.
- Se recomienda analizar la necesidad de sustituir los Yaris por Aion, y buscar alternativas que se asemejen más a un sedán pequeño, puesto que el Aion es un SUV de mayores dimensiones.

## Capítulo 6: Bibliografía:

- Alonso, E. (2024, 1 enero). Discos y pastillas de freno: cuándo hay que cambiarlos. Autofacil.es. <https://www.autofacil.es/mantenimiento/discos-pastillas-freno-hay-cambiarlos/159255.html>
- Alvarado Verdín, V. M. (2015). Ingeniería económica: nuevo enfoque.. Grupo Editorial Patria. <https://elibro.net/es/lc/itcr/titulos/39446>.
- Asato, G. (2022, 12 febrero). ¿Cuánto gasta el Toyota Yaris 1.5 nafta? *Revista Auto Test Digital*. <https://autotest.com.ar/noticias/toyota-yaris-cuanto-gasta/>
- Blank, L., Tarquin, A.(2020). *Ingeniería económica*. McGraw-Hill. <https://www-ebooks7-24-com.ezproxy.itcr.ac.cr/?il=10324>
- Broadbent, G. H., Allen, C., Wiedmann, T., & Metternicht, G. (2022). The role of electric vehicles in decarbonising Australia's road transport sector: Modelling ambitious scenarios. *Energy Policy*, 168, 113144. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113144>
- Caremissions.com. (2024). Car emissions. Recuperado 26 de marzo de 2024, de <https://car-emissions.com/>
- Carga de nivel 1, nivel 2 y nivel 3: diferencias y ventajas | Mazda USA. (2024). Recuperado 18 de abril de 2024, de <https://www.mazdaespanol.com/centro-de-recursos-3jmyj/niveles-de-carga-de-ev>
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. (2023). <https://www.catie.ac.cr/>. CATIE. Recuperado 23 de septiembre de 2023, de <https://www.catie.ac.cr/>
- Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa. (2021). SORT Protocol. <https://unece.org/sites/default/files/2021-05/Session%203.1%20-%20UITP%20-%20A.%20Kerkhof%20-%20C.%20Martin.pdf>

- Crawford, I. (2022). How much CO2 is emitted by manufacturing batteries? | MIT Climate Portal. MIT Climate Portal. Recuperado 25 de marzo de 2024, de <https://climate.mit.edu/ask-mit/how-much-co2-emitted-manufacturing-batteries>
- D8E-Yutong. (2023). <https://en.yutong.com/products/D8E.shtml>
- Descripción general de los gases de efecto invernadero | US EPA. (2023, 7 junio). US EPA. <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/descripcion-general-de-los-gases-de-efecto-invernadero>
- Estación tipo Wallbox | ELCO. (2023). ELCO. <https://www.elcocrc.com/estacion-wallbox>
- Factores de emisión de gases de efecto invernadero. (2023). Recuperado 26 de marzo de 2024, de <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/factoresemission/factoresemission2023/FactoresEmision-GEI-2023.pdf>
- Ficha técnica de Aion V Plus 2024 (2024). EV2 CR.
- Ficha técnica de BYD Tang EV 2024 (2024). Cori Motors. <https://www.bydautocr.com/wp-content/uploads/2023/09/FICHA-NEW-TANG-1.pdf>
- Fidalgo, R. (2016, 10 marzo). Prueba Toyota Hilux doble cabina 2015. *Autocasión*. <https://www.autocasion.com/actualidad/pruebas/prueba-toyota-hilux-doble-cabina-2015>
- FONAFIFO | Sitio web. (2016). Recuperado 18 de abril, 2024, de <https://www.fonafifo.go.cr/es/conozcanos/mision-y-vision/>
- Fulton, Lewis M. Seleem, Amr Boshell, Francisco Salgado, Alessandra Saygin, Deger. (2017). Electric Vehicles - Technology Brief. International Renewable Energy Agency, IRENA. Retrieved from <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpEVTB0004/electric-vehicles-technology/electric-vehicles-technology>
- Garbaras, A., Garbarienė, I., Bučinskas, L., Šapolaitė, J., Ežerinskis, Ž., Matijošius, J., Rimkus, A., & Remeikis, V. (2023). Characterization of particulate matter

emissions from internal combustion engines using  $\Delta^{13}\text{C}$  values: impact of engine operation conditions and fuel type on PM10 isotopic composition. *Atmospheric Pollution Research*, 14(9), 101868. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2023.101868>

Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (INGEI) - Dirección de Cambio Climático. (2022, 13 junio). Dirección de Cambio Climático. <https://cambioclimatico.go.cr/inventario-nacional-de-gases-de-efecto-invernadero-ingei/>

Kasab, J. J., & Strzelec, A. (2020). Automotive emissions regulations and exhaust aftertreatment systems. <https://doi.org/10.4271/9780768099560>

Liu, Z., Song, J., Kubal, J., Susarla, N., Knehr, K. W., Islam, E., Nelson, P., & Ahmed, S. (2021). Comparing total cost of ownership of battery electric vehicles and internal combustion engine vehicles. *Energy Policy*, 158, 112564. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112564>

Maric P. (2021, 12 agosto). *Toyota Fortuner Review - Drive*. Drive. <https://www.drive.com.au/reviews/toyota-fortuner-review/>

Meléndez, V. (2023, Sep 22). Acaparan motos y autos emisiones: Aportan 59% de contaminación atmosférica anual. Es mínimo impacto en calidad del aire del transporte público en el AMG. Mural <https://www.proquest.com/newspapers/acaparan-motos-y-autos-emisiones/docview/2867088658/se-2>

Minae. (2022). Plan de descarbonización. Recuperado 15 de octubre de 2023, de <https://minae.go.cr/documentos/planesprogramas/86-plan-de-descarbonizacion.aspx>

Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), Dirección de Geología y Minas (DGM), & Secretaría de Planificación del Subsector Energía (SEPSE). (2019). Plan nacional de transporte eléctrico 2018-2030.

- Miranda, H. (2021, 13 agosto). Transporte público eficiente: el principal reto de Costa Rica para reducir emisiones contaminantes -. Radioemisoras UCR. <https://radios.ucr.ac.cr/2021/08/interferencia/transporte-publico-eficiente-el-principal-reto-de-costa-rica-para-reducir-emisiones-contaminantes/>
- Moseman, A. (2022). Are electric vehicles definitely better for the climate than gas-powered cars? | MIT Climate Portal. MIT Climate Portal. Recuperado 6 de noviembre de 2023, de <https://climate.mit.edu/ask-mit/are-electric-vehicles-definitely-better-climate-gas-powered-cars>
- Nogales, M. (2019, 3 junio). Estos son los principales tipos de enchufes para coches eléctricos. Todas las Noticias de Coches En un Solo Portal: Pruebas, Fotos, Vídeos, Informes. <https://noticias.coches.com/consejos/tipos-enchufes-coches-electricos/341066>
- Nunez, C. (2023, 27 noviembre). El dióxido de carbono, un gas de efecto invernadero clave que impulsa el cambio climático global, sigue aumentando cada mes. Descubre el peligroso papel que desempeñan éste y otros gases en el cambio climático. National Geographic. <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/gases-efecto-invernadero-que-son-hacen>
- Orbea, J. (2021, 27 mayo). Costa Rica - Plan Nacional de Transporte Eléctrico - MOVE. MOVE. <https://movelatam.org/download/costa-rica-plan-nacional-de-transporte-electrico/>
- Pigna, A. (2023, 31 agosto). Descripción partes vehículo | Funciones y mantenimiento. Kavak. <https://www.kavak.com/mx/blog/descripcion-partes-vehiculo>
- Plan Nacional de Descarbonización - Dirección de Cambio Climático. (2023, 3 agosto). Dirección de Cambio Climático. <https://cambioclimatico.go.cr/plan-nacional-de-descarbonizacion/>
- RECOPE. (2024, 5 marzo). Precios históricos - RECOPE. Recuperado 22 de marzo de 2024, de <https://www.recope.go.cr/productos/precios-nacionales/historicos/>



- Shen, Y., Huang, G., Chang-Chien, C., Huang, L. H., Kuo, C., & Hu, A. H. (2023). The impact of passenger electric vehicles on carbon reduction and environmental impact under the 2050 net zero policy in Taiwan. *Energy Policy*, 183, 113838. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113838>
- Sistema Costarricense de Información Jurídica. (2022). Autoriza al Ministerio de Relaciones Exteriores y Culto, para que estampe en el carné diplomático (DIDIS), la leyenda de exoneración. Sistema Costarricense de Información Jurídica. Recuperado 23 de marzo de 2024, de [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=97639&nValor3=132041&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=97639&nValor3=132041&strTipM=TC)
- Toyota España. (2024, 1 febrero). componentes-de-un-coche-electrico-toyota. Toyota ES. <https://www.toyota.es/world-of-toyota/articles-news-events/componentes-de-un-coche-electrico-toyota>
- Toyota FORTUNER SRV 2015 €17,252,500 (\$ 34,505\*). (s. f.). crautos.com. <https://crautos.com/autosusados/cardetail.cfm?c=70483165&Toyota.FORTUNER%20SRV.2015>
- Toyota Land Cruiser 5p 180D GX (2015-2017) | Precio y ficha técnica - km77.com.* (2018). Km77.com. <https://www.km77.com/coches/toyota/land-cruiser/2014/5-puertas/gx/land-cruiser-5p-180d-gx/datos>
- Trading Economics. (2024). Costa Rica inflation rate. Recuperado 22 de marzo de 2024, de <https://tradingeconomics.com/costa-rica/inflation-cpi>
- U.S. Department of Energy. (2021). Battery-Electric vehicles have lower scheduled maintenance costs than other Light-Duty vehicles. Energy.gov. Recuperado 6 de noviembre de 2023, de <https://www.energy.gov/eere/vehicles/articles/fotw-1190-june-14-2021-battery-electric-vehicles-have-lower-scheduled>
- Veza, I., Zacky Asy'ari, M., M, I., & Vorathin, E. (2023). Electric vehicle (EV) and driving towards sustainability: Comparison between EV, HEV, PHEV, and ICE vehicles to achieve net zero emissions by 2050 from EV. *Alexandria Engineering Journal*, 82.

