

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZÚ
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD



**PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ESTACIONES DE CARGA
RÁPIDA PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN LOS
TRAYECTOS; CORONEL OVIEDO –P.J. CABALLERO (PY08–
PY05), CORONEL OVIEDO –ENCARNACIÓN (PY08),
ASUNCIÓN–SALTO DEL GUAIRÁ (PY03) Y ASUNCIÓN–
CONCEPCIÓN (PY03–PY05)**

Cristel Fabiola Segovia

Tutor: Prof. Ing. Pedro Pastor D. González R.

CORONEL OVIEDO, DICIEMBRE DE 2025



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.



Usted es libre de:

- **Compartir** — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato
- **Adaptar** — remezclar, transformar y construir a partir del material

Bajo los siguientes términos:

- **Atribución** — Usted debe dar [crédito de manera adecuada](#), brindar un enlace a la licencia, e [indicar si se han realizado cambios](#). Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.
- **NoComercial** — Usted no puede hacer uso del material con [propósitos comerciales](#).



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

DERECHO DE AUTOR

Quien suscriben, **Cristel Fabiola Segovia**, autor del trabajo de investigación titulado **“Proyecto de instalación de estaciones de carga para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo –P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05)”**, declara que voluntariamente cede a título gratuito en forma pura y simple ilimitada e irrevocablemente a favor de la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA, el derecho de autor de contenido patrimonial, que le corresponde sobre el trabajo de referencia. Conforme a lo anteriormente expresado, esta sesión le otorga a la FCyT la Facultad de comunicar la obra divulgarla, publicarla y reproducirla en soportes analógicos o digitales en la oportunidad que así lo estime conveniente. La FCyT deberá indicar qué autoría o creación del trabajo corresponde a nuestra persona y hará referencia a los autores y a las personas que hayan colaborado en la realización del presente trabajo de investigación.

En la ciudad de Coronel Oviedo, a los del mes dedel 2025

.....

Firmas



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero en Electricidad, aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores y con la siguiente nota final:

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Calificación Final: _____

Acta N°: _____

Fecha: _____



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi hermana Julia, quien me ha apoyado desde el día uno. Ella fue quien creyó en mí sin dudar un solo segundo de que podría lograrlo, convirtiéndose en mi refugio seguro. Cuando me llenaba de dudas, bastaba con escuchar sus palabras para disipar el miedo y la angustia. Ella no necesita preguntarme cómo me siento, porque sabe leerme por completo; estuvo presente en mis días de alegría y en mis momentos de tristeza, celebrando mis logros como si fueran propios. A ella, mi eterna gratitud, porque su apoyo y amor han sido mi fortaleza para lograr esta tan anhelada meta.

Cristel Fabiola Segovia



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme permitido llegar hasta esta etapa; solo Él conoce los momentos difíciles que debí afrontar a lo largo de la carrera. Ha sido un camino extenso y desafiante, pero colmado de aprendizajes. Expreso mi más sincero agradecimiento a mi familia por el apoyo incondicional brindado en todo este tiempo, y a mis amigos y compañeros, quienes con sus palabras de aliento me recordaron que, más allá de estudiar la carrera de mis sueños, es fundamental contar con personas que se convierten en anclas firmes que evitan que uno se hunda. Es verdaderamente maravilloso rodearse de seres tan valiosos. Agradezco también a cada docente de la Facultad, quienes no solo nos transmitieron conocimientos esenciales para la profesión, sino que también nos enseñaron a amar y valorar nuestra carrera, comprendiendo su importancia para la sociedad. De manera especial, expreso mi gratitud al Ing. Pedro Pastor González por su guía, escucha y acompañamiento durante la realización de este trabajo, así como por su constante disposición hacia todos los estudiantes.



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

Resumen

El proyecto evalúa la factibilidad técnica y económica para la instalación de estaciones de carga rápida de 150 kW en corredores estratégicos de Paraguay: Coronel Oviedo–Encarnación (PY08), Asunción–Salto del Guairá (PY03), Coronel Oviedo–Pedro Juan Caballero (PY08–PY05) y Asunción–Concepción (PY03–PY05). La propuesta se alinea con la Ley 6925/2022. La metodología integra revisión de normas y reglamentos técnicos; se seleccionaron emplazamientos estratégicos y, se evaluaron los tipos de conectores disponibles en las estaciones operativas, determinando así que los tipos de conectores con mayor predominancia en país son el CCS2 y el CHAdeMO para los modos de recarga rápida, y el tipo 2 para las recargas a menor potencia en C.A.

Se evaluó la capacidad de la red de distribución eléctrica, de los alimentadores involucrados, se realizaron cálculos necesarios para determinar la capacidad del transformador y dimensionamiento de conductores y sistemas de protección para la todos los componentes de la estación de carga, tanto para la instalación del cargador como también para el sistema fotovoltaico.

Se incorpora generación fotovoltaica conectada a la red con respaldo de baterías como fuente secundaria a la estación, a partir de simulaciones realizadas en el software PV Sol. Para esta simulación se estimó el consumo energético de las estaciones, asimismo se consideró la irradiancia media anual según la ubicación geográfica y otros factores que influyen en la generación de energía solar. Asimismo, se evaluó la producción estimada del estacionamiento solar y el porcentaje de autoconsumo; el diseño estructural de estacionamiento solar se modela en Autodesk Inventor y se verifica con la norma UNE-EN 1993 (Euro código 3) cumpliendo resistencia, seguridad, durabilidad y límites de desplazamiento.

En el análisis económico se evaluaron los presupuestos necesarios, se proyectó el flujo de caja anual por un periodo de 10 años, de acuerdo a la proyección de los vehículos a lo largo de ese tiempo, cuyos resultados arrojan que el VAN presenta un valor de 125.498.384Gs. la TIR es del 18 % superior a la tasa de descuento del 10% considerado para este proyecto y la PRI es de 5 años, por tanto, el proyecto presenta viabilidad en condiciones actuales.

Palabras clave: *Energías Renovables y Eficiencia Energética, ODS 7: Energía asequible y no contaminante, ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles. ODS 13: Acción por el clima.*



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

Abstract

The project evaluates the technical and economic feasibility of installing 150 kW fast-charging stations along strategic corridors in Paraguay: Coronel Oviedo–Encarnación (PY08), Asunción–Salto del Guairá (PY03), Coronel Oviedo–Pedro Juan Caballero (PY08–PY05), and Asunción–Concepción (PY03–PY05). The proposal aligns with Law 6925/2022. The methodology includes a review of technical standards and regulations; the selection of strategic locations; and an evaluation of the types of connectors available at operational stations, determining that the most prevalent connector types in the country are CCS2 and CHAdeMO for fast charging, and Type 2 for lower-power AC charging.

The capacity of the electrical distribution network and the feeders involved was evaluated. The necessary calculations were performed to determine the transformer capacity and the sizing of conductors and protection systems for all components of the charging station, both for the charger installation and for the photovoltaic system.

Grid-connected photovoltaic generation with battery backup is incorporated as a secondary power source for the station, based on simulations performed using PV Sol software. This simulation estimated the stations' energy consumption and considered the average annual irradiance according to geographic location and other factors influencing solar energy generation. The estimated production of the solar parking area and the percentage of self-consumption were also evaluated. The structural design of the solar parking area was modeled in Autodesk Inventor and verified against the UNE-EN 1993 standard (Eurocode 3), ensuring compliance with resistance, safety, durability, and displacement limits.

The economic analysis evaluated the necessary budgets and projected the annual cash flow for a period of 10 years, based on the expected increase in vehicles over that time. The results show that the NPV has a value of 125.498.384 Gs. The IRR is 18%, lower than the discount rate of 10% considered for this project, and the payback period is 5 years. Therefore, the project is not economically viable under current conditions.

Keywords: *Renewable Energy and Energy Efficiency; SDG 7: Affordable and Clean Energy; SDG 11: Sustainable Cities and Communities; SDG 13: Climate Action.*



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

Índice

Introducción	1
1. Objetivos de investigación	4
1.1. Objetivo General	4
1.2. Objetivos Específicos	4
2. Metodología	5
2.1. Diseño del estudio y fuentes.....	5
2.1.1. Tipo y alcance del estudio	5
2.1.2. Criterios de diseño.....	5
2.1.3. Marco normativo	6
2.1.4. Fuentes de datos	7
2.1.5. Herramientas y software.....	7
2.2. Ingeniería de diseño: criterios y especificaciones	7
2.2.1. Corredores estratégicos seleccionados	7
2.2.2. Emplazamientos estratégicos	8
2.2.3. Capacidad de la red eléctrica local	10
2.2.4. Conectores y modos de carga.....	10
2.2.5 Especificaciones técnicas de los tipos de conectores	11
2.2.6 Cargador	11
2.2.7 Dimensionamiento de componentes de la estación de carga	12
2.2.7.1 Transformador	12
2.2.7.2 Conductores.....	12
2.2.7.3 Protecciones frente a sobretensiones	13
2.2.7.4 Protecciones	13
2.2.7.5 Conductor de conexión a tierra	14



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

2.2.8 Dimensionamiento de conductor y protecciones	14
2.2.9 Integración de sistema fotovoltaico (FV).....	16
2.2.9.1 Datos climáticos de los distintos lugares seleccionados	16
2.2.9.2 Consumo energético de la estación.	17
2.2.9.3 Instalación Fotovoltaica	17
2.2.9.4 Dimensionamiento de conductores y sistema de protecciones FV	17
2.2.9.4.1 Tramo C.C	18
2.2.9.4.2 Tramo C.A.....	18
2.2.9.4.3 Protecciones contra sobretensiones	18
2.2.9.5 Diseño de la estructura del estacionamiento Solar.....	18
2.3 Simulación energética (PV Sol) y comparación entre emplazamientos	19
2.3.1 Simulación del sistema Fotovoltaico en la Ciudad de Santa Rosa.....	19
2.3.2 Simulación del sistema Fotovoltaico en la Ciudad de liberación.....	20
2.3.3 Simulación del sistema Fotovoltaico en la ciudad de Yuty	20
2.4 Análisis Económico.....	20
2.4.1 Estructura tarifaria.....	21
2.4.2 Inversión inicial para la instalación de la estación de carga	21
2.4.3 Elementos para los criterios de evaluación	21
2.4.4 Flujo de caja anual.....	22
2.4.5 Cálculos para determinar el VAN	24
2.4.5 Criterios de rentabilidad	24
3. Resultados y Análisis	26
3.1 Diseño y emplazamientos.....	26
3.2 Capacidad de la red eléctrica local.....	26
3.3 Estación seleccionada y compatibilidad.....	26



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.

VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

3.4 Resultados de dimensionamiento eléctricos.....	26
3.5 Simulación energética (PV Sol)	27
3.6 Análisis económico	28
4. Conclusiones y recomendaciones.....	30
4.1. Conclusiones	30
4.2 Recomendaciones.....	30
Referencias.....	31
Anexos.....	34
Anexo A. Resumen de cálculos eléctricos completos	34
Anexo B. Simulaciones PV Sol.....	36
Anexo C. Inventor (estructuras)	44
Anexo D. Tablas extensas y gráficos.....	45
Anexo E. Análisis Económico y Costos.....	49
Anexo F. Especificaciones técnicas	51
Cargador eléctrico seleccionado	51
Anexo G. Plano de instalación y datos varios	57
Anexo H. Cálculos Justificados	62



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

Índice de Tablas

Tabla 1. Emplazamientos seleccionados	9
Tabla 2. Compatibilidades y potencias por conector [11]	11
Tabla 3. Resumen dimensionamiento de conductores y protecciones	15
Tabla 4. Características técnicas de los paneles solares según fabricante.	17
Tabla 5. Flujo de caja anual.	22
Tabla 6. Flujo de caja acumulado.....	23
Tabla 7. Flujo de caja actualizado	24
Tabla 8. Resultado económico	25
Tabla A.1. Datos base del transformador y condiciones de cálculo	34
Tabla A.2. Corrientes nominales y Corrientes admisibles	34
Tabla A.3. Selección de conductores y verificación de caída de tensión.....	34
Tabla A.4. Protecciones y poder de corte.....	35
Tabla A.5. Cálculo de cortocircuito (IEC 60909-0).....	35
Tabla A.6. Impedancias de línea (resistencias y reactancias)	35
Tabla A.7. Tabla de ajustes y protecciones	35
Tabla A.8. Conductores y verificación de caída de tensión	35
Tabla D.1. Lista de protecciones y ajustes	46
Tabla D.2. Disponibilidad de cargadores en todo el país.....	46
Tabla D.3. Tramo de las rutas que unen ciudades fronterizas.....	47
Tabla E.1. Lista de materiales.	49
Tabla E.2. Lista de materiales para el estacionamiento solar.....	50
Tabla F.1. Especificaciones del cargador.....	52
Tabla G.1. Capacidad de conducción de corriente en amperios para los métodos de referencia	58



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

Tabla G.2. Sección del conductor de conexión a Tierra	59
Tabla G.3. Intensidad admisible de las barras de cobre y aluminio	60
Tabla G.4. Métodos de referencia para la instalación	61



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentidos crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

Índice de Figuras

Figura 1. Imagen del trayecto de corredores seleccionados para mayor cobertura.....	8
Figura 2. Imagen de Google Earth de los puntos seleccionados (izquierda) y mapa de tramos donde se debería instalar las EC (derecha)	9
Figura 3. Cargador seleccionado fabricante Compañía tecnológica Nanjing Ark, Ltd	12
Figura 4. a) Esquema unifilar b) Esquema de conexión de la estación.....	16
Figura 5: Vista de los paneles	36
Figura 6: conexión en strings	36
Figura 7: Paneles correspondiente a los inversores.....	37
Figura 8. flujo energético	37
Figura 9: Estación de Servicio Petropar Santa Rosa del Aguaray.	38
Figura 10: Estación de Servicio Petropar de la ciudad de Yuty.....	39
Figura 11: Estación de Servicio Puma Liberación orientación de la estructura lado sur.....	39
Figura 12: Estación de Servicio Puma Liberación orientación de la estructura lado norte.	39
Figura 13: Consumo energético anual de la estación.....	40
Figura 14. Datos de la superficie a ocupar correspondiente en la ciudad de Yuty.....	40
Figura 15. Datos climáticos generados para la ciudad de Santa Rosa del Aguaray.....	41
Figura 16. Distribución de la energía generada por los paneles solares en la ciudad de Santa Rosa del Aguaray.	41
Figura 17. Consumo anual de la estación de carga- Santa Rosa del Aguaray.	41
Figura 18 Distribución de la energía generada en la ciudad de cruce liberación sur.....	42
Figura 19 Distribución de la energía generada en la ciudad de cruce liberación orientación norte	42
Figura 20 Distribución de la energía generada en la ciudad de Yuty	42
Figura 21. datos sobre la batería.....	43



MISIÓN: Formar profesionales excelentes con conocimientos científicos y tecnológicos, competentes, con sentido crítico, ético y responsabilidad Social.
VISIÓN: Ser una Facultad líder, con excelencia en la formación de profesionales que contribuya al desarrollo del País.