[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016823009055?ref=pdf\\_download&fr=RR-2&rr=818cdf029dfc92fc](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016823009055?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=818cdf029dfc92fc)

Vives, M. B. (2023, 4 octubre). ICE anuncia proceso para contratar plantas térmicas de alquiler por déficit en hidroeléctricas • Semanario Universidad. <https://semanariouniversidad.com/pais/ice-anuncia-proceso-para-contratar-plantas-termicas-de-alquiler-por-deficit-en-hidroelectricas/#:~:text=En%20agosto%20del%202022%2C%20los,de%20m%C3%A1s%20de%20un%20400%25>.

Yoney, D. (2022, 15 diciembre). How to convert conflicting EV Range test cycles: EPA, WLTP, CLTC. InsideEVs. <https://insideevs.com/features/343231/heres-how-to-calculate-conflicting-ev-range-test-cycles-epa-wltp-nedc/>

## Apéndices

### Apéndice 1: Cálculos y dimensionamiento de la acometida eléctrica para la carga de los vehículos eléctricos dentro del campus del CATIE.

Primeramente, se tienen las características eléctricas de los cargadores, las cuales se presentan en la Tabla 30:

Tabla 30: Datos técnicos cargadores

Cargador	Tipo de cargador	Voltaje de entrada (V)	Potencia máxima de salida (kW)	Ámperaje (A)
Wallbox ELCO	Monofásico	220	11	46
SZ-160	Trifásico	480	160	267

Nota: Elaboración propia en Excel, los datos fueron suministrados por los fabricantes.

#### Selección disyuntores

Con los datos anteriores se puede dimensionar primeramente disyuntor del cargador trifásico, para esto se aplica lo que indica el NEC, en la sección 625.40, donde dice que el disyuntor debe ser de 125% de la corriente a plena carga.

$$I_{\text{disyuntor}} = 267 * 1.25 = 333.75A$$

Con la sección 240.6(A), indica que se debe escoger un disyuntor de 350A, que es el valor normalizado inmediatamente mayor.

Posteriormente para los siete cargadores monofásicos, el disyuntor se escoge aplicando de igual forma el factor de 1.25 según 625.40.

$$I_{\text{disyuntor}} = 46 * 1.25 = 57.5A$$

#### Selección conductores ramales

Para la selección de los conductores, se toma en cuenta varios aspectos importantes del ambiente donde se construirá la instalación. En cuanto a temperatura, se toma que para el 2023, la temperatura mayor promedio del año fue de 28°C aproximadamente. (El Clima En Turrialba, el Tiempo Por Mes, Temperatura Promedio (Costa Rica) - Weather Spark, 2024)

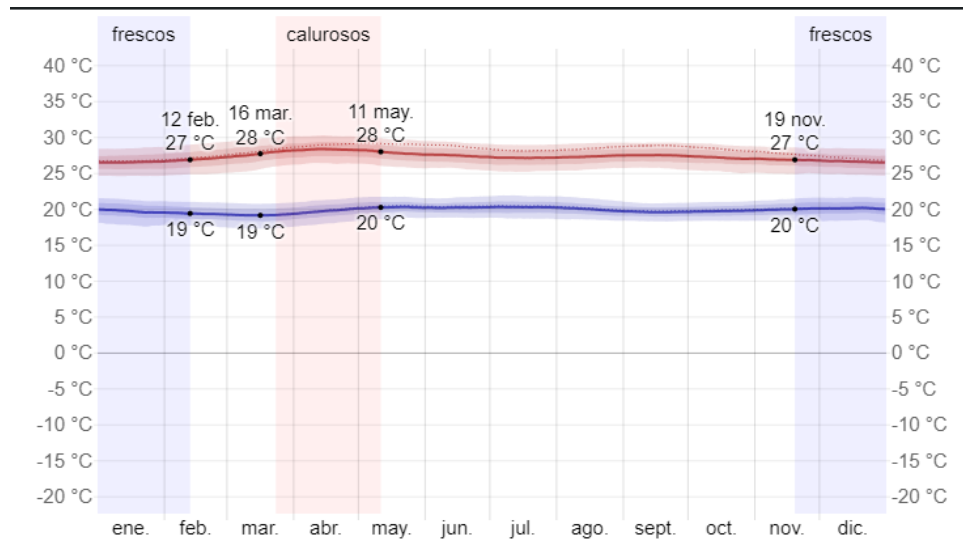


Figura 24: Gráfica de temperaturas promedio en Turrialba durante el 2023. (El Clima En Turrialba, el Tiempo Por Mes, Temperatura Promedio (Costa Rica) - Weather Spark, 2024)

Esto es importante ya que según NEC 310.15(B)(2)(a), no se aplicará factor de corrección por temperatura en ningún cálculo.

Con esto se procede a calcular la corriente de diseño para dimensionar los conductores. Primero se debe tomar en cuenta que el neutro es portador de corriente, ya que los cargadores son equipos electrónicos, así que son cargas no lineales según 310.15(B)(c). Además, estos cargadores son cargas continuas ya que se usarán por más de tres horas. Por lo que se debe usar un factor de 1.25, esto según 210-20(a).

Tabla 31: Corriente de diseño con factor por carga continua.

Cargador	Corriente de diseño (A)
Cargador Monofásico	57.5
Cargador Trifásico	333.75

En la Tabla 32, se muestran los cálculos para la escogencia de los conductores y el ducto metálico EMT. Para el cargador trifásico se aplicará un factor de corrección por agrupamiento, ya que este tiene un amperaje alto así que se usará el doble de conductores por fase, además que el neutro es portador de carga. Por lo que se usarán ocho conductores portadores de carga y una tierra. Según la tabla 310.15(B)(3)(a) del NEC, el factor de corrección por agrupamiento es 0.7.

Tabla 32: cálculos para la escogencia de los conductores y el ducto metálico EMT

Cargador	Corriente de diseño (A)	Factor por agrupamiento	Conductores por fase	Corriente de diseño final (A)
Cargador Monofásico	57.5	1	1	57.50
Cargador Trifásico	333.75	0.7	2	238.39

Nota: Elaboración propia en Excel con datos del NEC.

Con estos datos, se procede a escoger el conductor para cada caso. Para el cargador trifásico, según 310.15(B)(16). Usando la columna de 75°C, se escoge calibre #250AWG THHN, para las líneas y el neutro. Para la tierra, según 250.122, se debe usar calibre 3 de cobre, sin embargo, este calibre no se encuentra en el país, así que se usará #2.

Para los cargadores monofásicos, se escoge #4 AWG TW según 310.15(B)(16), usando la columna de 60°C. Para la tierra según 250.122, se usa #10AWG THHN, para una protección de 57.5 A.

Según lo anterior se toman en cuenta los datos que suministra la tabla 5, del capítulo 9 del NEC referentes al área transversal de los conductores. Para las propiedades de los ductos EMT, se usa la tabla 4, del capítulo 9. En la Tabla 33 se muestran los datos para la selección del conducto metálico EMT, para los ramales de los cargadores.

Tabla 33: Áreas de los conductores y selección del ducto EMT

Tipo de cargador	Área de los conductores (mm <sup>2</sup> )			Disposición	Área Total (mm <sup>2</sup> )	Ducto EMT escogido
	Líneas	Neutro	Tierra			
Monofásicos	62.77	62.67	15.68	2xlínea 1xNeutro 1xTierra	203.89	1"
Trifásicos	256.1	256.1	62.77	6xlínea 2xNeutro 1xTierra	2111.57	3"

Nota: Elaboración propia en Excel con datos del NEC.

En cuanto a la caída de voltaje, el artículo 210-19(A) nota No. 4, indica que los ramales no deben tener una caída de voltaje mayor a 3%.

Para verificar esto se usa la siguiente fórmula para el cargador trifásico:

$$\%CV = \left( \frac{\sqrt{3} * Z \left( \frac{\Omega}{km} \right) * l(m) * I(A)}{1000 * V_{ll}(Voltios)} \right)$$

Para los monofásicos se usa:

$$\%CV = \left( \frac{2 * \rho \left( \frac{\Omega}{km} \right) * l(m) * I(A)}{1000 * V_N(Voltios)} \right) * 100\%$$

Los datos de longitud ( $l$ ) fueron tomados directamente en el parqueo del departamento de transportes, y van desde donde se estima que se instalarán los cargadores hasta donde estará la caja de conexiones. En cuanto al dato de impedancia del cable, los datos se obtienen de la tabla 9, del capítulo 9 del NEC, junto con el uso de la siguiente fórmula para el cargador trifásico:

$$Z = R * F.P. + X_l * Sen(Cos^{-1}(FP))$$

En los cargadores monofásicos  $\rho$  se consigue en la tabla 8, del capítulo 9. Donde se indica que para calibre #4 AWG, el valor de  $\rho$  es de  $1.053 \frac{\Omega}{km}$ .

Para el voltaje ( $V_{ll}$ ) el valor es de 380V para el cargador trifásico y de 220V para el monofásico. Y la corriente es la que se presentó anteriormente en la Tabla 32. En la Tabla 34 se presentan los cálculos de caída de voltaje.

Los datos de factor de potencia son suministrados por el fabricante del cargador trifásico, donde indica que es mayor a 0.98. Mientras que para el monofásico se toma como unitario.

Tabla 34: Datos y cálculo del porcentaje de caída de voltaje.