Figura 22. Energía generada en cada mes del año	43
Figura 23. Evaluación económica de la instalación de los paneles solares	43
Figura 24. Dimensiones de la estructura solar.	44
Figura 25. Vista Lateral y de Arriba de la estructura solar.	44
Figura 26: simulación de las cargas que deberá soportar la estructura.	44
Figura 27. Mapa de la denominada ruta verde.....	45
Figura 28. Tarifas binómicas en Media Tensión – línea; Categoría 412.....	45
Figura 29. Tarifas monofásicas en Media Tensión – línea; Categoría 413.....	45
Figura 30. Diseño del cargador seleccionado.....	51
Figura 31. Ficha técnica de los paneles solares.....	54

Introducción

La descarbonización del sector transporte constituye uno de los retos estructurales más relevantes para Paraguay y para la región. En el país, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas al transporte representan una fracción determinante del total nacional, por lo que la transición tecnológica hacia sistemas de movilidad de bajas emisiones emerge como prioridad estratégica para el cumplimiento de compromisos internacionales y metas nacionales de desarrollo sostenible [1], [2]. En este contexto, la electromovilidad entendida como el conjunto de tecnologías, infraestructuras y normas que habilitan el uso de vehículos eléctricos (VE) en sus distintas configuraciones aparece como alternativa técnica madura para reducir la dependencia de combustibles fósiles, mejorar la calidad del aire urbano y diversificar la matriz energética del transporte, aprovechando la disponibilidad nacional de energía eléctrica de origen renovable e hidroeléctrico [3], [9].

No obstante, la adopción de VE no depende exclusivamente de la oferta vehicular o de los incentivos tributarios; demanda, sobre todo, la planificación y despliegue de una infraestructura de recarga suficientemente densa, interoperable y confiable a lo largo de los corredores viales. La evidencia internacional y regional coincide en que la capilaridad y calidad de los puntos de carga (potencia, conectividad, estandarización de conectores y modos de carga) condicionan la percepción de riesgo de los usuarios (ansiedad de autonomía), la logística de viajes interurbanos y, en última instancia, la tasa de adopción de VE [4], [5], [10], [11]. En Paraguay, el mapeo actual muestra una distribución todavía incipiente y heterogénea: los ejes Asunción–Pedro Juan Caballero y Asunción–Encarnación presentan la menor densidad relativa de cargadores y, especialmente, de carga rápida en comparación con el corredor Asunción–Ciudad del Este, que si bien concentra más puntos, lo hace en su mayoría en modalidades de carga lenta o semirapida [7]. Esta asimetría no solo afecta la comodidad de uso sino también la viabilidad operativa de viajes interdepartamentales, generando tramos extensos sin cobertura adecuada y elevando los tiempos de recarga en ruta.

Paralelamente, el país cuenta con un marco habilitante en desarrollo. La Ley N.º 6925/2022 establece incentivos y responsabilidades para organismos públicos y municipios, incluyendo la instalación de estaciones de carga rápida en localidades con alta población, y habilita esquemas de infraestructura que favorezcan el transporte eléctrico [8]. Desde el punto de vista de acceso a red, los procedimientos operativos de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) indican que, por debajo de ciertos umbrales de potencia, la integración de nuevas cargas puede realizarse sin

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

estudios de factibilidad extensivos, lo que sugiere que las estaciones de 150 kW resultan integrables en muchos alimentadores sin refuerzos inmediatos, sujeto a verificaciones locales [14].

En este escenario, el presente Proyecto Final de Grado plantea el diseño y evaluación de estaciones de carga rápida (150 kW) en corredores estratégicos: Coronel Oviedo–Pedro Juan Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05), con selección de emplazamientos que atienden criterios de accesibilidad, distancia entre nodos, disponibilidad de red y articulación con iniciativas nacionales de electromovilidad. La pregunta rectora se traduce en dos dimensiones complementarias: factibilidad técnica (compatibilidad eléctrica, protecciones, caída de tensión, cortocircuito, normas y conectores) y factibilidad económica (estructura tarifaria, demanda prevista, indicadores financieros como VAN, TIR y periodo de recuperación). El énfasis en potencias de 150 kW responde simultáneamente a necesidades de recarga en tiempos razonables para tramos interurbanos y a restricciones/prácticas locales de conexión a red en Media Tensión [14].

Los antecedentes nacionales indican un crecimiento sostenido —aunque aún incipiente— del parque de VE, híbridos e híbridos enchufables, con distribución geográfica desigual y una infraestructura de recarga que, si bien se expande, presenta brechas en corredores con alta relevancia logística y socioeconómica [3], [6], [7]. Adicionalmente, experiencias internacionales analizadas para entornos urbanos y metropolitanos refuerzan la pertinencia de esquemas APP (Asociaciones Público-Privadas) y mecanismos tarifarios que reconozcan servicios de red y/o inyección de excedentes cuando se integran fuentes renovables, elementos que inciden fuertemente en la rentabilidad de los proyectos [4], [5]. En particular, la integración de sistemas fotovoltaicos sobre marquesinas de estacionamiento y, eventualmente, almacenamiento en baterías puede contribuir a mitigar picos de demanda de las estaciones, optimizar el perfil de carga y reducir costos marginales de energía, aunque su efecto sobre la viabilidad financiera depende del régimen tarifario, del esquema de compensación de excedentes y de la utilización efectiva de la infraestructura.

Desde el punto de vista de justificación, el proyecto aporta valor en cuatro frentes: (i) técnico-operativo, al proponer diseños compatibles con la red y las normas vigentes, con dimensionamientos detallados de conductores, protecciones; (ii) Económico al transparentar resultados del (VAN, TIR); (iii) ambiental, al facilitar sustitución de combustibles fósiles por energía eléctrica de origen renovable, contribuyendo a la reducción de GEI en el transporte; y (iv) estratégico-territorial, al priorizar corredores que conectan capitales departamentales y pasos

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

fronterizos, reforzando cadenas logísticas y movilidad interurbana. Esta propuesta se alinea a la línea de investigación “Energías Renovables y Eficiencia Energética” y contribuye a los ODS 7, 11 y 13, al ampliar el acceso a infraestructura energética limpia, mejorar la sostenibilidad de ciudades y comunidades y apoyar acciones climáticas concretas.

A efectos de delimitar el alcance metodológico, el estudio se centra en estaciones de carga rápida de 150 kW alimentadas en Media Tensión, encuadradas en los pliegos tarifarios aplicables y provistas de conectores Combined Charging System tipo 2 (CCS2) y Charge de Move (CHAdeMO), por ser los estándares con mayor cobertura del parque vehicular vigente [21], [14]. La evaluación técnica comprende la verificación de corrientes de proyecto, caída de tensión y secciones de conductores según capacidad de conducción y método de instalación “Referencia D” de la Norma Paraguaya INTN

Se integra, además, la simulación de sistemas fotovoltaicos con el software PV Sol (irradiación, energía anual, autoconsumo, inyección y almacenamiento) del estacionamiento solar mediante Autodesk Inventor, validando resistencia y desplazamientos con EN 1993-1-1. En la evaluación económica se analiza la estructura tarifaria, los flujos de caja anuales para el cómputo de VAN, TIR.

El presente trabajo articula un marco técnico-económico para la instalación de estaciones de carga rápida en corredores estratégicos del Paraguay, apoyado en estándares internacionales y normativa local. Sus resultados pretenden servir de línea base para decisiones de inversión pública y privada, contribuyendo a cerrar brechas de infraestructura que hoy limitan la expansión de la electromovilidad. Con ello, se aspira a fortalecer la competitividad territorial, reducir emisiones del transporte y potenciar el posicionamiento del país en una senda de movilidad sostenible coherente con sus ventajas energéticas y sus compromisos ambientales [8], [24]

1. Objetivos de investigación

1.1. Objetivo General

Determinar la factibilidad técnica y económica para la instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel-P.J. Caballero (ruta PY08-PY05), y Coronel Oviedo-Encarnación (ruta PY08), Asunción-Salto de la Guaira (rutaPY03) y Asunción-Concepción (ruta PY03,08 Y05).

1.2. Objetivos Específicos

- Recopilar las normas técnicas aplicadas en el país para la instalación de estaciones de carga, modos de recarga y los tipos de conectores para vehículos eléctricos.
- Identificar los tipos de conectores, que son compatibles con la mayor cantidad de vehículos eléctricos disponibles en el país.
- Analizar y seleccionar puntos más convenientes para instalar estaciones carga considerando la capacidad de la red de suministro de energía eléctrica.
- Diseñar y dimensionar un sistema fotovoltaico como fuente alternativa para la estación de carga.
- Elaborar un diseño y presupuesto para la instalación de estaciones de carga en las distintas ubicaciones seleccionadas.
- Realizar un análisis económico del diseño de las estaciones de carga propuestas.

2. Metodología

2.1. Diseño del estudio y fuentes

2.1.1. Tipo y alcance del estudio

El estudio es aplicado y descriptivo–cuantitativo, orientado a generar una propuesta técnicamente viable y económicamente evaluada para la instalación de estaciones de carga rápida de 150 kW en corredores seleccionados: Coronel Oviedo–Pedro Juan Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05). El alcance comprende: (i) caracterización de normativas (ii) análisis de red para la integración de cargas; (iii) dimensionamiento eléctrico (conductores y sistema de protecciones; (iv) simulación fotovoltaica para autoconsumo; (v) diseño estructural del estacionamiento solar; y (vi) evaluación económica mediante VAN, TIR y periodo de recuperación. El estudio se circunscribe a estaciones de acceso público con conectores CCS2 y CHAdeMO, dada su compatibilidad con el parque vehicular local. [11].

2.1.2. Criterios de diseño

Se adoptan los siguientes criterios para el diseño de la estación:

- **Potencia nominal por estación:** para la potencia del cargador seleccionado, se basó en los proyectos previstos por la ANDE de instalar cargadores eléctricos de 150 kW [21]. Dicho esto, el diseño de la estación, dispondrá de un cargador de 150kW para la recarga en corriente continua de carga rápida (DC fast charge)
- **Condición de conexión a red:** integración en Media Tensión bajo pliegos tarifarios vigentes y acometida independiente a la existente según previa autorización de la ANDE para centros de recarga [14]. La conexión es técnicamente viable sin refuerzos mayores, ya que no compromete al sistema, según datos proporcionados por el departamento de control de la ANDE.
- **Conectores seleccionados:** Para la selección se realizó una evaluación de los estándares de conector más utilizados por los vehículos del parque automotor nacional y que según datos de Mobility Portal [21] se destaca los conectores CCS2 (sistema de carga combinado tipo 2) y CHAdeMO como conectores predominantes en los modos de recarga rápida en C.C y el tipo 2 para recargas de C.A
- **Disponibilidad energética renovable:** Se propone la integración de un sistema fotovoltaico, diseñando un estacionamiento solar conectada a la red; análisis de autoconsumo y almacenamiento a través de un sistema de baterías

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

- **Selección de emplazamientos:** Para la ubicación de las estaciones de carga, se tendrán en cuenta la accesibilidad, cercanía a rutas y cobertura de tramos extensos.
- **Economía del proyecto:** Para el análisis económico, se consideran un horizonte de evaluación, tasa de descuento, precio de energía, tarifa de servicio de recarga, costos de mantenimiento, VAN, TIR, payback.

Estos criterios garantizan que el diseño de la estación sea seguro, compatible con el parque vehicular nacional, capaz de operar sin afectar a la red eléctrica y que los emplazamientos seleccionados permitan una operación accesible y funcional.

2.1.3. Marco normativo

El diseño de la estación de carga rápida de 150 kW se apoya en requisitos de seguridad eléctrica, continuidad de servicio, compatibilidad con el parque vehicular, factibilidad de conexión en Media Tensión y coherencia tarifaria–operativa.

- **Interfaz vehículo–infraestructura y conectores:** IEC 62196 (tipologías Tipo 1/Tipo 2/CCS), CHAdeMO (carga rápida DC).
- **Cálculo de cortocircuitos y coordinación:** IEC 60909-0 (determinación de corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos), catálogos de protecciones de BT/MT y guías de coordinación de protecciones.
- **Instalaciones fotovoltaicas:** NEC 690.8 (protección contra sobrecorriente), criterios de strings, corriente de cortocircuito ampliada para dimensionar fusibles y conductores en DC [11].
- **Estructuras de acero:** EN 1993-1-1 (Eurocódigo 3) para verificación de resistencia y desplazamientos de la marquesina y soportes de paneles.
- **Regulación y pliegos locales:** Ley 6925/2022 (incentivos y promoción del transporte eléctrico) y Pliego Tarifario aplicable a centros de recarga en MT, categorías pertinentes y requisitos de factor de potencia [8], [14].
- **Reglamentos de Baja Tensión de la ANDE**
- **Norma Paraguaya INTN; para las instalaciones de Baja Tensión**

La utilización de estas fuentes asegura solidez del diseño y facilita su aprobación técnica

2.1.4. Fuentes de datos

La información primaria se compone de: (i) relevamientos de datos en emplazamientos considerados (coordenadas, accesos, restricciones físicas); (ii) consultas técnicas a áreas de distribución para caracterización de alimentadores, capacidad disponible; (iii) especificaciones de equipos (cargadores DC, transformadores, protecciones, conductores); (iii) bases climáticas; (iv) estadísticas de parque vehicular; (v) costos para presupuestos y tarifas

2.1.5. Herramientas y software

Se utilizarán las siguientes herramientas y software de simulación:

- Dimensionamientos eléctricos en base a fórmulas y tablas de capacidad, con apoyo de cálculo y verificación del cumplimiento de normas técnicas.
- PV Sol para simulación energética de sistemas fotovoltaicos (perfil mensual, autoconsumo, inyección, porcentaje de sombreado de los módulos).
- Autodesk Inventor para modelado paramétrico de marquesina y verificación de resistencia y desplazamientos (según EN 1993-1-1).
- Hojas de cálculo para análisis VAN/TIR, PRI

2.2. Ingeniería de diseño: criterios y especificaciones

El diseño de la estación de carga rápida de 150 kW se apoya en requisitos de seguridad eléctrica, continuidad de servicio, compatibilidad con el parque vehicular, factibilidad de conexión en Media Tensión y coherencia tarifaria–operativa. Las decisiones técnicas se sustentan en normas y buenas prácticas mencionado en el marco normativo 2.3.1.

Las evidencias documentales cálculos, tablas y simulaciones se desarrollan en el cuerpo del trabajo y sus anexos, consolidándose como criterios de ingeniería replicables.

2.2.1. Corredores estratégicos seleccionados

Los corredores estratégicos seleccionados para el presente proyecto son; PY03, PY05, PY08, debido a que conectan ciudades importantes; a nivel de economía, turismo y con pasos fronterizos. En la figura 1 se muestra los trayectos de color verde, que representan los corredores antes mencionados.

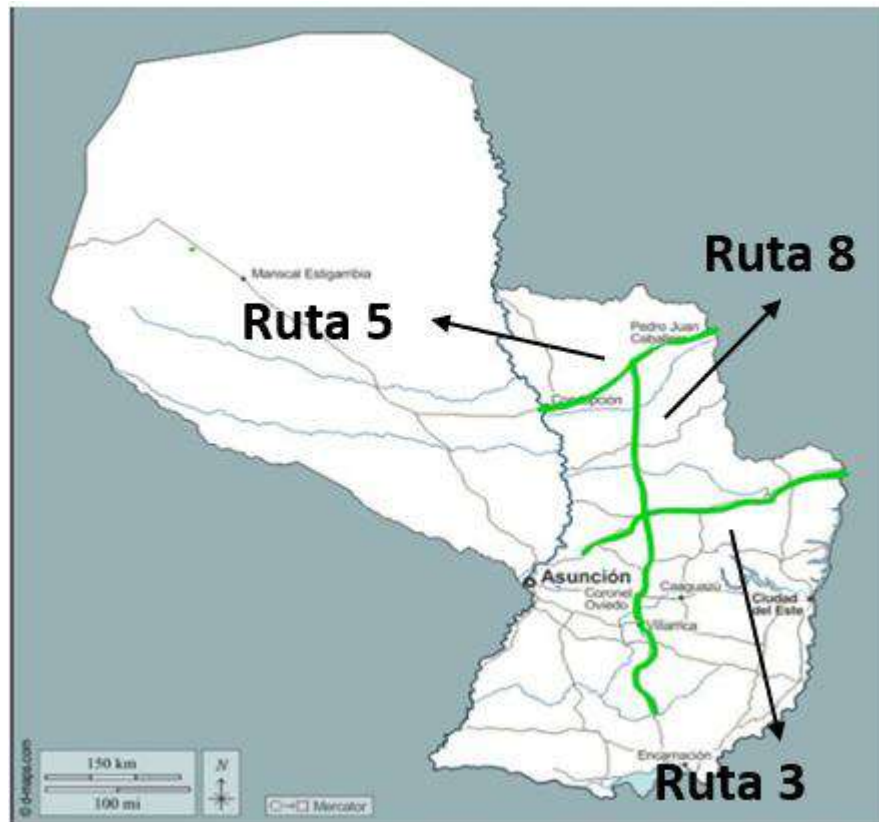


Figura 1. Imagen del trayecto de corredores seleccionados para mayor cobertura

2.2.2. Emplazamientos estratégicos

La selección de emplazamientos, se enfoca en garantizar una mayor cobertura y cumplir con normativas vigentes [8] que más adelante se menciona, asegurando una mejor distribución de cargadores, para así lograr reducir los extensos tramos sin estaciones de carga en especial, las de carga rápida. En la Tabla D 2 se muestra la disponibilidad de cargadores sobre las rutas nacionales en el país, así mismo en la Tabla 1 se expone los lugares seleccionados, considerando los diversos criterios de evaluación mencionados anteriormente. Para la selección se fundamentó en lo establecido en el Artículo 32 de la ley de incentivos y promociones [8] en el cual establece, como mínimo, que en cada 80 km deben encontrarse instalado centro de estaciones de carga. En consecuencia, se evaluó la distancia interurbana, tomando en consideración la infraestructura de carga ya instalada. Un criterio adicional de gran relevancia fue asegurar, que los puntos seleccionados sean de fácil acceso y se encuentren, cercanas a las carreteras nacionales.

Los nodos propuestos se presentan en la Tabla 1 con identificación de sitios (estaciones de servicio, centros comerciales u otros) y coordenadas UTM.

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

CIUDAD	LUGAR	COORDENADAS	RUTA
LIBERACIÓN	PUMA	557428.39 7324017.1	PY08
SANTA ROSA DEL AGUARAY	PETROPAR	550023.33 7366281.8	PY08
PEDRO JUAN CABALLERO	SHOPPING DUBAI	632603.68 7504612.9	PY05
ARROYOS Y ESTEREOS	PUMA	489948.61 7229282.8	PY03
CURUGUATY CRUCE	PETROPAR	633409.05 7290321.4	PY03
SALTO DEL GUIRA	PETROPAR	772314.81 7334942.3	PY03
CAAZAPA	PETROPAR	560835.31 7103158.1	PY08
YUTY	PETROPAR	573246.1 7056322.4	PY08
HORQUETA	SHELL las palmas	494913.96 7417526	PY05
CONCEPCIÓN	PETROPAR San Agustín	456529.29 7411303.6	PY05

Tabla 1. Emplazamientos seleccionados

La verificación visual de cobertura y continuidad de tramos está representada en la Figura 2. La lógica de cobertura busca minimizar brechas sin recarga en tramos extensos, sosteniendo tiempos de viaje razonables. Cualquier figura complementaria de los puntos seleccionados, se remite al **Apéndice D**. Las decisiones confirman que instalar una estación de 150 kW entre puntos corrige discontinuidades en los ejes Coronel Oviedo–Pedro Juan Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05), alineando cobertura con la demanda prevista.

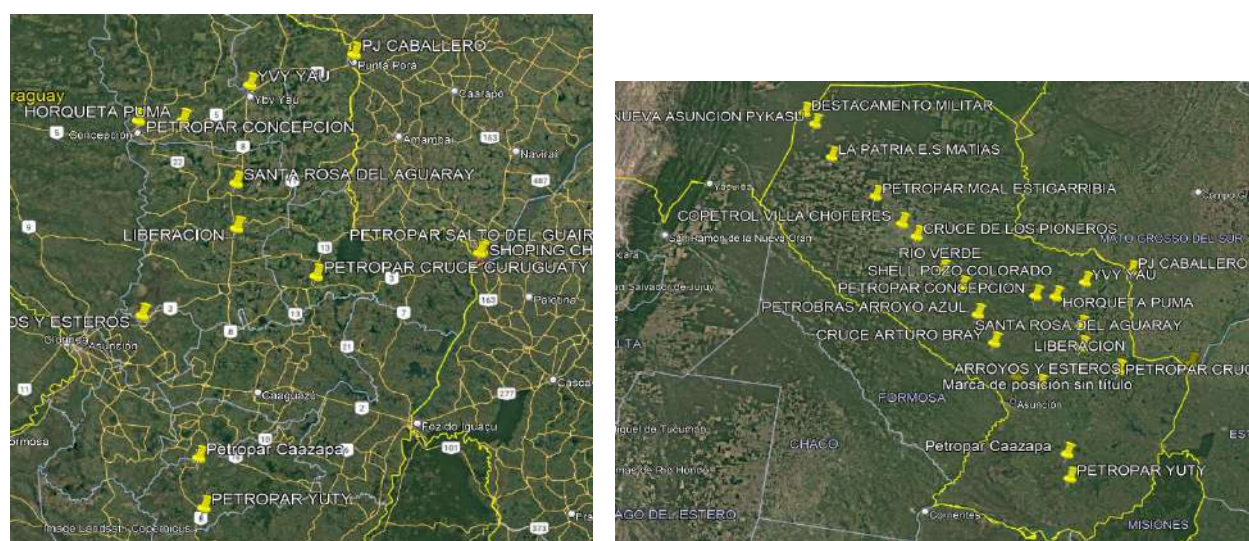


Figura 2. Imagen de Google Earth de los puntos seleccionados (izquierda) y mapa de tramos donde se debería instalar las EC (derecha)

2.2.3. Capacidad de la red eléctrica local

Para la evaluación de la capacidad técnica de la red local, se efectuaron consultas a los Departamentos de Control de la Administración Nacional de Electricidad (ANDE) en las distintas jurisdicciones correspondientes a las ubicaciones seleccionadas. El relevamiento tuvo como finalidad obtener parámetros operativos y características de los alimentadores involucrados, tales como capacidad nominal, factor de carga y nivel de utilización.

Los jefes de departamento indicaron que, conforme a los procedimientos internos, no se realizan estudios de factibilidad para incrementos de demanda inferiores a 400 kW, dado que este umbral se considera dentro de la capacidad de absorción de la red, sin comprometer la estabilidad del sistema. En este contexto, una carga de 150 kW puede ser integrada a la red sin la necesidad de ampliaciones o refuerzos inmediatos en la infraestructura existente, garantizando un suministro confiable y seguro.

“Los suministros en Media Tensión para Centros de Recargas serán incluidos en el Grupo de Consumo Otros, Categoría 413 Monómica con Potencia Limitada hasta 150 kW o en la Categoría 412 – Binómica con Potencia Reservada hasta 3.000 kW, del Pliego de Tarifas N° 21 vigente Excepcionalmente y previa certificación de la ANDE; podrá proveerse a un mismo inmueble, un segundo servicio en Media Tensión con acometida independiente a la existente, cuando el destino del servicio sea para alimentar un Centro de Recarga” [14]

2.2.4. Conectores y modos de carga

Para el presente proyecto, los modos de recarga que dispone la estación proyectada son; de modo 4 que corresponde a la recarga rápida en C.C y el modo 3, semirapida en C.A, que define la NP-IEC 61851-1 [22]

Considerando datos sobre las marcas de vehículos con mayor presencia en el parque automotor nacional [21]. Mediante el cual se pudo constatar, que la mayoría de ellos, disponen del estándar de conector del tipo CCS2, CHAdeMO y el tipo 2. Asimismo, analizando Tabla D.2 del Apéndice D. en el cual se muestra los tipos de conectores disponibles en las distintas estaciones operativas dentro del país, por consiguiente, se establece como requisito fundamental que la estación de carga disponga de conectores con los estándares predominantes, específicamente CHAdeMO y CCS2, conectores utilizados para la recarga rápida en C.C y se agrega la opción Tipo 2 C.A

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

2.2.5 Especificaciones técnicas de los tipos de conectores

Se incluye las especificaciones del rango de potencia, corrientes y tensión que es capaz de soportar cada estándar de conector según la norma, como se muestra en la Tabla 2 (resumen técnico), mientras que el desarrollo normativo y definiciones ampliadas se preservan en Apéndice E [11].

Conector	Modo / Norma	Potencia típica	Rango de tensión	Corriente máx.	Comunicación	Compatibilidad VE (PAR)	Notas
CCS2 (DC)	Modo 4 / IEC 62196-3	50–150 kW (proyecto: 150 kW)	≈ 400–920 V DC	hasta ≈ 300–375 A	ISO 15118 (PLC)	Alta	Interfaz prioritaria; permite carga rápida y gestión dinámica de potencia.
CHAdEMO (DC)	Modo 4 / IEC 62196-3	50–100 Kw	≈ 200–500 V DC	hasta ≈ 125–200 A	CAN (especificación CHAdEMO)	Media	Alta presencia en modelos anteriores; se mantiene en transición.
Tipo 2 (AC)	Modo 3 / IEC 62196-2	7,4–22 kW	230/400 V AC	16–32 A/fase	IEC 61851 (PWM) / ISO 15118-AC opc.	Media	Respaldo a menor potencia; útil en contingencias y estadias prolongadas.

Tabla 2. Compatibilidades y potencias por conector [11].

2.2.6 Cargador

Se elige un cargador de potencia de 150kw como se muestra en la figura 3 cuyos parámetros eléctricos se encuentran en la Tabla F.1.

Este cargador es apto para uso público, cuenta con conectores triples CCS-2, CHAdEMO y tipo 2



Figura 3. Cargador seleccionado fabricante Compañía tecnológica Nanjing Ark, Ltd

2.2.7 Dimensionamiento de componentes de la estación de carga

2.2.7.1 Transformador

La estación de carga cuenta, con una potencia total 150.3kW que corresponde a los 150kw del cargador y otros consumidores, como lo es, la iluminación, que dispondrá de una potencia de 300 W. Los parámetros eléctricos de cargador se muestran en la Tabla F1. En el cual se puede verificar que el factor de potencia es de 0.99, así como también la corriente que maneja cada conector

Para la instalación, se adopta un transformador de potencia aparente $S_n = 200$ kVA, cálculos justificados en el Anexo H.

2.2.7.2 Conductores

De acuerdo al reglamento de Baja tensión de la ANDE, para el dimensionamiento de conductor se aplican los criterios de; intensidad máxima admisible y caída de tensión.

El conductor a utilizar será del tipo NYY subterráneo a 90°C con aislamiento XLPE polietileno reticulado, debido a que la referencia de la instalación es del método D que se observa en la Tabla G.4 que se encuentra en el apéndice G de la NP 202896 Para determinar la sección de conductor, se fundamentó en la Tabla G.1 de la norma mencionada anteriormente, que establece la capacidad de conducción de corriente en amperios de aislación XLP, para los distintos métodos de referencia, cuyos cálculos justificados se encuentran detallado Apéndice H. La sección de conductor desde la

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

bajada del transformador hasta la protección general será de una sección de 240mm^2 , asimismo dispondrá de una barra de cobre $50 \times 5\text{mm}$ según la Tabla G.3.

La sección del conductor de alimentación, dispondrá de una sección de 120mm^2 del mismo tipo de conductor mencionado anteriormente.

2.2.7.3 Protecciones frente a sobretensiones

Los DPS que son dispositivos de protección contra sobretensiones de origen atmosférico y protección contra sobretensiones de maniobra, deben atender la norma IEC 61643-1 en el cual especifica que la corriente nominal de descarga I_n no debe ser inferior a los 5KA (8/20 microsegundos) y la corriente de impulso I_{imp} no debe ser 12.5 Ka como modo de protección que más adelante se utilizara en la sección de energía generada a través de paneles solares en C.C

Sin embargo, la I_n no debe ser inferior a 20 KA (8/20 microsegundos) y la I_{imp} no debe ser inferior 50 kA en redes trifásicas. [23]

2.2.7.4 Protecciones

Finalmente se elige un dispositivo de protección de sobretensiones DPS del Tipo 2 que se instalara en el Tablero General de Baja Tensión) TGBT, el dispositivo seleccionado que cumple con las condiciones requeridas, es el descargador de sobretensiones tipo 1/2 50kA

Las protecciones utilizadas en la estación, cuya alimentación es de la red se componen: de la protección general de la instalación, el circuito del cargador y el circuito de otros consumidores, la cual corresponde a la iluminación y tomas de la estación.

La protección del tablero general: - Interruptor termomagnético regulable de 3 P, 350 A, 22KA
- Interruptor diferencial: 3P, 350A, 22KA

Protección de la estación de carga: -Interruptor termomagnético regulable 3 P, 250 A, 25KA
- Interruptor diferencial: 3P, 250A, 25K

Protección de otros consumidores: este circuito consta de una potencia 300 W, cuya protección dispondrá de un interruptor monofásico de 10 A.

Todos los cálculos relacionados a las protecciones se encuentran en el Anexo H: Cálculos justificados, asimismo se muestra en Tabla 3 el resumen de las protecciones requeridas y los conductores seleccionados para la instalación.

2.2.7.5 Conductor de conexión a tierra

Según el reglamento para instalaciones de baja tensión, la sección del conductor de conexión a tierra será de 35mm² justificada mediante la Tabla G.2 que se encuentra en el Apéndice G el cual corresponde al Anexo 9 del Reglamento de baja tensión de la ANDE.

2.2.8 Dimensionamiento de conductor y protecciones

La instalación cuenta de una potencia total de 150.3 kW con un factor de potencia = 0.99 según especificaciones del cargador que se encuentra en el Anexo F.

La instalación dispondrá de un transformador de 200 kVA montado en postes, con conductores subterráneo método de referencia D calculo justificado en el Anexo H. la potencia del transformador es de 198kw, cuya corriente nominal se obtuvo a través de la ecuación

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \theta}$$

Uno de los criterios para la selección de conductor es que:

$$I_{adm} > I_n$$

Donde;

I_n = corriente nominal

I_{adm} = corriente admisible de la sección de conductor.