Numero de Cargador	Z ( $\Omega/km$ )	F.P.	longitud cable (m)	Voltaje (V)	Amperaje (A)	%C.V.
CM1	1.053	1	8.4	220	46	0.32
CM2	1.053	1	11	220	46	0.42
CM3	1.053	1	13	220	46	0.50
CM4	1.053	1	15	220	46	0.57
CM5	1.053	1	17	220	46	0.65
CM6	1.053	1	20	220	46	0.76
CM7	1.053	1	22	220	46	0.84
CT1	0.199	0.99	6.6	380	267	0.16

Nota: Elaboración propia en Excel.

En la Tabla 34, los cargadores que inician con “CM” significa que son monofásicos, y el que inicia con “CT” es el trifásico.

### Selección del transformador

Para la selección del transformador se sumó la potencia en KVA de todos los cargadores, para eso se usó la siguiente fórmula:

$$S = \frac{P}{F.P}$$

En la Tabla 35 se muestra el cálculo de la potencia total aparente consumida por la carga.

Tabla 35: Cálculo de la potencia aparente total consumido por la carga a instalar

Tipo de Cargador	Cantidad	Potencia (kW)	F.P.	Potencia aparente total (KVA)	Total de la carga (KVA)
Monofásico	7	11	1	77	238.62
Trifásico	1	160	0.99	161.62	

Nota: Elaboración propia en Excel.

Según este resultado, se determina que se necesita un transformador trifásico de 300 KVA que es valor comercial inmediatamente mayor disponible.

### Selección conductores secundario

Con la Tabla 35, se determinó que la potencia a instalar es de 238,6 KVA. Con la siguiente fórmula se determina la corriente.

$$I = \frac{S * 1000}{V_{ll} * \sqrt{3}} = \frac{238.6 * 1000}{380 * \sqrt{3}} = 362.5A$$

Al ser una corriente alta se usarán dos conductores por fase, por lo que según además el neutro es portador de corriente ya que la mayoría de las cargas son no lineales. Según 310.15(B)(3)(a), se aplica un factor de ajuste por agrupación de 0.7. Por otro lado, la corriente de diseño será 1.25 veces más alta porque las cargas instaladas en su mayoría son continuas según 210-20(a). Es así como la corriente de diseño será igual a 453.14 A por fase. En la Tabla 36, el cálculo para selección del conductor.

Tabla 36: Selección de conductor para el secundario

Corriente de diseño (A)	Factor de agrupación	Conductores por fase	Nueva corriente de diseño (A)	Conductor escogido para las fases y el neutro
453.14	0.7	2	323.67	#400 AWG THHN

Nota: Elaboración propia en Excel.

Para la escogencia del breaker, según la tabla 450.3(A) del NEC, el breaker debe ser dimensionado para el 125% de la corriente a plena carga del sistema. Por lo que al ser esta corriente 362.5 A, la corriente de diseño para el transformador es 453.13 A, y según el artículo 240.6 del NEC, el valor normalizado que se debe escoger es un breaker de 500 A.

Con el dato anterior, se puede escoger el conductor de tierra según NEC 250.122, que indica que para 500 A de protección, la tierra debe ser de calibre #2 AWG de cobre.

La Tabla 37, muestra los datos y la estimación del conducto metálico para el secundario. Para las áreas transversales se usó la tabla 5 del capítulo 9. Para las medidas del ducto EMT, se usó la tabla 4, capítulo 9.

Tabla 37: Datos para la selección el ducto metálico EMT

Área de los conductores (mm <sup>2</sup> )			Disposición	Área Total (mm <sup>2</sup> )	Ducto EMT escogido
Líneas	Neutro	Tierra			
378.3	378.3	74.71	6xlinea 2xNeutro 1xTierra	3101.11	4"

Nota: Elaboración propia en Excel.

Para el cálculo de la caída de voltaje se usan los datos la tabla 9 capítulo 9 para el cálculo de Z, usando las fórmulas que se usaron anteriormente para el cálculo de la caída de voltaje de los ramales del cargador trifásico. Con esto se obtienen los datos de la Tabla 38.

Tabla 38: Caída de voltaje del secundario

Z (Ω/km)	F.P.	longitud cable (m)	Voltaje (V)	Amperaje (A)	%C.V.
0.161	1	4	380	181.25	0.05

Nota: Elaboración propia en Excel.

Se aprecia que se cumple que la caída de voltaje es menor al 3%, así que se cumple lo que recomienda el NEC.

### Selección conductores primario

Con la Tabla 35, se determinó que la potencia a instalar es de 238,6 KVA. Con la siguiente fórmula se determina la corriente del primario.

$$I = \frac{S * 1000}{V_{ll} * \sqrt{3}} = \frac{238.6 * 1000}{34500 * \sqrt{3}} = 4A$$

Con este amperaje de 4 A se dimensiona el conductor con ayuda de la tabla 310.15(B)(16), se escoge calibre #14, que es el tamaño más pequeño disponible. Sin embargo, para media tensión no se usa lo que indica el NEC, sino el calibre más pequeño que se vende es #1/0 AWG, con neutro concéntrico, como el que se aprecia en la Figura 25.



Construcción del Cable:

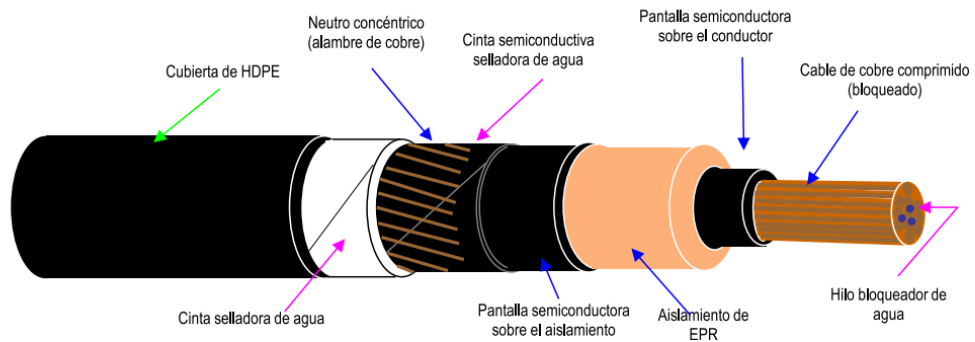


Figura 25: Estructura conductor- media tensión subterráneo

(<https://www.elmecca.com/producto/cable-de-media-tension-epr-de-aluminio-15-25-y-35kv/>)

Por otro lado, para el ducto, se usa de PVC cédula 40 de ½”.

## Apéndice 2: Cálculo de los ACCV para los vehículos de combustión interna y eléctricos.

Tabla 39: ACCV para Toyota Fortuner

Tasa de descuento	8.31%
Impuesto	0%
Kilometraje anual promedio	31,829.33
Marchamo	0.00%
Valor de adquisición	\$ 44,639.65
Mantenimiento anual 2023	\$ 2,500.17
Inflación	2.52%
Inversión inicial	\$ 44,639.65
Depreciación anual	\$ 4,463.97

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Kilometraje esperado	\$ -	31829	63659	95488	127317	159147	190976	222805	254635
(-)Depreciación	\$ -	\$ 4,463.97	\$ 4,463.97	\$ 4,463.97	\$ 4,463.97	\$ 4,463.97	\$ 4,463.97	\$ 4,463.97	\$ 4,463.97
(-)Costos mantenimiento	\$ -	\$ 2,500.17	\$ 2,563.12	\$ 2,563.12	\$ 2,563.12	\$ 2,563.12	\$ 2,563.12	\$ 2,563.12	\$ 2,563.12
Valor del vehículo	\$ -	\$ 40,175.69	\$ 35,711.72	\$ 31,247.76	\$ 26,783.79	\$ 22,319.83	\$ 17,855.86	\$ 13,391.90	\$ 8,927.93
(-)gastos de combustible	\$ -	\$ 1,515.62	\$ 1,191.41	\$ 1,538.09	\$ 1,934.51	\$ 1,810.51	\$ 1,261.89	\$ 1,909.99	\$ 3,339.10
(-)Inversión requerida	\$ 44,639.65	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valor de rescate	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 8,927.93
Flujo Neto efectivo	\$ (44,639.65)	\$ (4,015.79)	\$ (3,754.53)	\$ (4,101.21)	\$ (4,497.63)	\$ (4,373.63)	\$ (3,825.01)	\$ (4,473.11)	\$ 3,025.71
FNE Descontado	\$ (19,668.29)								
VAN	\$ (64,307.95)								
FNE Descontado	-€ 9,949,010.13								
VAN	-€ 32,529,532.61								

Tabla 40: ACCV para Aion V Plus

Tasa de descuento	8.31%
Impuesto	0%
Kilometraje anual promedio	31,829.33
Marchamo	0.00%
Valor de adquisición	€ 19,727,760.00
Mantenimiento menor	€ 110,000.00
Mantenimiento mayor	€ 220,000.00
Parte del costo de la instalación de la acometida	€ 1,103,594.19
Inversión inicial	€ 20,831,354.19
Inflación	2.52%

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Kilometraje esperado	0	31,829.33	63,658.67	95,488.00	127,317.33	159,146.67	190,976.00	222,805.33	254,634.67
(-)Valor del vehículo	€ -	€ 17,754,984.00	€ 15,782,208.00	€ 13,809,432.00	€ 11,836,656.00	€ 9,863,880.00	€ 7,891,104.00	€ 5,918,328.00	€ 3,945,552.00
(-)Costos mantenimiento	€ -	€ 451,078.22	€ 1,013,371.28	€ 473,234.67	€ 1,117,632.12	€ 905,445.25	€ 817,929.56	€ 1,194,326.62	€ 966,189.52
(-)gastos de recarga	€ -	€ 892,072.72	€ 914,533.13	€ 937,559.04	€ 961,164.70	€ 985,364.69	€ 1,010,173.98	€ 1,035,607.92	€ 1,061,682.22
(-)Inversión requerida	€ 20,831,354.19	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Valor de rescate	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 3,945,552.00
Flujo Neto efectivo	-€ 20,831,354.19	-€ 1,343,150.94	-€ 1,927,904.41	-€ 1,410,793.71	-€ 2,078,796.82	-€ 1,890,809.94	-€ 1,828,103.54	-€ 2,229,934.53	-€ 5,973,423.74
FNE Descontado	-€12,334,733.20								
VAN	-€ 33,166,087.39								