Como segundo criterio, es que el porcentaje de caída de tensión calculada ($e_c\%$) a través de la sección de conductor que haya cumplido con el primer criterio, esta no debe ser superior a la caída de tensión del 2%

En resumen, la corriente nominal, secciones adoptadas y el porcentaje de caída de tensión calculada $e_c\%$ para el presente proyecto se presenta en la Tabla 3; los cálculo y verificaciones se detallan detalladas en el Anexo H

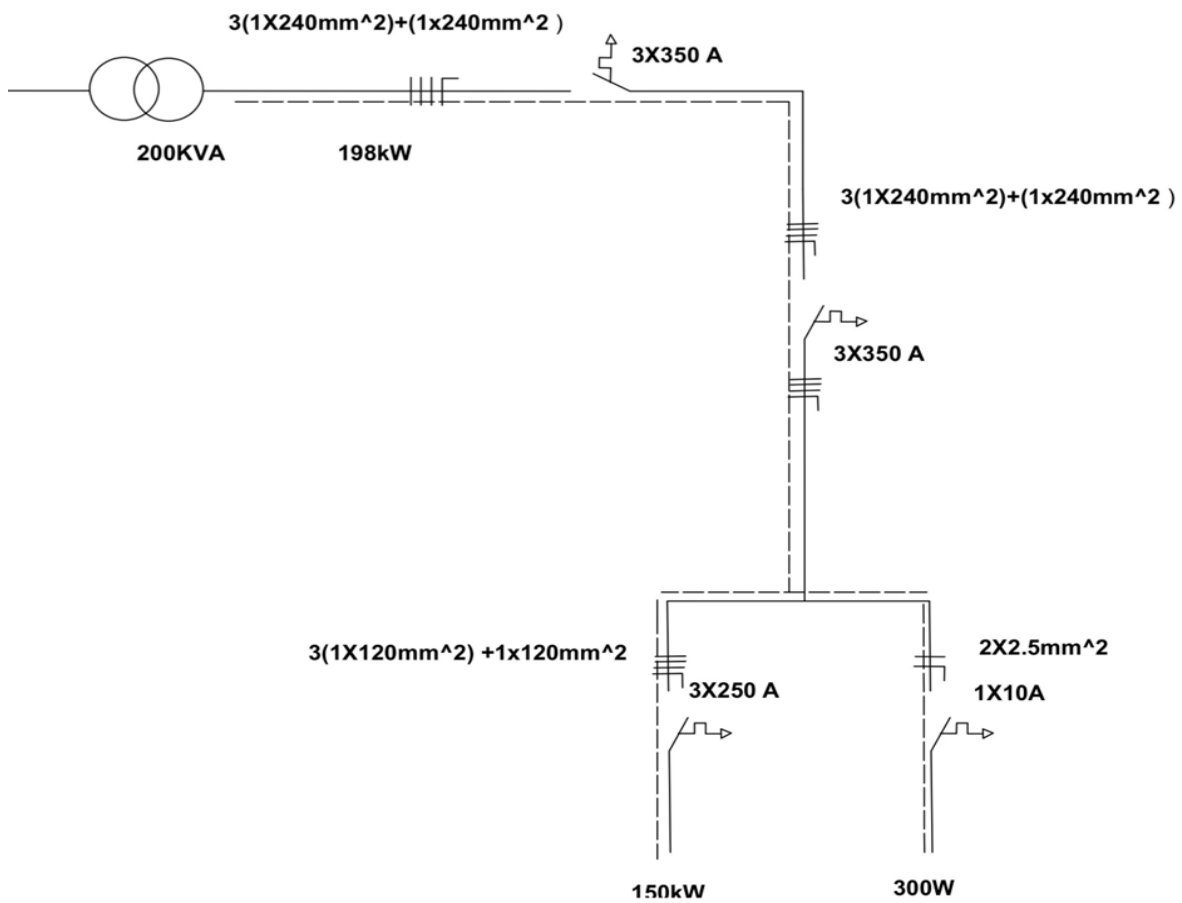
Asimismo, se muestra en la figura 3 a) el diagrama de conexión y b) diagrama unifilar de la instalación de la estación de carga.

Circuito	P (kW) / Datos base	I_n	I_{adm}	Protección asociada	Sección adoptada	$e_c\%$ (criterio)
Alimentador Trafo → TGBT	Estación 150 kW; fp=0,99;	303,8 A	351 A	Interruptor regulable. 3×350 A; Icu 22 kA	3(1×240mm ²) + 1×240 mm ²	Cumple (≤2%)

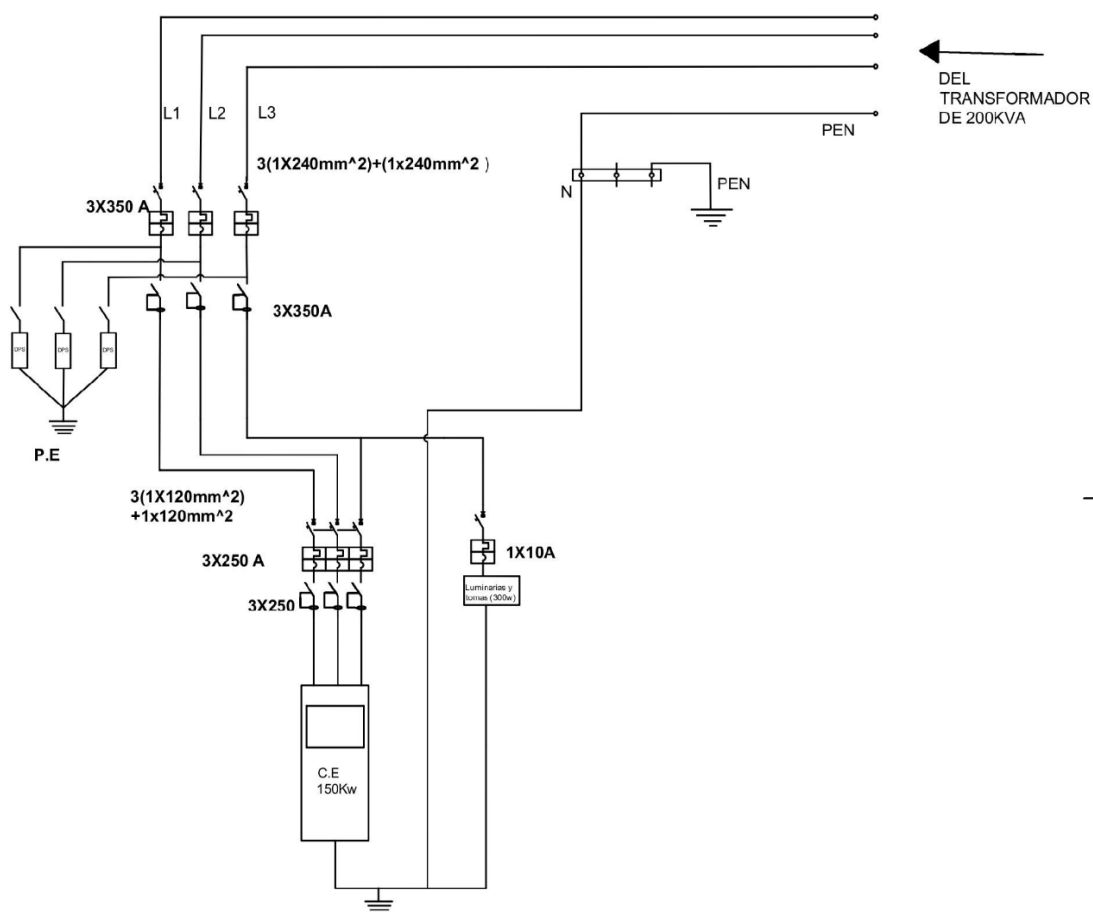
Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

Trafo =200 Kva					
Circuito TGBT → Cargador 150 kW (DC)	150 kW; fp=0,99	230,2 A	Interruptor regulable 3×250 A	3(1×120 mm ²) + 1×120 mm ²	Cumple(≤ 2 %)
Auxiliares (iluminación y tomas)	300 W	1,51 A	10 A	2,5 mm ²	Cumple (≤2 %)

Tabla 3. Resumen dimensionamiento de conductores y protecciones



a)



b)

Figura 4. a) Esquema unifilar b) Esquema de conexión de la estación.

2.2.9 Integración de sistema fotovoltaico (FV)

La estación incorpora un sistema de generación renovable mediante un conjunto fotovoltaico conectado a la red, diseñado para suministrar energía directamente a la instalación. Para su análisis se empleó el software PV*Sol, que permitió evaluar la producción energía solar, así como el porcentaje de energía abastecido para el consumo de la estación a través del sistema fotovoltaico en cada uno de los sitios evaluados para el proyecto.

2.2.9.1 Datos climáticos de los distintos lugares seleccionados

Los datos climáticos de las distintas ubicaciones geográficas se obtuvieron a través de la herramienta Meteonorm 8, el cual se muestra en la (Figuras 8 al 15) referenciado y desarrollado en el Apéndice B; las comparativas por ciudad y orientación (Santa Rosa del Aguaray; Cruce Liberación con dos orientaciones; Yuty) se sustentan con Figuras 9-10-11-12-, y los climogramas/irradiación con Figuras 13 al 23 que se presentan en el Apéndice B

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

2.2.9.2 Consumo energético de la estación.

El análisis de la demanda energética de la estación de carga, indica que el cargador rápido presenta un consumo anual estimado de 109.500kWh/año, mientras que las cargas adicionales conformadas por luminarias y tomacorrientes registran un consumo anual de 2.628kWh/año. Cuyo consumo total de la estación es de 112.128 kWh/año. El cual se aprecia en la figura 11 del Anexo B.

Estos valores se obtuvieron a partir de la potencia nominal de cada equipo y el tiempo de operación, conforme a las condiciones de servicio establecidas. Para la estimación, en el software Pv Sol se modelarán dichas cargas de forma individual, considerando que el cargador de 150Kw realiza la recarga, con un tiempo de servicio aproximado de 2 horas diarias.

2.2.9.3 Instalación Fotovoltaica

La instalación cuenta con 20 paneles solares de 600 Wp con una potencia total de 12kWp conectados en dos strings de 10 módulos, cada string se conecta a un inversor híbrido de 5kw independiente, como se aprecia en la figura 6 del Anexo A. La instalación cuenta con respaldo de banco de baterías, 20 baterías en total cada una cuenta con una capacidad 250 Ah y voltaje de 12 V, cuyos parámetros se encuentran en el Anexo F.

El sistema requiere de una capacidad de almacenamiento de 1025 Ah, Estos resultados se obtuvieron mediante simulaciones en el software.

A continuación, se presenta los parámetros eléctricos del panel seleccionado

PARAMETROS	VALORES
Potencia máxima -Pm	600
Voltaje de circuito abierto-Voc [V]	48.0
Corriente de cortocircuito-Isc	15.97
Voltaje de potencia máxima-Vm	40.8
Corriente de potencia máxima-Im	14.96

Tabla 4. Características técnicas de los paneles solares según fabricante.

2.2.9.4 Dimensionamiento de conductores y sistema de protecciones FV

La instalación dispondrá de 2 sistemas de protección del lado de C.C. y del lado C.A, para el dimensionamiento, se tuvo en cuenta el criterio de la NEC 690.8 el cual menciona que los dispositivos de protección deben ser dimensionados al 125% de la corriente de operación.

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

2.2.9.4.1 Tramo C.C

En este tramo cada string dispondrá de fusibles de 20 A, para la conexión entre módulos se emplea un conductor característico para instalaciones fotovoltaicas con una sección de 2.5mm^2 , sin embargo, el cableado de los string al inversor será de 4mm^2 cuyos cálculos se encuentran justificados en el Anexo H, para cada uno de los tramos.

2.2.9.4.2 Tramo C.A

En este tramo se considera la salida del inversor con una potencia total de 10kW en corriente alterna trifásica, cuya protección dispondrá de un interruptor termomagnético trifásico de 25 A y una sección de conductor de 6mm^2 . Todos estos dimensionamientos se encuentran justificados en el Anexo H

2.2.9.4.3 Protecciones contra sobretensiones

Según la IEC 61643-1 en el cual especifica que la corriente nominal de descarga I_n no debe ser inferior a 5KA (8/20 microsegundos) y la corriente de impulso I_{imp} no debe ser 12.5 Ka como modo de protección del tipo 2.

Finalmente se selecciona un dps de corriente 12.5KA a 8/20 microsegundos y una tensión nominal de 1000V.

2.2.9.5 Diseño de la estructura del estacionamiento Solar

Para el diseño estructural del sistema de estacionamiento solar, se empleó el software Autodesk Inventor, el cual permitió modelar y analizar el desplazamiento de la estructura frente a las cargas que deberá soportar las ilustraciones de diseño y análisis se puede observar en el Anexo C. La evaluación se realizó conforme a lo establecidos en la normativa europea Euro código EN 1993-1-1, específicamente en el capítulo 7, referente a los estados límite de servicio aplicables a estructuras de acero.

De acuerdo con esta normativa, el límite de deformación vertical admisible se define como $L/300$, donde L representa la altura total del elemento estructural considerado. En este caso, la altura máxima de la estructura es de 3.918 m, por lo que el desplazamiento vertical permitido no debe exceder 13.06 mm. A través de la simulación, fue posible optimizar tanto el diseño geométrico como las dimensiones y especificaciones de los materiales estructurales, asegurando el cumplimiento de los requisitos normativos de servicio y estabilidad.

La estructura propuesta corresponde a un estacionamiento solar inclinado con un ángulo de 15° , cuya altura en el extremo posterior es de 3.918 m, mientras que en el extremo frontal es de 2.2 m.

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

El área de cobertura presenta un ancho de 8.788 m y un largo de 6.62 m, lo que permite albergar hasta cuatro vehículos. Los módulos fotovoltaicos considerados para este diseño tienen dimensiones de 2.172 m × 1.3 m, y su orientación e inclinación fueron seleccionadas con el objetivo de maximizar la captación de energía solar y, por ende, la producción fotovoltaica.

De acuerdo al análisis de estructura en inventor se utilizó la norma ISO 10799-2, tubos rectangulares, material Acero con dimensiones distribuidos de la siguiente manera; vigas principales tendrán una dimensión de 180x100x5 y las vigas secundarias de 160x80x4.

Los resultados obtenidos en la simulación muestran que el desplazamiento máximo registrado en la estructura analizada es de **8.651 mm**, lo que se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa, demostrando que la estructura es capaz de soportar las cargas sin comprometer su integridad. Este valor, al ser inferior al umbral máximo permitido, confirma la viabilidad del diseño y su conformidad con los estándares de seguridad y funcionalidad.

Tanto el modelado del diseño, como la simulación de las cargas fueron elaborados mediante los softwares Autodesk Inventor y AutoCAD.

2.3 Simulación energética (PV Sol) y comparación entre emplazamientos

La integración de fuentes renovables mediante sistemas fotovoltaicos se plantea como una alternativa para reducir la energía demandada desde la red eléctrica. En las siguientes simulaciones se analiza el porcentaje de energía generada por el sistema fotovoltaico que contribuye a cubrir el consumo energético de la instalación en las distintas ciudades seleccionadas.

2.3.1 Simulación del sistema Fotovoltaico en la Ciudad de Santa Rosa

Para esta localidad se registró una irradiación solar global anual aproximadamente 1.925kWh/m² y una temperatura media anual de 24.2°C, valores que varían según la ubicación geográfica, influye directamente en la producción fotovoltaica.

La energía total generada por el sistema, alcanza un valor de 19.503kwh/ año, lo que representa aproximadamente el 17.5% de la demanda energética total de la estación, estimada en 112.128 kwh anuales.

La energía total generada por el sistema se distribuye de la siguiente manera:

Aproximadamente 1.190kWh/año corresponde al consumo directo del sistema, 3.750kWh/año se destinan al almacenamiento en baterías, y 14.560kWh/año son inyectados a la red eléctrica. Este último valor destaca la relevancia del esquema de compensación o remuneración por inyección de excedentes, lo cual resulta clave para la viabilidad económica del sistema. Todos estos resultados

se muestran en el Apéndice B

2.3.2 Simulación del sistema Fotovoltaico en la Ciudad de liberación

Debido a la disponibilidad adecuada de espacio físico, se analizaron dos escenarios posibles, la estructura solar orientadas en el lado sur y en el Lado Norte para optimizar la captación solar. Primeramente, se evaluó la orientación hacia el sur, con el fin de determinar su influencia en la producción de energía eléctrica generada por los módulos fotovoltaicos.