Tabla 41: ACCV para Toyota Prado

Tasa de descuento	8.31%
Impuesto	0%
Kilometraje anual promedio	18,027.11
Marchamo	0.00%
Valor de adquisición	\$ 55,492.61
Mantenimiento anual 2023	\$ 2,766.16
Inflación	2.52%
Inversión inicial	\$ 55,492.61
Depreciación anual	\$ 5,549.26

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Kilometraje esperado	\$ -	\$ 18,027.11	\$ 36,054.22	\$ 54,081.33	\$ 72,108.44	\$ 90,135.56	\$ 108,162.67	\$ 126,189.78	\$ 144,216.89
(-)Depreciación	\$ -	\$ 5,549.26	\$ 5,549.26	\$ 5,549.26	\$ 5,549.26	\$ 5,549.26	\$ 5,549.26	\$ 5,549.26	\$ 5,549.26
(-)Costos mantenimiento	\$ -	\$ 2,766.16	\$ 2,835.81	\$ 2,835.81	\$ 2,835.81	\$ 2,835.81	\$ 2,835.81	\$ 2,835.81	\$ 2,835.81
Valor del vehiculo	\$ -	\$ 49,943.35	\$ 44,394.09	\$ 38,844.83	\$ 33,295.57	\$ 27,746.31	\$ 22,197.04	\$ 16,647.78	\$ 11,098.52
(-)gastos de combustible	\$ -	\$ 738.62	\$ 580.62	\$ 749.57	\$ 942.76	\$ 882.33	\$ 614.97	\$ 930.81	\$ 1,627.28
(-)Inversión requerida	\$ 55,492.61	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valor de rescate	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 11,098.52
Flujo Neto efectivo	\$ (55,492.61)	\$ (3,504.79)	\$ (3,416.43)	\$ (3,585.38)	\$ (3,778.57)	\$ (3,718.14)	\$ (3,450.78)	\$ (3,766.62)	\$ 6,635.44
FNE Descontado	\$ (14,998.18)								
VAN	\$ (70,490.79)								
FNE Descontado	-€ 7,586,679.92								
VAN	-€ 35,657,062.07								

Tabla 42: ACCV para BYD Tang EV

Tasa de descuento	8.31%
Impuesto	0%
Kilometraje anual promedio	18,027.11
Marchamo	0.00%
Valor de adquisición	₺ 44,958,553.36
Mantenimiento menor	₺ 110,000.00
Mantenimiento mayor	₺ 220,000.00
Parte del costo de la instalación de la acometida	₺ 2,515,034.56
Inversión inicial	₺ 47,473,587.92
Inflación	2.52%

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Kilometraje esperado	0	18,027.11	36,054.22	54,081.33	72,108.44	90,135.56	108,162.67	126,189.78	144,216.89
(-)Valor del vehículo		₺ 40,462,698.02	₺ 35,966,842.69	₺ 31,470,987.35	₺ 26,975,132.02	₺ 22,479,276.68	₺ 17,983,421.34	₺ 13,487,566.01	₺ 8,991,710.67
(-)Costos mantenimiento		₺ 112,769.56	₺ 346,617.33	₺ 1,036,814.13	₺ 481,010.76	₺ 371,543.33	₺ 983,010.93	₺ 595,179.69	₺ 396,469.33
(-)gastos de recarga		₺ 130.20	₺ 133.48	₺ 136.84	₺ 140.28	₺ 143.81	₺ 147.43	₺ 151.15	₺ 154.95
(-)Inversión requerida	₺ 47,473,587.92								
Valor de rescate									₺ 8,991,710.67
Flujo Neto efectivo	-₺ 47,473,587.92	-₺ 112,899.75	-₺ 346,750.81	-₺ 1,036,950.97	-₺ 481,151.04	-₺ 371,687.15	-₺ 983,158.37	-₺ 595,330.84	₺ 8,595,086.39
FNE Descontado	₺1,773,995.50								
VAN	-₺ 45,699,592.42								

Tabla 43: ACCV para Toyota Yaris

Tasa de descuento	8.31%
Impuesto	0%
Kilometraje anual promedio	18,027.11
Marchamo	0.00%
Valor de adquisición	\$ 17,182.81
Mantenimiento anual 2023	\$ 917.35
Inflación	2.52%
Inversión inicial	\$ 17,182.81
Depreciación anual	\$ 1,718.28

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Kilometraje esperado	\$ -	18027	36054	54081	72108	90136	108163	126190	144217
(-)Depreciación	\$ -	\$ 1,718.28	\$ 1,718.28	\$ 1,718.28	\$ 1,718.28	\$ 1,718.28	\$ 1,718.28	\$ 1,718.28	\$ 1,718.28
(-)Costos mantenimiento	\$ -	\$ 917.35	\$ 940.44	\$ 964.12	\$ 988.39	\$ 1,013.28	\$ 1,038.79	\$ 1,064.95	\$ 1,091.76
Valor del vehiculo	\$ -	\$ 15,464.53	\$ 13,746.25	\$ 12,027.97	\$ 10,309.68	\$ 8,591.40	\$ 6,873.12	\$ 5,154.84	\$ 3,436.56
(-)gastos de combustible	\$ -	\$ 311.51	\$ 466.68	\$ 721.18	\$ 510.75	\$ 523.61	\$ 536.79	\$ 550.31	\$ 564.16
(-)Inversión requerida	\$ 17,182.81	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valor de rescate	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3,436.56
Flujo Neto efectivo	\$ (17,182.81)	\$ (1,228.86)	\$ (1,407.12)	\$ (1,685.30)	\$ (1,499.15)	\$ (1,536.89)	\$ (1,575.59)	\$ (1,615.26)	\$ 1,780.64
FNE Descontado	\$ (6,740.41)								
VAN	\$ (23,923.22)								
FNE Descontado	-€ 3,409,569.76								
VAN	-€ 12,101,321.06								

Tabla 44: ACCV para Aion V Plus analizado con kilometraje del Yaris

Tasa de descuento	8.31%
Impuesto	0%
Kilometraje anual promedio	11,303.40
Marchamo	0.00%
Valor de adquisición	₺ 19,727,760.00
Mantenimiento menor	₺ 110,000.00
Mantenimiento mayor	₺ 220,000.00
Parte del costo de la instalación de la acometida	₺ 1,103,594.19
Inversión inicial	₺ 20,831,354.19
Inflación	2.52%

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Kilometraje esperado	0	11,303.40	22,606.80	33,910.20	45,213.60	56,517.00	67,820.40	79,123.80	90,427.20
(-)Valor del vehículo	₺ -	₺ 17,754,984.00	₺ 15,782,208.00	₺ 13,809,432.00	₺ 11,836,656.00	₺ 9,863,880.00	₺ 7,891,104.00	₺ 5,918,328.00	₺ 3,945,552.00
(-)Costos mantenimiento	₺ -	₺ 112,769.56	₺ 225,539.11	₺ 118,308.67	₺ 231,078.22	₺ 533,901.92	₺ 311,460.22	₺ 129,386.89	₺ 132,156.44
(-)gastos de recarga	₺ -	₺ 316,797.55	₺ 324,773.81	₺ 332,950.89	₺ 341,333.85	₺ 349,927.88	₺ 358,738.29	₺ 367,770.52	₺ 377,030.17
(-)Inversión requerida	₺ 20,831,354.19	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -
Valor de rescate	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺ 3,945,552.00
Flujo Neto efectivo	-₺ 20,831,354.19	-₺ 429,567.11	-₺ 550,312.92	-₺ 451,259.56	-₺ 572,412.08	-₺ 883,829.80	-₺ 670,198.51	-₺ 497,157.41	-₺ 4,454,738.61
FNE Descontado	-₺5,281,437.74								
VAN	-₺ 26,112,791.93								

Tabla 45: ACCV para Toyota Coaster

Tasa de descuento	8.31%
Impuesto	0%
Kilometraje anual promedio	18,113.33
Marchamo	0.00%
Valor de adquisición	\$ 42,223.98
Mantenimiento anual 2023	\$ 2,105.22
Inflación	2.52%
Inversión inicial	\$ 42,223.98
Depreciación anual	\$ 4,222.40

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8
Kilometraje esperado	\$ -	18113	36227	54340	72453	90567	108680	126793	144907
(-)Depreciación	\$ -	\$ 4,222.40	\$ 4,222.40	\$ 4,222.40	\$ 4,222.40	\$ 4,222.40	\$ 4,222.40	\$ 4,222.40	\$ 4,222.40
(-)Costos mantenimiento	\$ -	\$ 2,105.22	\$ 2,158.23	\$ 2,158.23	\$ 2,158.23	\$ 2,158.23	\$ 2,158.23	\$ 2,158.23	\$ 2,158.23
Valor del vehiculo	\$ -	\$ 38,001.59	\$ 33,779.19	\$ 29,556.79	\$ 25,334.39	\$ 21,111.99	\$ 16,889.59	\$ 12,667.20	\$ 8,444.80
(-)gastos de combustible	\$ -	\$ 1,215.70	\$ 955.64	\$ 1,233.72	\$ 1,551.70	\$ 1,452.24	\$ 1,012.18	\$ 1,532.03	\$ 2,678.34
(-)Inversión requerida	\$ 42,223.98	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Valor de rescate	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 8,444.80
Flujo Neto efectivo	\$ (42,223.98)	\$ (3,320.92)	\$ (3,113.87)	\$ (3,391.95)	\$ (3,709.92)	\$ (3,610.46)	\$ (3,170.40)	\$ (3,690.25)	\$ 3,608.23
FNE Descontado	\$ (15,677.22)								
VAN	\$ (57,901.21)								
FNE Descontado	-€ 7,930,166.73								
VAN	-€ 29,288,746.80								