En el anexo B se presenta los datos climáticos correspondientes a la ciudad de cruce Liberación. Al comparar estos datos con los de la ciudad de Santa Rosa del Aguaray, se observa una ligera disminución en la irradiancia solar global, registrándose un valor anual de 1.917 kWh/m² para la ciudad de cruce Liberación, lo cual es inferior al valor irradiancia en la anterior ciudad analizada. Además, la temperatura media anual es de 24.1°C, factor que también incide en el rendimiento del sistema fotovoltaico.

La estructura solar orientada hacia el sur, genera una producción anual de energía de 16.918 KWh, el consumo propio directo del sistema (entendido como la energía utilizada en el consumo y el almacenamiento en batería) esto representa el 28.7% del total de la energía generada, mientras que el 71.3% restante es inyectada a la red eléctrica

Con el propósito de profundizar el análisis se efectuó una simulación adicional considerando la orientación de la estructura fotovoltaica hacia el norte, con el objetivo de evaluar su incidencia en la producción de energía. La generación de energía fotovoltaica anual alcanza los 20.328 kWh, valor significativamente superior al registrado con la orientación hacia el sur. Esta mejora en el rendimiento se atribuye principalmente a la orientación de la estructura y la reducción de rendimiento de la instalación FV es del 0.7%

2.3.3 Simulación del sistema Fotovoltaico en la ciudad de Yuty

Como se evidencio en análisis anteriores, la orientación de la estructura hacia el norte permite maximizar la irradiancia incidente sobre los módulos fotovoltaicos, lo cual se traduce en un incremento significativo en la generación de energía eléctrica a través de los planes. Por consiguiente, se seleccionó la orientación norte para la instalación de la estructura.

2.4 Análisis Económico

Para el análisis económico, se elaboró inicialmente un presupuesto detallado de todos los componentes necesarios para la instalación de las estaciones de recarga que se encuentra en la Tabla E1 del Anexo E, considerando escenarios con y sin la integración del estacionamiento solar.

2.4.1 Estructura tarifaria

Para el análisis de rentabilidad, se verifica la tarifa de compra de energía eléctrica de la red conforme a la resolución N° 47762 de la Ande los centros de recarga formaran parte al Pliego de Tarifas N.º 21: Categoría 413 (monómica, potencia limitada hasta 150 kW) o Categoría 412 (binómica, potencia reservada hasta 3.000 kW) (Anexo D).

Como segundo paso del análisis, se identificó que el costo de la energía aplicable al proyecto corresponde a la tarifa de la categoría 413 monomica la cual presenta un valor de 310 kWh.

Para definir la tarifa operativa de la estación, se realizó una evaluación comparativa de las tarifas vigentes en diversas estaciones del país utilizando la plataforma PlugShare. A partir de esta evaluación, se determinó, que la opción más conveniente es la tarifa aplicada en varias estaciones de carga rápida, equivalente a 2.000 Gs/kWh. Esta tarifa, al ser la más utilizada por las estaciones operativas.

2.4.2 Inversión inicial para la instalación de la estación de carga

La inversión inicial para la instalación del centro de carga asciende a 265.000.000 Gs sin el estacionamiento solar, mientras que su integración eleva la inversión a 376.000.000 Gs. Según presupuesto detallado, que se encuentran especificados en el Apéndice E

2.4.3 Elementos para los criterios

de evaluación

Para el análisis económico se adoptó una tasa de descuento del 10%, seleccionada debido al nivel de riesgo asociado a proyectos de infraestructura vinculados a la electromovilidad. Este valor se alinea con los rangos comúnmente utilizados en proyectos consideradas de alto riesgo en especial a lo que refiere a proyectos de sostenibilidad [25] Así mismo, el periodo de tiempo es de 10 años.

Para la proyección del incremento del número de vehículos eléctricos fue asumida mediante una tasa de crecimiento anual del 2.5% considerando un porcentaje conservador y coherente con las expectativas de crecimiento a nivel nacional, ya que según un informe de la Agencia Internacional de Energía (IEA) [21], se prevé que la adopción de vehículos eléctricos en Paraguay aumente en un 25% del parque vehicular total para el año 2035, que se traduce en un 2.5% al año. La proyección de usuarios semanales a lo largo del tiempo se determinó con la siguiente formula $P_{uss} = No. (1+0,025)^n$

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

En donde:

Puss= proyección de usuarios por semana

No= usuario por semana de periodo cero

n= número de periodo

Actualmente varias de las estaciones operativas en los corredores estratégicos analizados perciben 5 usuarios por semana

Al obtener la proyección semanalmente, a partir de allí se puede obtener la cantidad de vehículos que recibe la estación

2.4.4 Flujo de caja anual

En flujo de caja anual tanto los ingresos y egresos (costos operativos, mantenimiento), se proyectaron según la fórmula de proyección.

A partir de los datos recopilados de diversas estaciones operativas en el país, se observa que cada estación recibe entre 5 y 6 usuarios por semana este valor permanece constante, proyectándose en un incremento anual del 2,5 % en la cantidad de usuarios por semana.

Los ingresos del proyecto se estiman a partir de un promedio anual de usuarios considerando un crecimiento sostenible del 2.5% anual. En cambio, los costos operativos se modelan de forma gradual durante los primeros años de operación considerando que la utilización de la estación de carga aumenta progresivamente. En este sentido, se adopta un factor de operación del 30%, 60% para los años 1,2 y 3 respectivamente alcanzando el 100% de los costos operativos a partir del cuarto año de operación

A continuación, se puede observar los flujos de caja anuales por el periodo del tiempo establecido para el proyecto. Cuya fuente de ingresos, es por venta de energía para la recarga de vehículos

Tabla 5. Flujo de caja anual.

FLUJO DE CAJA DEL AÑO 1		FLUJO DE CAJA DEL AÑO 2	
costo de opera. =	2.319.234	costo de opera. =	5.231.250
costo de mant.=	1.000.000	costo de mant.=	1.000.000
IVA	4.655.677	IVA	5.001.875
Ingresos	49.876.000	Ingresos	56.250.000
FLUJO ANUAL	41.901.089	FLUJO ANUAL	45.016.875
FLUJO DE CAJA DEL AÑO 3		FLUJO DE CAJA DEL AÑO 4	
costo de opera. =	7.899.048	costo de opera. =	9.677.890
costo de mant.=	1.000.000	costo de mant.=	1.000.000
IVA	5.060.095	IVA	5.176.011

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

Ingresos	59.500.000	Ingresos	62.438.000
FLUJO ANUAL	45.540.857	FLUJO ANUAL	46.584.099
FLUJO DE CAJA DEL AÑO 5		FLUJO DE CAJA DEL AÑO 6	
costo de opera. =	10.956.640	costo de opera. =	12.671.250
costo de mant.=	1.000.000	costo de mant.=	1.000.000
IVA	5.873.136	IVA	6.807.875
Ingresos	70.688.000	Ingresos	81.750.000
FLUJO ANUAL	52.858.224	FLUJO ANUAL	61.270.875
FLUJO DE CAJA DEL AÑO 7		FLUJO DE CAJA DEL AÑO 8	
costo de opera. =	15.083.360	costo de opera. =	18.367.500
costo de mant.=	1.000.000	costo de mant.=	1.000.000
IVA	8.122.864	IVA	9.913.250
Ingresos	97.312.000	Ingresos	118.500.000
FLUJO ANUAL	73.105.776	FLUJO ANUAL	89.219.250
FLUJO DE CAJA DEL AÑO 9		FLUJO DE CAJA DEL AÑO 10	
costo de opera. =	22.959.530	costo de opera. =	29.382.110
costo de mant.=	1.000.000	costo de mant.=	1.000.000
IVA	12.416.647	IVA	15.917.989
Ingresos	148.126.000	Ingresos	189.562.000
FLUJO ANUAL	111.749.823	FLUJO ANUAL	143.261.901

Se presenta la acumulación de flujo de caja hasta el décimo año presentada en la tabla 6 que mediante, estos datos se puede conocer el periodo de recuperación de la inversión, asimismo se presenta en la tabla 7 el flujo de caja neto anual, a través del cual se puede conocer el valor del VAN.

Tabla 6. Flujo de caja acumulado

Año	FLUJO DE CAJA ANUAL	FLUJO DE CAJA ACUM
0	-265.000.000	
1	41.901.089	41.901.089
2	45.016.875	86.917.964
3	45.540.857	132.458.821
4	46.584.099	179.042.920
5	52.858.224	231.901.144
6	61.270.875	293.172.019
7	73.105.776	366.277.795
8	89.219.250	55.497.045
9	111.749.823	567.246.868
10	143.261.901	710.508.769

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

En la tabla 7 se presenta los valores del flujo neto actualizado, en donde se establece el flujo de caja correspondiente a cada período del proyecto. Posteriormente, estos flujos se actualizan, dividiendo cada flujo de caja por el factor $(1+r)^t$, donde r representa la tasa de descuento en el caso del proyecto es de 10% y t representa el período de evaluación.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
FJO. DE CAJA	-265.000.000	41.901.089	45.016.875	45.540.857	46.584.099	52.858.224	61.270.875	73.105.776	89.219.250	111.749.823	143.261.901
		110%	121%	133%	146%	161%	177%	195%	214%	236%	259%
FNE ACTUAL=	-265.000.000	38091899,45	37204028,93	34215519,76	31817566,42	32820798,38	34585811,61	37514822,44	41621438,58	47392833,79	55233664,56

Tabla 7. Flujo de caja actualizado

2.4.5 Cálculos para determinar el VAN

En primer lugar, para determinar el Valor Actual Neto (VAN) se establece el flujo de caja correspondiente a cada período del proyecto. Posteriormente, estos flujos se actualizan, dividiendo cada flujo de caja por el factor $(1+r)^t$, donde r representa la tasa de descuento y t el período de evaluación, la cual representa el valor del dinero en el tiempo. Como resultado de este proceso, se obtiene el flujo de caja actualizado de cada período, cuya suma de todos los flujos actualizados en los periodos analizados arrojan el resultado del VAN.

El criterio del Valor Actual Neto establece que un proyecto es económicamente viable cuando el VAN es mayor a cero, ya que esto indica que los ingresos actualizados superan a los costos actualizados, incluyendo la inversión inicial.

Un VAN positivo implica que el proyecto genera un excedente económico después de recuperar el capital invertido y cubrir el costo del dinero en el tiempo, representando creación de valor. Por el contrario, un VAN igual a cero indica un punto de equilibrio financiero no existe ganancias ni pérdidas, mientras que un VAN negativo refleja que el proyecto no logra recuperar la inversión.

2.4.5 Criterios de rentabilidad

El criterio del Valor Actual Neto establece que un proyecto es económicamente viable cuando el VAN es mayor a cero, ya que esto indica que los ingresos actualizados superan a los costos actualizados, incluyendo la inversión inicial.

Un VAN positivo implica que el proyecto genera un excedente económico después de recuperar el capital invertido y cubrir el costo del dinero en el tiempo, representando creación de valor. Por el contrario, un VAN igual a cero indica un punto de equilibrio financiero no existe ganancias ni pérdidas, mientras que un VAN negativo refleja que el proyecto no logra recuperar la inversión.

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

Desde el punto de vista económico, el valor de la TIR indica el rendimiento porcentual del capital invertido. Si la TIR es mayor que la tasa de descuento o tasa mínima aceptable de rendimiento, el proyecto genera beneficios suficientes para cubrir el costo del capital y producir un excedente económico, por lo que se considera financieramente viable.

Cuando la TIR es igual a la tasa de descuento, el proyecto se encuentra en el punto de equilibrio financiero, ya que los ingresos actualizados solo alcanzan para recuperar la inversión sin generar ganancias adicionales.

En cambio, si la TIR es menor que la tasa de descuento, el proyecto no logra compensar el costo del capital, lo que indica que la inversión no resulta económicamente conveniente.

A continuación, se presente el resultado del proyecto.

VAN =	125.498.384
TIR	18%

Tabla 8. Resultado económico

Con estos valores se puede observar que el proyecto presenta viabilidad.

3. Resultados y Análisis

El presente capítulo integra los resultados del diseño y la evaluación de estaciones de carga rápida de 150 kW en corredores priorizados, articulando la evidencia técnica (tablas, figuras, ecuaciones) con el razonamiento ingenieril que sustenta la decisión sobre emplazamientos, compatibilidad eléctrica, desempeño energético del sistema fotovoltaico de apoyo y viabilidad económica.

3.1 Diseño y emplazamientos

La selección de emplazamientos estratégicos se consolidó a partir de la limitada infraestructura de carga en los corredores analizados y de los criterios de accesibilidad y el suministro en MT. La Tabla 1 se presenta los lugares seleccionados, con identificación de ciudad, sitio (p. ej., estaciones de servicio, comercios) y coordenadas UTM. A partir de estas evaluaciones, se confirma que la instalación de una estación de 150 kW en los puntos seleccionados elimina las brechas críticas en los ejes Coronel Oviedo–Pedro Juan Caballero, Coronel Oviedo–Encarnación, Asunción–Salto del Guairá y Asunción–Concepción, mejorando la conectividad eléctrica para viajes interurbanos y reduciendo tiempos en ruta

3.2 Capacidad de la red eléctrica local

La factibilidad de conexión de cada emplazamiento seleccionado se evaluó considerando las condiciones de los alimentadores de Media Tensión. El perfil de carga de cada estación se encuentra por debajo del umbral de 400 kW, conforme a los parámetros internos de la ANDE para este tipo de análisis. Esto permite concluir que los alimentadores pueden soportar la carga proyectada sin necesidad de refuerzos significativos y sin afectar la estabilidad del sistema.

3.3 Estación seleccionada y compatibilidad

El tipo de estación adoptado es carga rápida DC de 150 kW con conectores CCS2 y CHAdeMO, por compatibilidad con el parque vehicular vigente y las tendencias regionales. La opción Tipo 2 AC se conserva como contingencia de baja potencia.

3.4 Resultados de dimensionamiento eléctricos

Los dimensionamientos realizados para la instalación de la estación de carga se estructuran en dos escenarios: la instalación de los cargadores eléctricos y la instalación del sistema fotovoltaico. Los cálculos determinan que la estación contará con un transformador de 200 kVA, mientras que la protección de la alimentación general se realizará mediante un interruptor regulable de 350 A acompañado de un interruptor diferencial de igual capacidad.

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

Dada la exposición del cargador a la atmósfera, es indispensable la instalación de un dispositivo de protección contra sobretensiones (DPS) tipo 2. El DPS seleccionado corresponde a un modelo tipo 1/2 con capacidad de 50 kA, cumpliendo los requerimientos establecidos en el apartado 3.4.9.

Los conductores para la alimentación desde el transformador hasta la protección general serán de XLPE con aislamiento de polietileno reticulado y sección de 240 mm². Para la protección de los cargadores eléctricos se instalará una barra de cobre de 50 × 3 mm². Cada cargador dispondrá de un interruptor regulable de 250 A y un disyuntor de igual capacidad, siendo el conductor de alimentación de 120 mm². Para la protección de otros consumos se empleará un interruptor de 10 A.

En cuanto al sistema fotovoltaico, cada string contará con fusibles de 20 A, y la conexión entre los paneles y el sistema string se realizará mediante conductores fotovoltaicos de 4 mm². Estas protecciones corresponden al tramo de corriente continua (C.C.). Para el tramo de corriente alterna (C.A.), correspondiente a la salida del inversor, se utilizará un conductor XLPE de 6 mm² y un descargador tipo 2 de 12,5 kA. El conductor de puesta a tierra del sistema fotovoltaico será de 4 mm².

Todos los resultados de los dimensionamientos y la justificación técnica se encuentran detallados en el Apéndice H.

3.5 Simulación energética (PV Sol)

El consumo energético de la estación se estimó considerando un tiempo de operación de 2 horas diarias, resultando en una demanda anual de 112,128 kWh/año.

La simulación del sistema fotovoltaico se realizó para

las distintas ubicaciones geográficas de los emplazamientos seleccionados, utilizando datos climáticos obtenidos mediante la herramienta Meteonors 8. En el Apéndice B se presentan estos datos, los cuales evidencian variaciones en la irradiancia anual media y la temperatura según la ubicación geográfica, siendo la irradiancia más alta en la zona norte del país.

Para la ciudad de Santa Rosa del Aguaray, la simulación arrojó una generación fotovoltaica anual de 19,503 kWh, equivalente al 17,5 % de la demanda de la estación. Las Figuras 7–10 y 16–17 ilustran la disposición de los módulos, el flujo energético, el autoconsumo y las pérdidas por sombreado.

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

En la ciudad de Liberación, debido a la existencia de múltiples emplazamientos físicos, se analizaron dos escenarios de orientación de los módulos: hacia el norte y hacia el sur. Los resultados muestran que:

- Orientación norte: irradiancia de 1,972.61 kWh/m², generación de 20,328 kWh/año, con pérdidas por sombreado 0,7 %.
- Orientación sur: irradiancia de 1,678.37 kWh/m², generación de 16,828 kWh/año, con pérdidas por sombreado 4 %.

Estos resultados indican que la orientación norte permite una mayor producción energética (16 % más) y menores pérdidas por sombreado (3,3 % menos) en comparación con la orientación sur. Por lo tanto, se concluye que los módulos solares orientados al norte presentan la máxima eficiencia fotovoltaica.

En general, la irradiancia media global, la temperatura media anual, el porcentaje de reducción por sombreado y la orientación de los módulos son factores determinantes en la producción de energía de los paneles solares.

Asimismo, es importante mencionar el porcentaje de inyección a la red si consideramos la simulación del sistema solar en la ciudad de Santa Rosa donde la energía total generada por el sistema se distribuye de la siguiente manera: 1.190kWh/año corresponde al consumo directo del sistema, 3.750kWh/año se destinan al almacenamiento en baterías, y 14.560kWh/año son inyectados a la red eléctrica, es decir que la mayor parte de la energía generada es inyectada a la red. Este último valor destaca la relevancia del esquema de compensación o remuneración por inyección de excedentes, lo cual resulta clave para la viabilidad económica del sistema.

Con base en este análisis, se definió que el estacionamiento solar para la ciudad de Yuty y los demás emplazamientos seleccionados se orientará hacia el norte, optimizando así la generación fotovoltaica (ver Figuras 9, 10 y 11). Los climogramas e irradiación por ciudad y los reportes del software quedan en Apéndice B

3.6 Análisis económico

El análisis financiero se estructura sobre los flujos calculados en la hoja Excel de rentabilidad, que modela una estación de carga rápida con inversión inicial, costos de operación y mantenimiento, gastos administrativos e IVA, junto con ingresos por venta de energía a partir de los supuestos operativos observados en plaza. En el caso base utilizado en la planilla se adoptan una ocupación baja (5 usuarios/semana), precio de venta del servicio de 2.000 Gs/kWh, precio de compra de 310

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

Gs/kWh, según el Pliego de Tarifas N.º 21 (categorías 413) [14]. y un horizonte de evaluación de 10 años con tasa de descuento del 10 % Con estas premisas, los flujos actualizados arrojan VAN= Gs 125.498.384, TIR = 18 % y PRI =5 años, lo que indica que la rentabilidad del proyecto resulta viable frente al costo de capital y al riesgo asumido en las condiciones actuales de utilización.

Para reflejar la política sectorial y las expectativas de mercado, el flujo de caja se proyecta incorporando el crecimiento anual de la demanda del $(1+0.025)^n$. Operativamente, la planilla aplica este factor de crecimiento sobre la energía vendida (kWh/año), manteniendo constantes la estructura tarifaria, costos unitarios de energía La inclusión de esta tendencia mejora gradualmente los ingresos año a año y reduce marginalmente el tiempo de recuperación.

Bajo esta lectura, la factibilidad económica presenta resultados favorables, la cual se traduce que el proyecto es viable económicamente.

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

- Las estaciones de 150 kW en COV–Encarnación (PY08), Asunción–Salto del Guairá (PY03), COV–Pedro Juan Caballero (PY08–PY05) y Asunción–Concepción (PY03–PY05) son técnicamente y económicamente viables.
- El diseño cumple, INTN NP 202896, el Reglamento de Baja Tensión de ANDE, NP-IEC 61851-1 IEC 60909-0 y la NEC 690.8
- CCS2 y CHAdeMO cubren la mayor compatibilidad del parque automotor nacional; Tipo 2 AC queda como respaldo a menor potencia
- Los emplazamientos seleccionados mejoran cobertura en los corredores considerados
- Se dispone de diseño y presupuesto.
- Los resultados del VAN Y la TIR determinan la viabilidad del proyecto.
- El estacionamiento solar aporta autoconsumo, pero solamente cubre aproximadamente el 15% al 18% de demanda energética, este porcentaje varía de acuerdo a la ubicación geográfica y la reducción de la energía demandada a la red varía en un rango de 3% a 5% con respecto a la ubicación seleccionada.

4.2 Recomendaciones

- La creación de tarifas exclusivas para el consumo de estaciones de carga.
- Estandarizar los conectores CCS2 y el tipo 2 y mantener CHAdeMO, en cada estación operativa.
- Se debe de crear un marco regulatorio que respalde a los inversionistas interesados en estos tipos de proyectos que incluya promover incentivos/APP y considerar remuneración por inyección a la red.
- Garantizar el mantenimiento preventivo constante y adecuado de las estaciones
- Garantizar que la estación cuente con señalización e iluminación y que sean de fácil acceso.
- Se debe garantizar que los cargadores cuenten con gestión dinámica de potencia
- Incluir en los reglamentos y normas nacionales se incluyan todos los requisitos técnicos y de seguridad para la instalación de cargadores eléctricos.
- Asegurar que los cargadores seleccionados cumplan con la norma IEEE 519-2014 la cual establece criterios para la distorsión armónica de tensión y corriente para el diseño de sistemas eléctricos que afecten a la calidad de energía.

Referencias

- [1] IEC 60909-0, Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 0: Calculation of currents. International Electrotechnical Commission, ed. vigente.
- [2] IEC/UNE 60364-5-52, Instalaciones eléctricas de baja tensión – Parte 5-52: Selección e instalación de canalizaciones. Ed. vigente.
- [3] Documentación técnica de baterías para VE, Especificaciones eléctricas y de operación (tensión, capacidad, C-rate, BMS). Fabricantes y fichas técnicas, ed. vigente.
- [4] IEC 62196 (Partes 1/2/3), Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets for conductive charging of electric vehicles. IEC, ed. vigente.
- [5] ISO 15118 (serie), Road vehicles — Vehicle to grid communication interface. International Organization for Standardization, ed. vigente.
- [6] [6] Especificación técnica CHAdeMO, Sistema de carga rápida DC para vehículos eléctricos. Asociación CHAdeMO, ed. vigente.
- [7] Datos de compatibilidad del parque VE, Conectorado predominante (CCS2/CHAdeMO/Tipo 2) y modos de carga. Fuentes sectoriales y estadísticas técnicas, ed. vigente.
- [8] Ley N.º 6925/2022 (Paraguay), Promoción y fomento del transporte eléctrico y de la movilidad eléctrica. Gaceta oficial, 2022.
- [9] ODS 7/11/13 (ONU), Energía asequible y no contaminante; Ciudades y comunidades sostenibles; Acción por el clima. Naciones Unidas, ed. vigente.
- [10] Guías del distribuidor (MT/BT), Condiciones de suministro, factor de potencia, medición y conexión de cargas especiales. Documentos técnicos, ed. vigente.
- [11] NFPA 70 – NEC 690.9, National Electrical Code – Article 690.9 Overcurrent Protection (sistemas fotovoltaicos). National Fire Protection Association, ed. vigente.
- [12] Manual PV*Sol, Modelado y simulación de sistemas fotovoltaicos conectados a red. Valentin Software, ed. vigente.

- [13] Manual Autodesk Inventor, Modelado paramétrico y verificación estructural básica. Autodesk, ed. vigente.
- [14] Pliego Tarifario ANDE N.º 21 (MT), Categorías 413/412 para centros de recarga en Media Tensión; condiciones generales. Administración Nacional de Electricidad, ed. vigente.
- [15] Guía técnica BT-22, Cortocircuito mínimo y verificación de actuación de protecciones en BT. Publicación técnica, ed. vigente.
- [16] IEC 60909-0, Short-circuit currents in three-phase a.c. systems – Part 0: Calculation of currents. International Electrotechnical Commission, ed. vigente.
- [17] IEC/UNE 60364-5-52, Instalaciones eléctricas de baja tensión – Parte 5-52: Selección e instalación de canalizaciones. Ed. vigente.
- [18] Documentación técnica de baterías para VE, Especificaciones eléctricas y de operación (tensión, capacidad, C-rate, BMS). Fabricantes y fichas técnicas, ed. vigente.
- [19] IEC 62196 (Partes 1/2/3), Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets for conductive charging of electric vehicles. IEC, ed. vigente.
- [20] ISO 15118 (serie), Road vehicles — Vehicle to grid communication interface. International Organization for Standardization, ed. vigente.
- [21]- Mobility Portal: Noticias sobre vehículos eléctricos. Accedido: 1 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://mobilityportal.lat/paraguay-50-puntos-de-carga>
- [22] NP- IEC 61851-1, Sistema conductivo de carga para vehículos eléctricos – Parte 1: Requisitos Generales. Ed. vigente.
- [23] NP- 202896, Instalaciones eléctricas de Baja tensión – Segunda Ed. 2013.
- [24] El Acuerdo de París | CMNUCC Accedido: 3 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>
- [25] Rentabilidad de proyectos ajustada a riesgos. Accedido: 09 de Octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.accountingtools.com/articles/risk-adjusted-discount-rate>
- [26] Reglamento de Baja tensión ANDE, ed. vigente

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

[27] Pliego de Tarifa 21 ANDE, ed. vigente

Anexos

Anexo A. Resumen de cálculos eléctricos completos

Este apéndice consolida los parámetros eléctricos utilizados en el dimensionamiento, el modelo de impedancias por tramos, los resultados de cortocircuito máximo y mínimo, y la tabla de ajustes y protecciones que sustentan la selectividad de la instalación. Se citan las fuentes según numeración IEEE, sin hipervínculos.

Tabla A.1. Datos base del transformador y condiciones de cálculo

Parámetro	Valor
Potencia nominal (Sn)	200 Kva
Impedancia de cortocircuito (Ucc)	4%
Icc en bornes BT (máximo)	6,75 Ka
Protección general asociada	Interruptor 3×350 A; Icu 25 kA

- **Potencia de estación:** 150 kW (cargador DC). • Factor de potencia: $fp = 0,99$. • Transformador: $S_n = 200$ kVA; $U_{cc} = 4\%$.
- **Método de instalación conductores:** Referencia D; tablas de capacidad de conducción

Tabla A.2. Corrientes nominales y Corrientes admisibles

Circuito	I _N (A)	I _{adm} (A)	Observación
General estación (150 kW)	≈ 303,87	351A	Base para elección de protección 3×250 A
Derivación a cargador 150 kW	230,20	240A	Base para elección de protección 3×250 A
Auxiliares (300 W)	≈ 1,51	—	Circuito de iluminación/tomas

Tabla A.3. Selección de conductores y verificación de caída de tensión

Tramo	Sección adoptada	Corriente admisible (A)	Condición $e_c\%$
Trafo → TGBT (general)	3(1×240 mm ²) + 1×240 mm ²	351 A	Cumple
TGBT → Cargador 150 kW	3(1×120mm ²) + 1×120mm ²	240 A	Cumple
Auxiliares	2,5 mm ²	10 ^a	Cumple

Notas: Se declara no cumplimiento de 10 mm² (61 A) en la memoria; se adoptan secciones superiores que satisfacen I_z que corresponde a la corriente admisible del conductor Según Tabla 37 de NP 202896 para los conductores XLP.

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

Tabla A.4. Protecciones y poder de corte

Ubicación	Elemento	Ajuste/Calibre	Poder de corte / Capacidad	Observación
General BT (TGBT)	Interruptor 3P	3×350 A	Icu 25 kA	Coordinado con Icc_max
Derivación a cargador	Interruptor 3P	3×250 A	≥ 25 kA	Verificado con Icc ≈ 6,75 kA
DPS AC	DPS 2+1	Disyuntor 50kA		

Tabla A.5. Cálculo de cortocircuito (IEC 60909-0)

- **Cortocircuito máximo:** $I_{cc_{max}} \approx 6,75 \text{ kA}$ Verificación: $I_{cu_{general}} = 25 \text{ k}$
- **Cortocircuito mínimo (fase–tierra):** se considera factor 0,99 y resistencias a 145°C (BT-22) para la impedancia máxima de línea; la memoria consigna la comparación “10.In < 3.637” y “3.038 A < 3.637 A”, concluyendo actuación garantizada → Cumple
- **Carga total considerada:** 300 W. Corriente nominal 1,51 A. Protección: interruptor termomagnético 10 A. Conductor: 2,5 mm².