Tabla 46: ACCV para Yutong D8E

Tasa de descuento	8.31%
Impuesto	0%
Kilometraje anual promedio	18,113.33
Marchamo	0.00%
Valor de adquisición	€ 126,460,000.00
Mantenimiento menor	€ 110,000.00
Mantenimiento mayor	€ 220,000.00
Parte del costo de la instalación de la acometida	€ 7,074,321.71
Inversión inicial	€ 133,534,321.71
Inflación	2.52%


Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Kilometraje esperado	0	18,113.33	36,226.67	54,340.00	72,453.33	90,566.67	108,680.00	126,793.33	144,906.67
(-) Valor del vehículo	€ -	€ 113,814,000.00	€ 101,168,000.00	€ 88,522,000.00	€ 75,876,000.00	€ 63,230,000.00	€ 50,584,000.00	€ 37,938,000.00	€ 25,292,000.00
(-) Costos mantenimiento	€ -	€ 112,769.56	€ 346,617.33	€ 552,824.13	€ 530,542.76	€ 371,543.33	€ 465,030.93	€ 745,738.98	€ 396,469.33
(-) gastos de recarga	€ -	€ 1,652,248.33	€ 1,693,848.27	€ 1,736,495.61	€ 1,780,216.71	€ 1,825,038.61	€ 1,870,989.03	€ 1,918,096.37	€ 1,966,389.78
(-) Inversión requerida	€ 133,534,321.71	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Valor de rescate	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ 25,292,000.00
Flujo Neto efectivo	-€ 133,534,321.71	-€ 1,765,017.89	-€ 2,040,465.61	-€ 2,289,319.74	-€ 2,310,759.46	-€ 2,196,581.94	-€ 2,336,019.96	-€ 2,663,835.35	-€ 27,654,859.11
FNE Descotado	-€25,896,340.00								
VAN	-€ 159,430,661.70								


# Capítulo 8: Anexos


## Fichas Técnicas vehículos eléctricos.


Aion V Plus

### Ficha técnica

Parámetros Básicos 	70 Smart Edition	70 Technology Edition	80 Technology Edition
Largo (mm)		4650	
Ancho (mm)		1920	
Alto (mm)		1720	
Distancia entre ejes (mm)		2830	
Número de pasajeros	7		5
Distancia mínima al suelo (mm)	160	150	160
Rango de cruceo en condiciones de trabajo integral (km)		500	600

Rendimiento 	70 Smart Edition	70 Technology Edition	80 Technology Edition
Potencia máxima (kW)		180	
Tipo de Batería		Lifepo	Litio ternario
Capacidad de la batería (kWh)	69,9	67,97	80

Seguridad del Control de Conducción 	70 Smart Edition	70 Technology Edition	80 Technology Edition
Crucero adaptativo	—	•	•
Sistema de monitoreo (punto ciego)	—	—	•
Asistente de cambio de carril automático	—	—	•
Modo mascota	•	•	•
Llantas de aleación de aluminio de 19 pulgadas	•	•	—
Llanta de aleación de aluminio de 20 pulgadas	—	—	•
Sistema de monitoreo directo de presión de neumáticos	•	•	•
Bolsas de aire frontales dobles	•	•	•
Bolsas de aire laterales dobles delanteros	•	•	•
Cortinas de aire laterales dobles delanteras y traseras	•	•	•
Kit de reparación de llantas	•	•	•
Seguro de niños	•	•	•

Sistema Inteligente de conducción 	70 Smart Edition	70 Technology Edition	80 Technology Edition
LKA/TJA/IHBC/AEB/FCW	—	•	•



Interior 	70 Smart Edition	70 Technology Edition	80 Technology Edition
Pantalla de control central de 15,6 pulgadas	•	•	•
Sistema de monitoreo del conductor	—	•	•
Carga inalámbrica de teléfonos móviles	—	•	•
Luz ambiental inteligente	—	•	•
Imagen panorámica de alta definición de 360°, incluido radar de marcha atrás	•	•	•
Función V2L	•	•	•
Volante cubierto de cuero	•	•	•
Asiento de cuero	•	•	•
Ajuste eléctrico de 6 posiciones (Asiento del conductor)	•	•	•
Memoria del asiento del conductor	—	•	•
Espejo retrovisor interior electrocrómico	—	•	•
Segunda fila de asientos (reclinable, 60/40)	•	•	•
Tercera fila de asientos (reclinable, 5/5)	•	—	—
Salidas de aire acondicionado traseras y puertos USB	•	•	•
Aire acondicionado de doble flujo automático	•	•	•
Ventana de cierre y apertura automática (sistema antipellizco)	•	•	•
Cajuela eléctrica	•	•	•
Capacidad máxima del maletero (L)	583L		405L
Faro LED dividido	•	•	•
Sistema de luces automáticas	•	•	•
Luces traseras LED	•	•	•
Luces LED de circulación luces antiniebla traseras/luces de freno de montaje alto	•	•	•
Manija de puerta oculta	•	•	•
Espejos retrovisores exteriores plegables automáticamente	•	•	•
Techo panorámico de 2,2m	•	•	•
Limpaparabrisas delanteros automáticos	•	•	•
Tecnología de batería refrigerada por líquido	•	•	•
Desbloqueo automático de alarma antirobo/sensor de impacto	•	•	•



Tang EV

PARÁMETROS BÁSICOS	
Longitud (mm)	4900
Anchura (mm)	1950
Altura (mm)	1725
Distancia entre ejes (mm)	2820
Peso Bruto (kg)	3085
Volumen de carga (L)	235 / 940 / 1655
Número de asientos	7
Potencia Máxima (HP)	510
Torque combinado (N.m)	700
Aceleración de 0-100km/h (s)	4,4

NUEVA ENERGÍA	
Batería Blade	*
Capacidad de la Batería (kWh)	108,8
Carga DC 30%-80% (min)	30
Cargador portátil GB 3 a 7 + Función de descarga VTOL	*
Sistema de reserva de carga	*
Estándar de carga DC 140 kW	*

POTENCIA	
Modo de manejo	EV
Autonomía EV (km)	635 CLTC / 530 WLTP

EXTERIOR	
Techo corredizo panorámico	*
Limpiaparabrisas delantero con sensor de lluvia	*
Limpiaparabrisas trasero	*
Portaequipajes integrado de aleación de aluminio	*
Puerta del maletero eléctrica con acceso manos libres y puerta levadiza activada por el pie	*
Llanta de aleación de aluminio de doble color	*

INTERIOR	
Volante múltiple de cuero, con sistema de memoria de volante, calentador de volante	*
Instrumento LCD completo de 12.3 pulgadas	*
Estuche de gafas de techo	*

Carga inalámbrica de teléfono	*
Parasol del conductor con espejo de tocador (con lámpara)	*
Parasol del pasajero delantero con espejo de tocador (con lámpara)	*
Parasol de techo corredizo panorámico	*
Reposabrazos central con portavasos doble	*
Reposabrazos central delantero	*
SopORTE de portavasos doble del panel de instrumentos auxiliar	*
Interfaz USB: Interfaz USB de la caja del apoyabrazos (2), interfaz USB de la fila central (Tipo A *1 y Tipo C *1), interfaz multimedia SD + USB	*
Sistema de cabina inteligente BYD	*
Radio FM	*
Pantalla inteligente de 15,6 pulgadas con rotación eléctrica	*
Sistema de navegación GPS	*
Sistema inteligente de control por voz	*
Ubicación inteligente de dos zonas de fuente de sonido de voz	*
12 altavoces Dynaudio	*

AIRE ACONDICIONADO	
Aire acondicionado automático	*
Aire acondicionado automático de tres zonas	*
Aire acondicionado central / trasero independiente	*
Salida de aire central / trasera	*
Aire acondicionado con filtro PM2.5 de alta eficiencia	*
Purificación de aire del generador de iones negativos	*
Purificación de aire de esterilización a alta temperatura	*
Aire acondicionado y calefacción	*

SEGURIDAD	
Bolsas de aire frontales para el conductor	*
Bolsas de aire frontales para el pasajero delantero	*
Bolsas de aire laterales delanteras	*
Bolsas de aire de cortina de laterales delanteros y traseros	*
Cinturón de seguridad precargado con limitación de fuerza en la primera fila + altura ajustable	*
Cinturón de seguridad precargado con limitación de fuerza en la fila central	*
Cinturón de seguridad precargado con limitación de fuerza en la fila trasera	*
Recordatorio del cinturón de seguridad del conductor	*
Recordatorio del cinturón de seguridad del pasajero delantero	*
Recordatorio del cinturón de seguridad de la fila central	*
Recordatorio del cinturón de seguridad de la fila trasera	*