Tabla A.6. Impedancias de línea (resistencias y reactancias)

Magnitud	Valor	Unidad
Resistencia a fase a 145°C (por km)	0,001040Ω	Ω/km
Resistencia a 145°C (por km)	0.01626Ω	Ω/km
Reactancia (por km)	0,08	Ω/km
Reactancia total de tramo	0,012	Ω

Tabla A.7. Tabla de ajustes y protecciones

Circuito / Ubicación	Elemento	Calibre/Ajuste	Poder de corte/Capacidad
Protección general BT (TGBT)	Interruptor regulable 3P	3×350 A regulable	Icu 25 Ka
Derivación TGBT → Cargador 150 kW	Interruptor 3P	3×250 A	Icu ≥ 25 kA (verificación Icc ≈ 6,75 kA)
Protección contra sobretensiones (AC)	DPS 2+1	50kA	
Auxiliares (iluminación y tomas)	MCB	10 A; P≈300 W	Según catálogo

Tabla A.8. Conductores y verificación de caída de tensión

Tramo	Sección adoptada	Observación de ec%
Trafo → TGBT (general)	3(1×240 mm ²) + 1×240 mm ²	Condición verificada (cumple)
TGBT → Cargador 150 kW	3(1×120 mm ²) + 1×120 mm ² (PE)	Condición verificada (cumple)

Anexo B. Simulaciones PV Sol

B.1 Disposiciones y diagramas FV

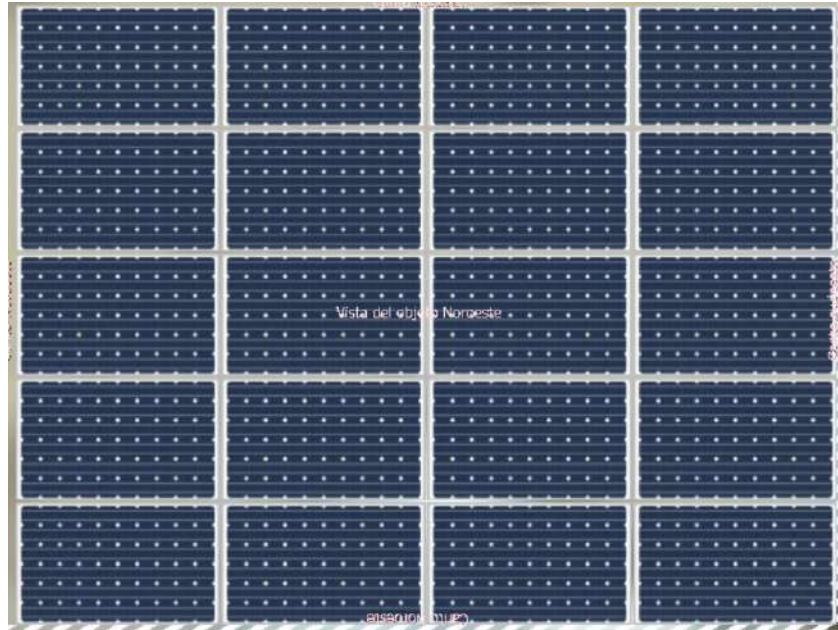


Figura 5: Vista de los paneles

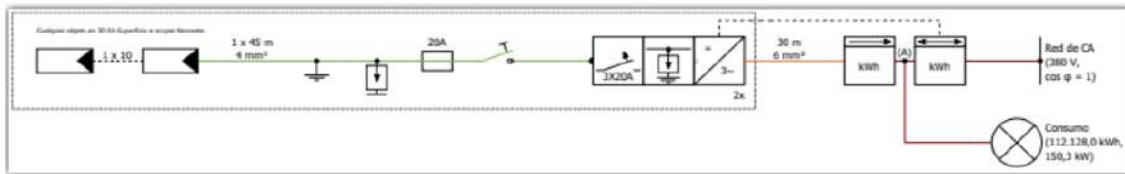


Figura 6. Esquema eléctrico de la instalación desde la generación hasta la carga.

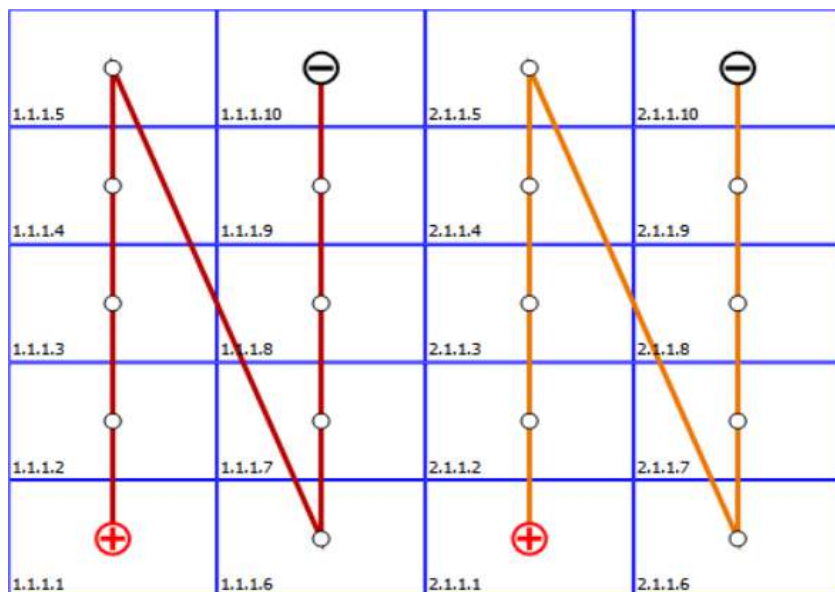


Figura 6: conexión en strings

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

1.1.1.5	1.1.1.10	2.1.1.5	2.1.1.10
1.1.1.4	1.1.1.9	2.1.1.4	2.1.1.9
1.1.1.3	1.1.1.8	2.1.1.3	2.1.1.8
1.1.1.2	1.1.1.7	2.1.1.2	2.1.1.7
1.1.1.1	1.1.1.6	2.1.1.1	2.1.1.6

Figura 7: Paneles correspondiente a los inversores

Gráfico de flujo de energía
Proyecto: PV SOL SANTA ROSA 2.0

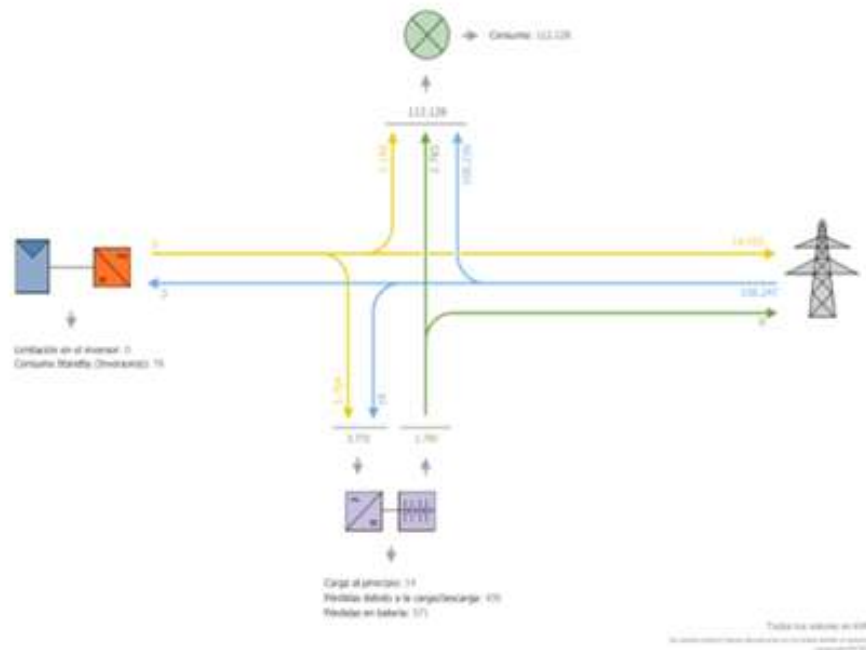


Figura 8. flujo energético

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

B.2 Vistas de implantación



Figura 9: Estación de Servicio Petropar Santa Rosa del Aguaray.



Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

Figura 10: Estación de Servicio Petropar de la ciudad de Yuty

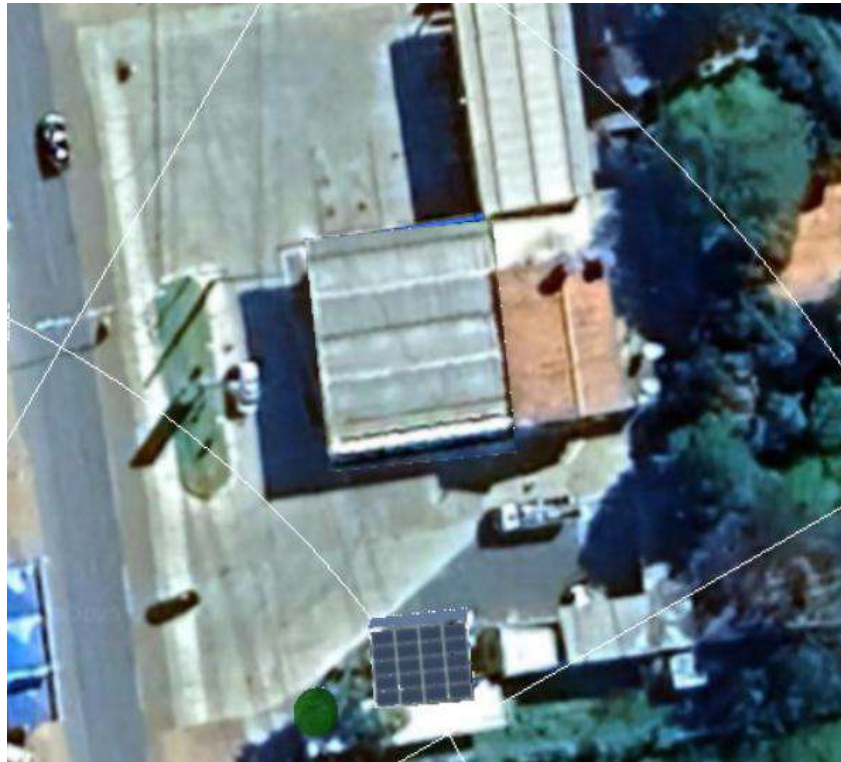


Figura 11: Estación de Servicio Puma Liberación orientación de la estructura lado sur



Figura 12: Estación de Servicio Puma Liberación orientación de la estructura lado norte.

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

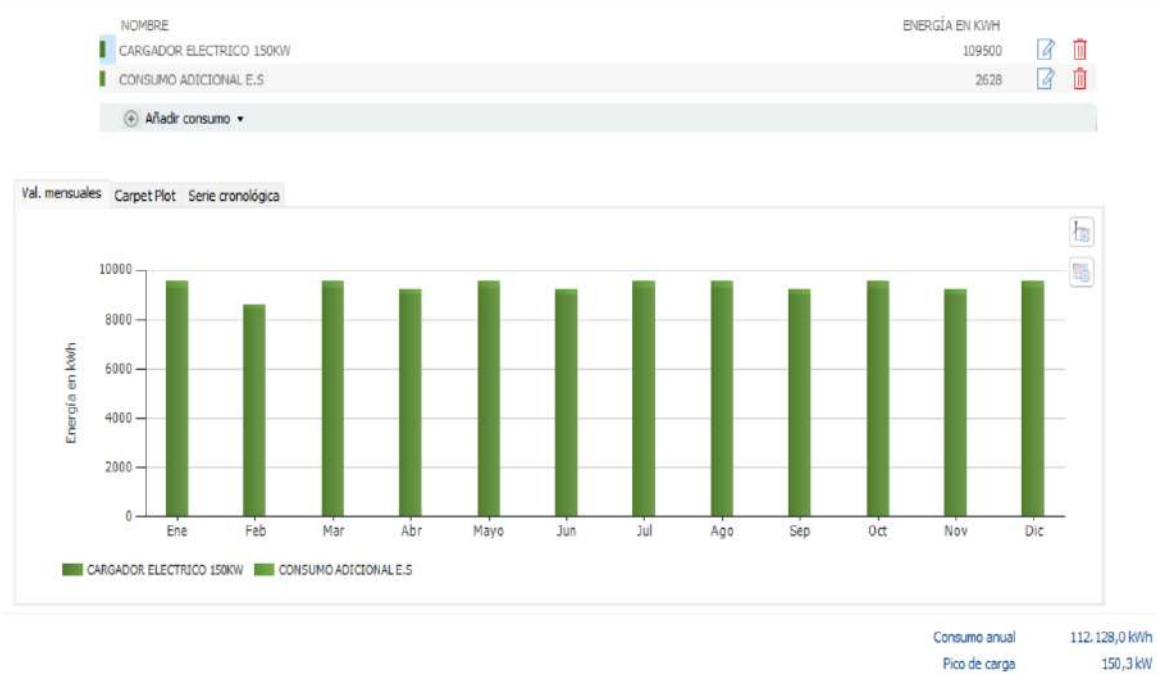


Figura 13: Consumo energético anual de la estación

Cualquier objeto en 3D 01-Superficie a ocupar norte	
Potencia generador FV	12,00 kWp
Superficie generador FV	56,60 m ²
Irradiación global sobre módulo	1942,34 kWh/m ²
Radiación global en el módulo sin reflexión	1954,05 kWh/m ²
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	86,36 %
Energía de generador FV (Red CA)	20249,07 kWh/Año
Rendimiento anual espec.	1687,42 kWh/kWp

Figura 14. Datos de la superficie a ocupar correspondiente en la ciudad de Yuty.

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

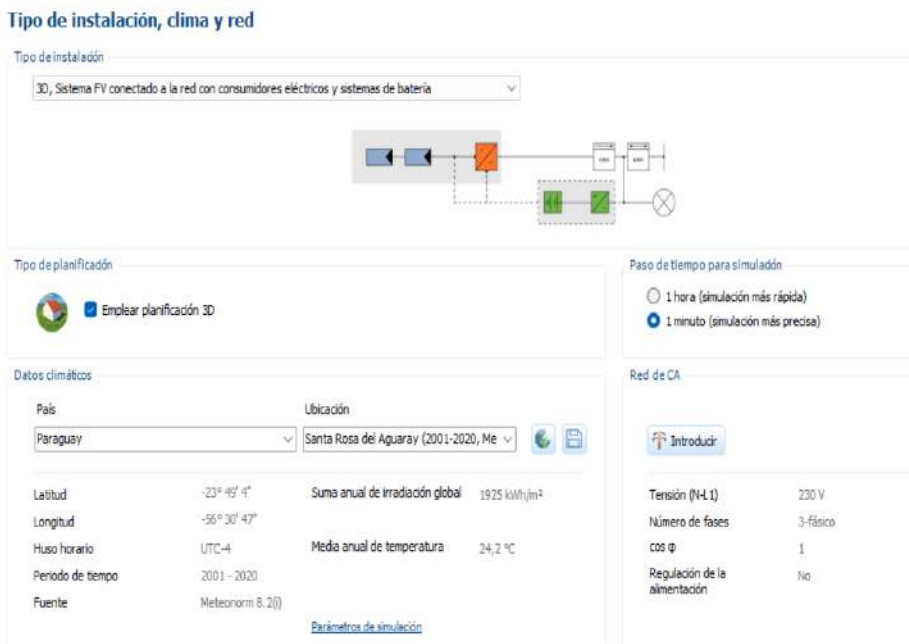


Figura 15. Datos climáticos generados para la ciudad de Santa Rosa del Aguay



Figura 16. Distribución de la energía generada por los paneles solares en la ciudad de Santa Rosa del Aguay.

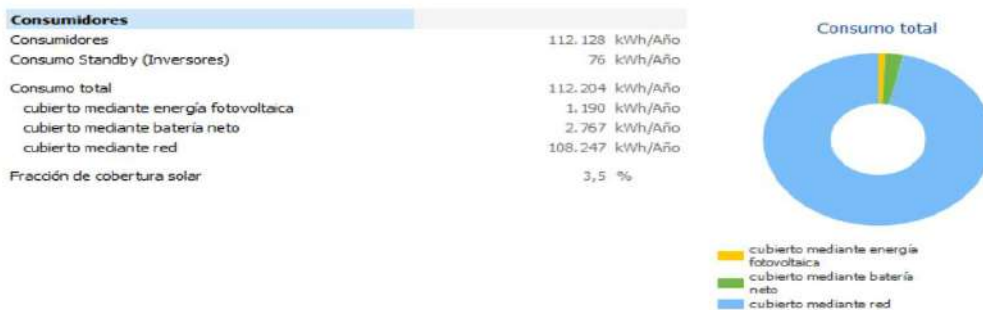


Figura 17. Consumo anual de la estación de carga- Santa Rosa del Aguay.