Cámara Panorámica 540°	*
Cámara Interior	*
Detección de punto ciego (BSD)	*
Head-Up Display en el parabrisas (W-HUD)	*
Sistema inteligente de frenado eléctrico	*
Sistema de frenado asistido por potencia hidráulica (HBB)	*
Asistencia de frenado hidráulico (HBA)	*
Sistema de control de tracción (TCS)	*
Freno de estacionamiento eléctrico (EPB)	*
Sistema de control de desaceleración del freno de estacionamiento (CDP)	*
Sistema de control dinámico del vehículo (VDC)	*
Distribución electrónica de la fuerza de frenado (EBD)	*
Sistema de control de arranque en pendiente (HHC)	*
Función de frenado de confort (CST)	*
Sistema de limpieza de discos de freno	*
Sistema de frenado regenerativo coordinado (CRBS)	*
Sistema de control de prevención de vuelcos	*
Control de descenso de pendientes (HDC)	*
Sistema de anulación de frenos (BOS)	*
Advertencia de puerta abierta (DOW)	*
Sistema de cruce adaptativo con función start-stop (ACC-S&G)	*
Sistema de navegación inteligente ICC	*
Alarma de límite de velocidad inteligente (ISL)	*
Control inteligente del límite de velocidad (ISLC)	*
Reconocimiento de señales de tráfico (TSR)	*
Advertencia de colisión frontal (FCW)	*
Advertencia de colisión predictiva (PCW)	*
Frenado automático de emergencia (AEB)	*
Advertencia de colisión trasera (RCW)	*
Alerta de tráfico de cruce frontal (FCTA)	*
Freno de colisión cruzada delantera (FCTB)	*
Alerta de colisión cruzada trasera (RCTA)	*
Asistencia de salida de carril (LDA)	*
Asistencia de mantenimiento de carril (LKA)	*
Sistema de asistencia para el cambio de carril (LCA)	*
Asistencia de emergencia para mantenerse en el carril (ELKA)	*
Asistencia en atascos (TJA)	*
4 radares de marcha atrás delanteros	*
4 radares de marcha atrás traseros	*
Sistema de monitoreo directo de la presión de los neumáticos (TPMS)	*
Bloqueo de seguridad para niños	*

VIDRIOS Y ESPEJOS	
Vidrio del parabrisas delantero con aislamiento térmico y acústico	*
Vidrio del parabrisas trasero con aislamiento térmico y acústico	*
Calefacción eléctrica de desempañamiento y descongelamiento del parabrisas trasero	*
Vidrio de la puerta delantera con aislamiento térmico y acústico	*
Elevación de ventana de las cuatro puertas de un botón con función antipélico	*
Espejo retrovisor exterior con ajuste eléctrico de la lente, calefacción y descongelación	*
Espejo retrovisor exterior de curvatura doble	*
Ajuste automático de los retrovisores exteriores al dar marcha atrás	*
Espejos exteriores plegables eléctricamente	*
Plegado automático de los retrovisores exteriores al bloquear el coche	*
Memoria de posición del espejo externo (incluida con la memoria del asiento)	*
Espejo retrovisor interior automático antideslumbrante	*

CONTROL	
Encendido remoto del aire acondicionado, inicio remoto	*
Inicio sin llave	*
Sistema de dirección asistida eléctrica (R-EPS)	*
Ajuste electrónico de la columna de dirección ajustable en 4 direcciones	*
Cambio de marchas electrónico tipo palanca (luminiscente)	*
Sistema de estacionamiento electrónico (EPB) y Sistema de estacionamiento automático (AVH)	*
Modo Normal	*
Modo Económico	*
Modo Todo-Terreno	*
Sistema coordinado de retroalimentación de frenado	*

ASIENTOS	
2+3+2 tres filas de asientos	*
Asientos en cuero Nappa	*
4-6 asientos plegables de la segunda fila	*
Asiento del conductor con ajuste eléctrico de 8 posiciones, ventilación, calefacción y masaje	*
Sistema de memoria del asiento del conductor	*

Soporte para la cintura del asiento del conductor con ajuste eléctrico en 4 posiciones	•
Ajuste manual del reposacabezas del asiento del conductor	•
Reposapiés ajustable manualmente en el asiento del conductor	•
Asiento del pasajero con ajuste eléctrico de 4 posiciones, ventilación, calefacción y masaje	•
Reposapiés ajustable manualmente en el asiento del pasajero delantero	•
Accesorio de asiento para niños LATCH (Compatible con ISO-FIX)	•
<b>CHASIS</b>	
Suspensión delantera McPherson y suspensión de control electrónico Sistema DiSus-C	•
Suspensión trasera multibrazo y suspensión trasera con control electrónico sistema DiSus-C	•
Disco de freno ventilado delantero	•
Disco de freno ventilado trasero	•
Calipers Brembo	•
<b>LLANTAS</b>	
Neumático de 21 pulgadas	•
Neumático de Michelin	•
Modelo de neumático	265 / 45 R21
<b>LUCES</b>	
Ajuste manual de altura de los faros delanteros LED	•
Luces antiniebla traseras	•
Sistema de iluminación frontal adaptable (AFS)	•
Encendido automático de los faros delanteros	•
Encendido / apagado adelantado de faros "Sígueme a casa"	•
Asistencia de luces altas y bajas (HMA)	•
Luces de circulación diurna	•
Luces traseras combinadas (LED)	•
Luces de dirección dinámica delanteras (LED)	•
Luz de dirección dinámica trasera (LED)	•
Luz de freno alta (LED)	•
Luz de bienvenida dinámica	•
Lámpara de pie del conductor	•

Lámpara de pie del pasajero delantero	•
Lámpara del maletero	•
Lámpara de guantera	•
Lámpara en las cuatro puertas (LED)	•
Lámpara del compartimento delantero (LED)	•
Lámpara del compartimento trasero (LED)	•
Lámpara del compartimento central (LED)	•
Lámpara de ambiente interior degradada multicolor	•
Lámpara de ambiente translúcida del panel de instrumentos	•

**GARANTÍA**  
Garantía sobre el vehículo, durante 6 años o 150.000 KM ( lo primero que suceda)



**OPCIÓN DE COLORES**



**OPCIÓN DE INTERIORES**



## Yutong D8E



## Parameter

Length * Width * Height (mm)	7730*2410*3200
Minimum turning diameter (m)	16
Tyre	GOODYEAR 235/75R17.5
Suspension	Leaf spring
Air conditioner(A/C)	20000 kcal/h cooling capacity
Max. speed(km/h)	80
Seats	28+1+1
Length	8 Meters
Battery capacity (kWh)	175

## Tablas del NEC utilizadas

**Tabla 310.15(B)(2)(a) Factores de corrección de temperatura ambiente basada en 30°C (86°F)**

**Para temperaturas ambientes distintas a 30°C (86°F), multiplique las ampacidades permisibles especificadas en las tablas de ampacidad por el factor de corrección apropiado mostrado a continuación.**

Temperatura ambiente (°C)	Temperatura nominal del conductor			Temperatura ambiente (°F)
	60°C	75°C	90°C	
10 o menos	1.29	1.20	1.15	50 o menos
11–15	1.22	1.15	1.12	51–59
16–20	1.15	1.11	1.08	60–68
21–25	1.08	1.05	1.04	69–77
26–30	1.00	1.00	1.00	78–86
31–35	0.91	0.94	0.96	87–95
36–40	0.82	0.88	0.91	96–104
41–45	0.71	0.82	0.87	105–113
46–50	0.58	0.75	0.82	114–122
51–55	0.41	0.67	0.76	123–131
56–60	—	0.58	0.71	132–140
61–65	—	0.47	0.65	141–149
66–70	—	0.33	0.58	150–158
71–75	—	—	0.50	159–167
76–80	—	—	0.41	168–176
81–85	—	—	0.29	177–185

**Tabla 310.15(B)(3)(a) Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente**

Cantidad de conductores <sup>1</sup>	Porcentaje de los valores de las Tablas 310.15(B)(16) a 310.15(B)(19) ajustados para la temperatura ambiente, si fuera necesario
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y más	35

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 TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos THW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	
	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	125	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

Tabla 250.122 Calibre mínimo de conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos.

Valor nominal o ajuste de dispositivos automáticos contra sobrecorriente en circuitos antes del equipo, conducto, etc., sin exceder (Amperes)	Calibre (AWG o kcmil)	
	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre <sup>a</sup>
15	14	12
20	12	10
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	750
5000	700	1200
6000	800	1200

Nota: Cuando sea necesario cumplir con la sección 250.4(A)(5) o (B)(4), el conductor de puesta a tierra del equipo debe ser dimensionado con un calibre mayor que el dado en esta Tabla.

<sup>a</sup>Véanse las restricciones de instalación en la sección 250.120.

TABLAS

CAPÍTULO 9

Tabla 5 (Continuación)

Tipo	Calibre (AWG o kcmil)	Área aproximada		Diámetro aproximado	
		mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm	pulg.
Tipo: RHH*, RHW*, RHW-2*, THHN, THHW, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF, XFF					
RHH*, RHW*, RHW-2*, XF, XFF	10	21.48	0.0333	5.232	0.206
RHH*, RHW*, RHW-2*	8	35.87	0.0556	6.756	0.266
TW, THW, THHW, THW-2, RHH*, RHW*, RHW-2*	6	46.84	0.0726	7.722	0.304
	4	62.77	0.0973	8.941	0.352
	3	73.16	0.1134	9.652	0.380
	2	86.00	0.1333	10.46	0.412
	1	122.6	0.1901	12.50	0.492
	1/0	143.4	0.2223	13.51	0.532
	2/0	169.3	0.2624	14.68	0.578
	3/0	201.1	0.3117	16.00	0.630
	4/0	239.9	0.3718	17.48	0.688
	250	296.5	0.4596	19.43	0.765
	300	340.7	0.5281	20.83	0.820
	350	384.4	0.5958	22.12	0.871
	400	427.0	0.6619	23.32	0.918
	500	509.7	0.7901	25.48	1.003
	600	627.7	0.9729	28.27	1.113
	700	710.3	1.1010	30.07	1.184
	750	751.7	1.1652	30.94	1.218
800	791.7	1.2272	31.75	1.250	
900	874.9	1.3561	33.38	1.314	
1000	953.8	1.4784	34.85	1.372	
1250	1200	1.8602	39.09	1.539	
1500	1400	2.1695	42.21	1.662	
1750	1598	2.4773	45.11	1.776	
2000	1795	2.7818	47.80	1.882	
TFN, TFFN	18	3.548	0.0055	2.134	0.084
	16	4.645	0.0072	2.438	0.096
THHN, THWN, THWN-2	14	6.258	0.0097	2.819	0.111
	12	8.581	0.0133	3.302	0.130
	10	13.61	0.0211	4.166	0.164
	8	23.61	0.0366	5.486	0.216
	6	32.71	0.0507	6.452	0.254
	4	53.16	0.0824	8.230	0.324
	3	62.77	0.0973	8.941	0.352
	2	74.71	0.1158	9.754	0.384
	1	100.8	0.1562	11.33	0.446
	1/0	119.7	0.1855	12.34	0.486
	2/0	143.4	0.2223	13.51	0.532
	3/0	172.8	0.2679	14.83	0.584
	4/0	208.8	0.3237	16.31	0.642
250	256.1	0.3970	18.06	0.711	
300	297.3	0.4608	19.46	0.766	

(Continúa)

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 <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm	pulg.	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>
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

Tabla 9 Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75°C (167°F) — Tres conductores individuales en un conducto

Calibre (AWG o kcmil)	Ohms al neutro por kilómetro															Calibre (AWG o kcmil)
	Ohms al neutro por 1000 pies															
	X <sub>i</sub> (Reactancia) para todos los alambres		Resistencia en corriente alterna para alambres de cobre sin recubrir			Resistencia en corriente alterna para alambres de aluminio			Z eficaz a 0.85 PF para alambres de cobre sin recubrir			Z eficaz a 0.85 PF para alambres de aluminio				
Conducto de PVC o Aluminio	Conducto de acero	Conducto de PVC	Conducto de aluminio	Conducto de acero	Conducto de PVC	Conducto de aluminio	Conducto de acero	Conducto de PVC	Conducto de aluminio	Conducto de acero	Conducto de PVC	Conducto de aluminio	Conducto de acero	Conducto de PVC		
14	0.190 0.058	0.240 0.073	10.2 3.1	10.2 3.1	10.2 3.1	—	—	—	8.9 2.7	8.9 2.7	8.9 2.7	—	—	—	14	
12	0.177 0.054	0.223 0.068	6.6 2.0	6.6 2.0	6.6 2.0	10.5 3.2	10.5 3.2	10.5 3.2	5.6 1.7	5.6 1.7	5.6 1.7	9.2 2.8	9.2 2.8	9.2 2.8	12	
10	0.164 0.050	0.207 0.063	3.9 1.2	3.9 1.2	3.9 1.2	6.6 2.0	6.6 2.0	6.6 2.0	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	5.9 1.8	5.9 1.8	5.9 1.8	10	
8	0.171 0.052	0.213 0.065	2.56 0.78	2.56 0.78	2.56 0.78	4.3 1.3	4.3 1.3	4.3 1.3	2.26 0.69	2.26 0.69	2.30 0.70	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	8	
6	0.167 0.051	0.210 0.064	1.61 0.49	1.61 0.49	1.61 0.49	2.66 0.81	2.66 0.81	2.66 0.81	1.44 0.44	1.48 0.45	1.48 0.45	2.33 0.71	2.36 0.72	2.36 0.72	6	
4	0.157 0.048	0.197 0.060	1.02 0.31	1.02 0.31	1.02 0.31	1.67 0.51	1.67 0.51	1.67 0.51	0.95 0.29	0.95 0.29	0.98 0.30	1.51 0.46	1.51 0.46	1.51 0.46	4	
3	0.154 0.047	0.194 0.059	0.82 0.25	0.82 0.25	0.82 0.25	1.31 0.40	1.35 0.41	1.31 0.40	0.75 0.23	0.79 0.24	0.79 0.24	1.21 0.37	1.21 0.37	1.21 0.37	3	
2	0.148 0.045	0.187 0.057	0.62 0.19	0.66 0.20	0.66 0.20	1.05 0.32	1.05 0.32	1.05 0.32	0.62 0.19	0.62 0.19	0.66 0.20	0.98 0.30	0.98 0.30	0.98 0.30	2	
1	0.151 0.046	0.187 0.057	0.49 0.15	0.52 0.16	0.52 0.16	0.82 0.25	0.85 0.26	0.82 0.25	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.79 0.24	0.79 0.24	0.82 0.25	1	
1/0	0.144 0.044	0.180 0.055	0.39 0.12	0.43 0.13	0.39 0.12	0.66 0.20	0.69 0.21	0.66 0.20	0.43 0.13	0.43 0.13	0.43 0.13	0.62 0.19	0.66 0.20	0.66 0.20	1/0	
2/0	0.141 0.043	0.177 0.054	0.33 0.10	0.33 0.10	0.33 0.10	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	2/0	
3/0	0.138 0.042	0.171 0.052	0.253 0.077	0.269 0.082	0.259 0.079	0.43 0.13	0.43 0.13	0.43 0.13	0.289 0.088	0.302 0.092	0.308 0.094	0.43 0.13	0.43 0.13	0.46 0.14	3/0	
4/0	0.135 0.041	0.167 0.051	0.203 0.062	0.220 0.067	0.207 0.063	0.33 0.10	0.36 0.11	0.33 0.10	0.243 0.074	0.256 0.078	0.262 0.080	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	4/0	
250	0.135 0.041	0.171 0.052	0.171 0.052	0.187 0.057	0.177 0.054	0.279 0.085	0.295 0.090	0.282 0.086	0.217 0.066	0.230 0.070	0.240 0.073	0.308 0.094	0.322 0.098	0.33 0.10	250	



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	
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

Tabla 5 Dimensiones de conductores aislados y de cables de artefactos

Tipo	Calibre (AWG o kcmil)		Área aproximada		Diámetro aproximado	
			mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	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, TE, TFE, THHW, THW, THW-2, TW, XE, 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	33.61	0.0535	6.628	0.262	
	6	40.00	0.0641	7.246	0.286	
	4	46.00	0.0753	7.864	0.310	
	3	52.00	0.0871	8.482	0.334	
	2	58.00	0.1000	9.100	0.358	
	1	64.00	0.1135	9.718	0.382	
	1/0	70.00	0.1280	10.336	0.406	
	2/0	76.00	0.1435	10.954	0.430	
	3/0	82.00	0.1600	11.572	0.454	
	4/0	88.00	0.1775	12.190	0.478	
	250	100.00	0.2000	13.000	0.512	
	300	110.00	0.2200	13.810	0.546	
	350	120.00	0.2400	14.620	0.580	
	400	130.00	0.2600	15.430	0.614	
	500	150.00	0.3000	17.000	0.669	
	600	170.00	0.3400	18.570	0.724	
	700	190.00	0.3800	20.140	0.779	
	750	200.00	0.4000	20.950	0.813	
	800	210.00	0.4200	21.760	0.847	
	900	230.00	0.4600	23.330	0.902	
	1000	250.00	0.5000	24.900	0.957	
	1250	315.00	0.6300	31.500	1.219	
	1500	380.00	0.7600	38.100	1.481	
	1750	445.00	0.8900	44.700	1.743	
	2000	510.00	1.0200	51.300	2.005	
SF-2, SFF-2	18	7.419	0.0115	3.073	0.121	
	16	8.968	0.0139	3.378	0.133	
	14	11.10	0.0172	3.759	0.148	
SF-1, SFF-1	18	4.194	0.0065	2.311	0.091	
RFH-1, TE, TFE, XE, XFF	18	5.161	0.0088	2.692	0.106	
TE, TFE, XE, XFF	16	7.032	0.0109	2.997	0.118	
TW, XE, XFF, THHW, THW, THW-2	14	8.968	0.0139	3.378	0.133	
TW, THHW, THW, THW-2	12	11.68	0.0181	3.861	0.152	
	10	15.68	0.0243	4.470	0.176	
	8	28.19	0.0437	5.994	0.236	
RHH*, RHW*	14	13.48	0.0209	4.140	0.163	

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 <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm	pulg.	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>
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

Tipo	Calibre (AWG o kcmil)	Área aproximada		Diámetro aproximado	
		mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm	pulg.
Tipo: RHH*, RHW*, RHW-2*, THHN, THHW, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF, XFF					
RHH*, RHW*, RHW-2*, XF, XFF	10	21.48	0.0333	5.232	0.206
RHH*, RHW*, RHW-2*	8	35.87	0.0556	6.756	0.266
TW, THW, THHW, THW-2, RHH*, RHW*, RHW-2*	6	46.84	0.0726	7.722	0.304
	4	62.77	0.0973	8.941	0.352
	3	73.16	0.1134	9.652	0.380
	2	86.00	0.1333	10.46	0.412
	1	122.6	0.1901	12.50	0.492

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 <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm	pulg.	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>
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

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 TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2			Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2			
Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	
	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	125	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

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 TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2			Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2			
Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	
	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

Tabla 5 (Continuación)

Tipo	Calibre (AWG o kcmil)	Área aproximada		Diámetro aproximado	
		mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm	pulg.
Tipo: RHH*, RHW*, RHW-2*, THHN, THHW, THW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN-2, XF, XFF					
RHH*, RHW*, RHW-2*, XF, XFF	10	21.48	0.0333	5.232	0.206
RHH*, RHW*, RHW-2*	8	35.87	0.0556	6.756	0.266
TW, THW, THHW, THW-2, RHH*, RHW*, RHW-2*	6	46.84	0.0726	7.722	0.304
	4	62.77	0.0973	8.941	0.352
	3	73.16	0.1134	9.652	0.380
	2	86.00	0.1333	10.46	0.412
	1	122.6	0.1901	12.50	0.492
	1/0	143.4	0.2223	13.51	0.532
	2/0	169.3	0.2624	14.68	0.578
	3/0	201.1	0.3117	16.00	0.630
	4/0	239.9	0.3718	17.48	0.688
	250	296.5	0.4596	19.43	0.765
	300	340.7	0.5281	20.83	0.820
	350	384.4	0.5958	22.12	0.871
	400	427.0	0.6619	23.32	0.918
	500	509.7	0.7901	25.48	1.003
	600	627.7	0.9729	28.27	1.113
	700	710.3	1.1010	30.07	1.184
	750	751.7	1.1652	30.94	1.218
800	791.7	1.2272	31.75	1.250	
900	874.9	1.3561	33.38	1.314	
1000	953.8	1.4784	34.85	1.372	
1250	1200	1.8602	39.09	1.539	
1500	1400	2.1695	42.21	1.662	
1750	1598	2.4773	45.11	1.776	
2000	1795	2.7818	47.80	1.882	
TFN, TFFN	18	3.548	0.0055	2.134	0.084
	16	4.645	0.0072	2.438	0.096
THHN, THWN, THWN-2	14	6.258	0.0097	2.819	0.111
	12	8.581	0.0133	3.302	0.130
	10	13.61	0.0211	4.166	0.164
	8	23.61	0.0366	5.486	0.216
	6	32.71	0.0507	6.452	0.254
	4	53.16	0.0824	8.230	0.324
	3	62.77	0.0973	8.941	0.352
	2	74.71	0.1158	9.754	0.384
	1	100.8	0.1562	11.33	0.446

Tabla 5 (Continuación)

Tipo	Calibre (AWG o kcmil)	Área aproximada		Diámetro aproximado	
		mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm	pulg.
Tipo: FEP, FEPB, PAF, PAFF, PF, PFA, PFAH, PFE, PGF, PGFF, PTE, PTFE, TFE, THHN, THWN, THWN-2, Z, ZF, ZFF, ZHF					
THHN, THWN, THWN-2	350	338.2	0.5242	20.75	0.817
	400	378.3	0.5863	21.95	0.864
	500	456.3	0.7073	24.10	0.949
	600	559.7	0.8676	26.70	1.051
	700	637.9	0.9887	28.50	1.122
	750	677.2	1.0496	29.36	1.156
	800	715.2	1.1085	30.18	1.188
	900	794.3	1.2311	31.80	1.252
	1000	869.5	1.3478	33.27	1.310

Tabla 9 Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75°C (167°F) — Tres conductores individuales en un conducto

Calibre (AWG o kcmil)	Ohms al neutro por kilómetro															Calibre (AWG o kcmil)	
	Ohms al neutro por 1000 pies																
	X <sub>r</sub> (Reactancia) para todos los alambres			Resistencia en corriente alterna para alambres de cobre sin recubrir			Resistencia en corriente alterna para alambres de aluminio			Z eficaz a 0.85 PF para alambres de cobre sin recubrir			Z eficaz a 0.85 PF para alambres de aluminio				
Conducto de PVC o Aluminio	Conducto de acero	Conducto de PVC	Conducto de aluminio	Conducto de acero	Conducto de PVC	Conducto de aluminio	Conducto de acero	Conducto de PVC	Conducto de aluminio	Conducto de acero	Conducto de PVC	Conducto de aluminio	Conducto de acero	Conducto de PVC	Conducto de aluminio	Conducto de acero	
14	0.190 0.058	0.240 0.073	10.2 3.1	10.2 3.1	10.2 3.1	—	—	—	8.9 2.7	8.9 2.7	8.9 2.7	—	—	—	—	—	14
12	0.177 0.054	0.223 0.068	6.6 2.0	6.6 2.0	6.6 2.0	10.5 3.2	10.5 3.2	10.5 3.2	5.6 1.7	5.6 1.7	5.6 1.7	9.2 2.8	9.2 2.8	9.2 2.8	9.2 2.8	9.2 2.8	12
10	0.164 0.050	0.207 0.063	3.9 1.2	3.9 1.2	3.9 1.2	6.6 2.0	6.6 2.0	6.6 2.0	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	5.9 1.8	5.9 1.8	5.9 1.8	5.9 1.8	5.9 1.8	10
8	0.171 0.052	0.213 0.065	2.56 0.78	2.56 0.78	2.56 0.78	4.3 1.3	4.3 1.3	4.3 1.3	2.26 0.69	2.26 0.69	2.26 0.69	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	3.6 1.1	8
6	0.167 0.051	0.210 0.064	1.61 0.49	1.61 0.49	1.61 0.49	2.66 0.81	2.66 0.81	2.66 0.81	1.44 0.44	1.48 0.45	1.48 0.45	2.33 0.71	2.36 0.72	2.36 0.72	2.36 0.72	2.36 0.72	6
4	0.157 0.048	0.197 0.060	1.02 0.31	1.02 0.31	1.02 0.31	1.67 0.51	1.67 0.51	1.67 0.51	0.95 0.29	0.95 0.29	0.98 0.30	1.51 0.46	1.51 0.46	1.51 0.46	1.51 0.46	1.51 0.46	4
3	0.154 0.047	0.194 0.059	0.82 0.25	0.82 0.25	0.82 0.25	1.31 0.40	1.35 0.41	1.31 0.40	0.75 0.23	0.79 0.24	0.79 0.24	1.21 0.37	1.21 0.37	1.21 0.37	1.21 0.37	1.21 0.37	3
2	0.148 0.045	0.187 0.057	0.62 0.19	0.66 0.20	0.66 0.20	1.05 0.32	1.05 0.32	1.05 0.32	0.62 0.19	0.62 0.19	0.66 0.20	0.98 0.30	0.98 0.30	0.98 0.30	0.98 0.30	0.98 0.30	2
1	0.151 0.046	0.187 0.057	0.49 0.15	0.52 0.16	0.52 0.16	0.82 0.25	0.85 0.26	0.82 0.25	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.79 0.24	0.79 0.24	0.79 0.24	0.82 0.25	0.82 0.25	1
1/0	0.144 0.044	0.180 0.055	0.39 0.12	0.43 0.13	0.39 0.12	0.66 0.20	0.69 0.21	0.66 0.20	0.43 0.13	0.43 0.13	0.43 0.13	0.62 0.19	0.66 0.20	0.66 0.20	0.66 0.20	0.66 0.20	1/0
2/0	0.141 0.043	0.177 0.054	0.33 0.10	0.33 0.10	0.33 0.10	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	0.52 0.16	2/0
3/0	0.138 0.042	0.171 0.052	0.253 0.077	0.269 0.082	0.259 0.079	0.43 0.13	0.43 0.13	0.43 0.13	0.289 0.088	0.302 0.092	0.308 0.094	0.43 0.13	0.43 0.13	0.46 0.14	0.46 0.14	0.46 0.14	3/0
4/0	0.135 0.041	0.167 0.051	0.203 0.062	0.220 0.067	0.207 0.063	0.33 0.10	0.36 0.11	0.33 0.10	0.243 0.074	0.256 0.078	0.262 0.080	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	0.36 0.11	4/0
250	0.135 0.041	0.171 0.052	0.171 0.057	0.187 0.057	0.177 0.054	0.279 0.085	0.295 0.090	0.282 0.086	0.217 0.066	0.230 0.070	0.240 0.073	0.308 0.094	0.322 0.098	0.33 0.10	0.33 0.10	0.33 0.10	250
300	0.135 0.041	0.167 0.051	0.144 0.044	0.161 0.049	0.148 0.045	0.233 0.071	0.249 0.076	0.236 0.072	0.194 0.059	0.207 0.063	0.213 0.065	0.269 0.082	0.282 0.086	0.289 0.088	0.289 0.088	0.289 0.088	300
350	0.131 0.040	0.164 0.050	0.125 0.038	0.141 0.043	0.128 0.039	0.200 0.061	0.217 0.066	0.207 0.063	0.174 0.053	0.190 0.058	0.197 0.060	0.240 0.073	0.253 0.077	0.262 0.080	0.262 0.080	0.262 0.080	350
400	0.131 0.040	0.164 0.049	0.108 0.033	0.125 0.038	0.115 0.035	0.177 0.054	0.194 0.059	0.180 0.055	0.161 0.049	0.174 0.053	0.184 0.056	0.217 0.066	0.233 0.071	0.240 0.073	0.240 0.073	0.240 0.073	400

Artículo 344 — Conducto metálico rígido (RMC)

Designador métrico	Tamaño comercial	Módulo								Diámetro interno nominal		Área total 100%	
		Más de 2 cables 40%		60%		1 cable 53%		2 cables 31%		mm	pulg.	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>
		mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>	mm <sup>2</sup>	pulg. <sup>2</sup>				
12	3/8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	1/2	81	0.125	122	0.188	108	0.166	63	0.097	16.1	0.632	204	0.314
21	3/4	141	0.220	212	0.329	187	0.291	109	0.170	21.2	0.836	353	0.549
27	1	229	0.355	344	0.532	303	0.470	177	0.275	27.0	1.063	573	0.887
35	1 1/4	394	0.610	591	0.916	522	0.809	305	0.473	35.4	1.394	984	1.526
41	1 1/2	533	0.829	800	1.243	707	1.098	413	0.642	41.2	1.624	1333	2.071
53	2	879	1.363	1319	2.045	1165	1.806	681	1.056	52.9	2.083	2198	3.408
63	2 1/2	1255	1.946	1882	2.919	1663	2.579	972	1.508	63.2	2.489	3137	4.866
78	3	1936	3.000	2904	4.499	2565	3.974	1500	2.325	78.5	3.090	4840	7.499
91	3 1/2	2584	4.004	3877	6.006	3424	5.305	2003	3.103	90.7	3.570	6461	10.010
103	4	3326	5.153	4990	7.729	4408	6.828	2578	3.994	102.9	4.050	8316	12.882
129	5	5220	8.085	7830	12.127	6916	10.713	4045	6.266	128.9	5.073	13050	20.212
155	6	7528	11.663	11292	17.495	9975	15.454	5834	9.039	154.8	6.093	18821	29.158