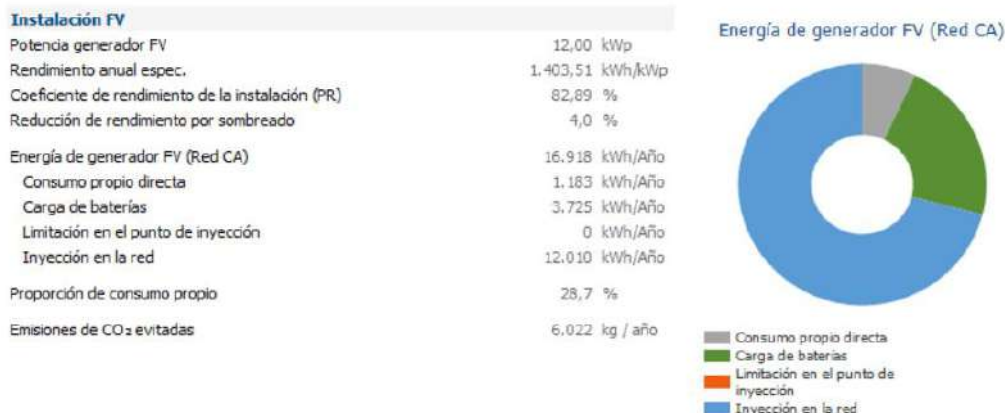


Figura 18 Distribución de la energía generada en la ciudad de cruce liberación sur

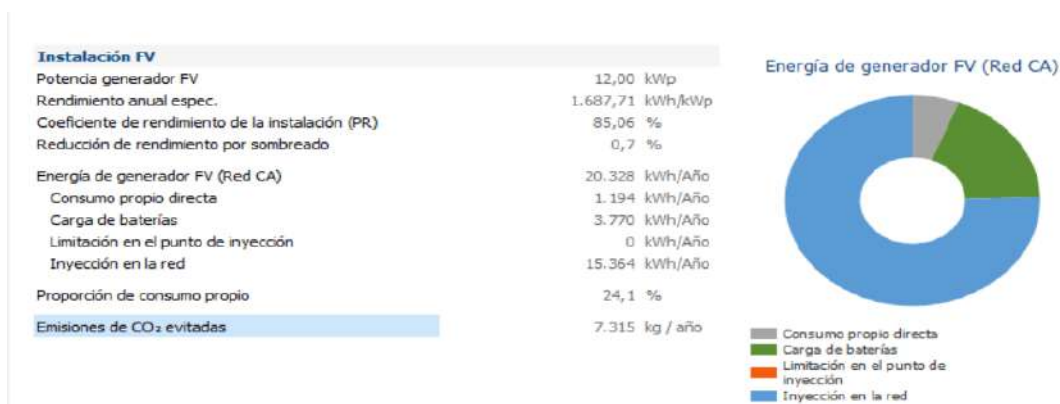


Figura 19 Distribución de la energía generada en la ciudad de cruce liberación orientación norte



Figura 20 Distribución de la energía generada en la ciudad de Yuty

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

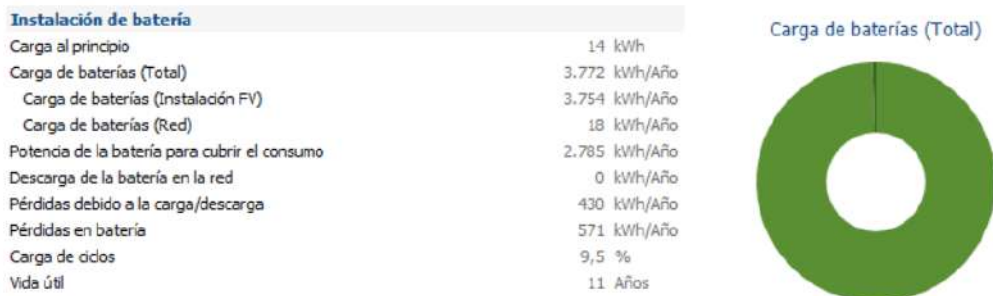


Figura 21. datos sobre la batería

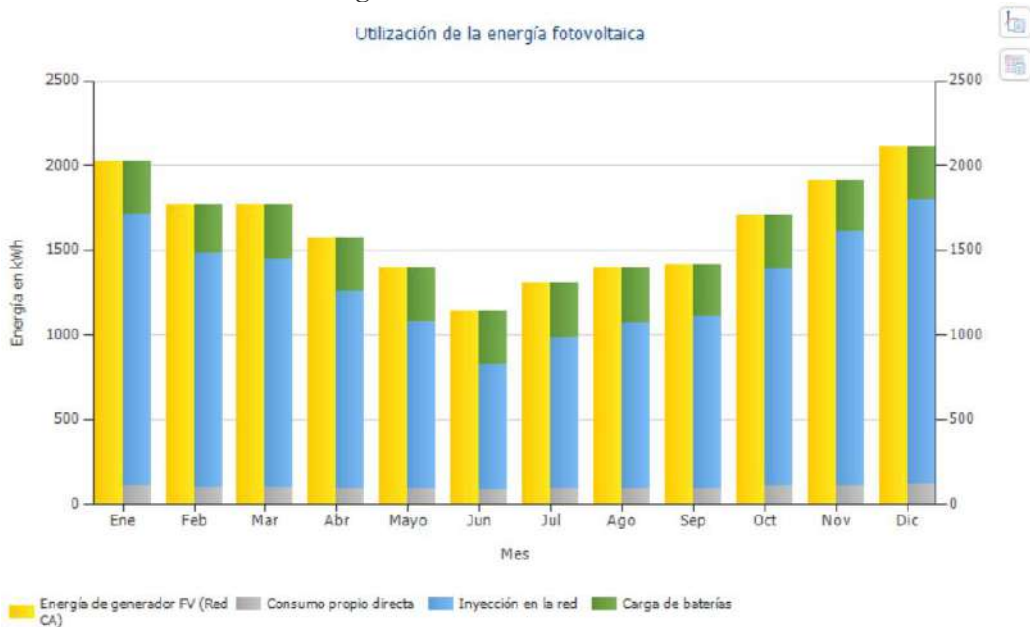


Figura 22. Energía generada en cada mes del año.



Figura 23. Evaluación económica de la instalación de los paneles solares.

Anexo C. Inventor (estructuras)

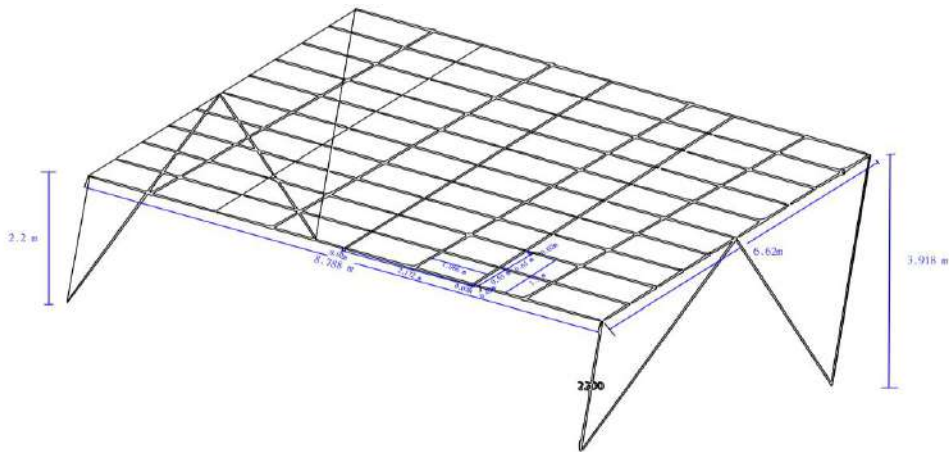


Figura 24. Dimensiones de la estructura solar.



Figura 25. Vista Lateral y de Arriba de la estructura solar.

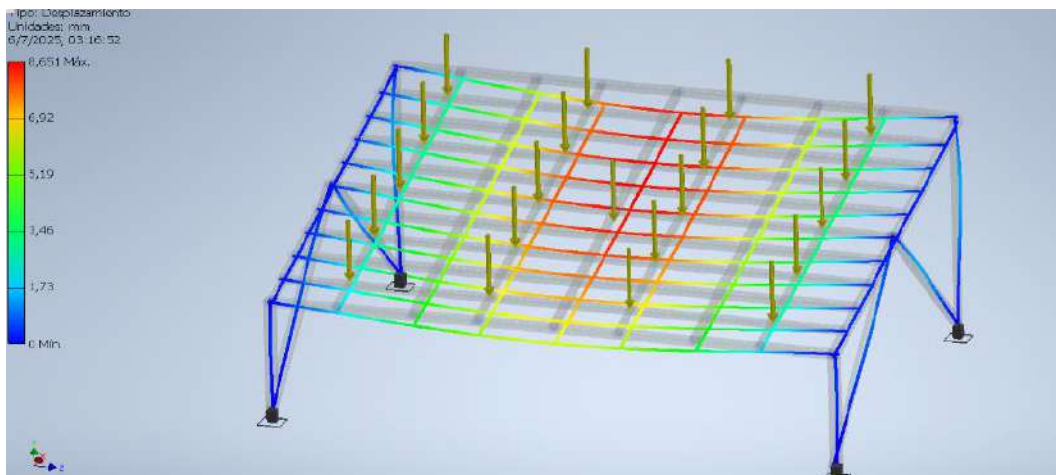


Figura 26: simulación de las cargas que deberá soportar la estructura.

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

Anexo D. Tablas extensas y gráficos

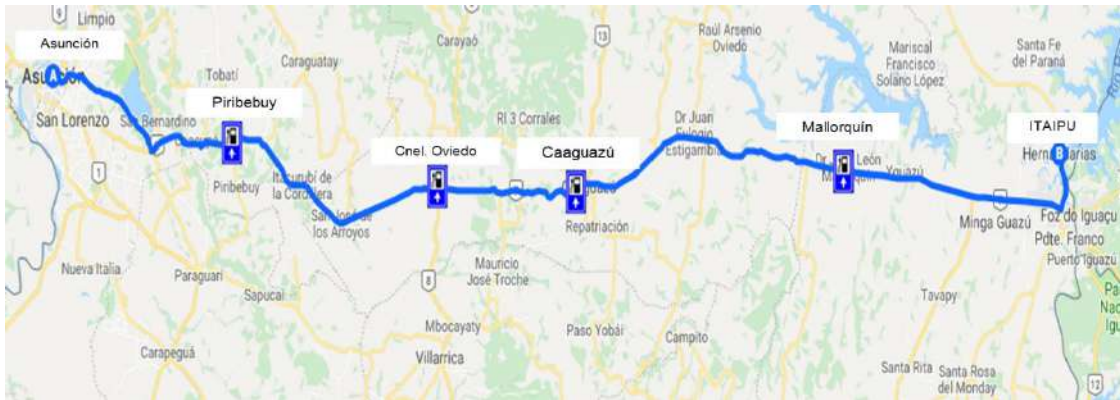


Figura 27. Mapa de la denominada ruta verde [21]

CATEGORÍA: 412

Instalación de Entrega	:	Línea de Media Tensión
Tensión de Abastecimiento	:	23.000 Voltios
Potencia Reservada Máxima	:	3.000 kilovatios
Potencia Reservada Mínima	:	40,1 kilovatios

Concepto	Unidad	Tarifas
Potencia Reservada	G/kW-mes	41.126
Exceso Potencia Reservada	G/kW-mes	87.533
Energía en Punta	G/kWh	331,93
Energía Fuera de Punta	G/kWh	144,83

Figura 28. Tarifas binómicas en Media Tensión – línea; Categoría 412. [27]

CATEGORÍA: 413

Instalación de Entrega	:	Línea de Media Tensión
Tensión de abastecimiento	:	23.000 ó $23.000 / \sqrt{3}$ Voltios
Potencia Limitada	:	2,2 a 150 kW (*)

(*) Modificado por Decreto N° 3978 del Poder Ejecutivo de la Nación, de fecha 25 de agosto de 2020

Concepto	Unidad	Tarifas
Energía	G/kWh	310,00

NOTA: La ANDE facturará obligatoriamente a los clientes un mínimo de 45 kWh mensuales por cada kW de la Potencia Limitada.

Figura 29. Tarifas monofásicas en Media Tensión – línea; Categoría 413 [27]

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

Tabla D.1. Lista de protecciones y ajustes

Circuito / Ubicación	Elemento de protección	Calibre / Ajuste	Poder de corte / Capacidad	Observaciones técnicas
TGBT – Interruptor general BT	Interruptor automático 3P	3×350 A	Icu 25 kA (según ficha técnica)	Base para selectividad aguas abajo; coordinación con Icc según IEC 60909-0.
Derivación a cargador DC 150 Kw	Interruptor automático 3P	3×250 A;	Icu ≥ 25 kA (verificación con Icc ≈ 6,75 kA)	Selectividad cronométrica y por corriente; actuación en corto mínimo verificada.
Protección contra sobretensiones (AC)	DPS 2+1 + disyuntor asociado	50KA		Coordinación de DPS con TGBT y generador FV; equipotencialidad y SPT.
Auxiliares (iluminación y tomas)	Interruptor automático (MCB)	10 A	Según catálogo	Cálculo por carga 300 W; sección 2,5 mm ² .
Generador FV – String 1	Fusible DC por string	20 A (NEC 690.8; 1,25×I)	Adecuado al rango de tensión del string	Módulos 600 Wp; string de 10 módulos; sección DC 4 mm ² .
Generador FV – String 2	Fusible DC por string	20 A (NEC 690.9)	Adecuado al rango de tensión del string	Configuración gemela del String 1.

Tabla D.2. Disponibilidad de cargadores en todo el país

Ruta	Trayecto	Ciudad	Cant. total cargadores	Modo de recarga	Tipos de conectores
PY01	Asunción–Encarnación	Asunción	2	Lento, Rápido	GB/T de 7kw, tipo2
PY01	Asunción–Encarnación	Paraguarí	1	Rápido	CHadeMo 50kw, CCS2 50Kw
PY01	Asunción–Encarnación	V. Florida	1	Rápido	GB/T (DC) 50KW, CCS250Kw
PY01	Asunción–Encarnación	Encarnación	2	Lento	Tipo2 ,11Kw
PY02	Asunción–Ciudad del Este	Asunción	1	Lento	Tipo 2 de 3.7 Kw
PY02	Asunción–Ciudad del Este	Fernando de la Mora	2	Lento	GB/T DE 3.7 Kw, CCE 2P+E Blue-camping de 3.7 Kw
PY02	Asunción–Ciudad del Este	San Lorenzo	2	Lento	Tipo 2 de 3.7 Kw y 3.3 Kw
PY02	Asunción–Ciudad del Este	Piribebuy	2	Lento, Semirapida, Rápida	Chademo de 50kw, CCS2 de 50kw, Tipo2 de 43kw y 22kw, Tipo 1de 7Kw, CCE 2P+E (Blue-camping de 3.7kw, GB/T DE 22Kw

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

PY02	Asunción– Ciudad del Este	Coronel Oviedo	2	Lenta, semirapida, rápida	CCS2 50Kw, Tipo 2 de 7.4Kw y 22kw, Tesla de 20Kw, CCE 2D+E (Blue- camping)
PY02	Asunción– Ciudad del Este	Caaguazú	1	Lenta, semirapida, rápida	CCE 2P+E (Blue-Camping) de 3.5kw, Tipo 1(SAE J1772) de7 KW, Tipo 2 de 22Kw, Chademo de 50Kw y CCS1.
PY02	Asunción– Ciudad del Este	Cruce Pastoreo	1	Rápida	CC2 DE 50Kw.
PY02	Asunción– Ciudad del Este	Dr. J.E Estigarribia	1	Semirapida	GB/T de 22kw
PY02	Asunción– Ciudad del Este	Dr. J. L Mallorquín	1	Lenta / Semirapida	Tipo 1 (SAE J1772) DE 7 KW, Tipo 2 de22Kw, CCE 2P+E (blue camping) 3.5kw, Tesla de 20kw
PY02	Asunción– Ciudad del Este	Santa Rita (ruta 6)	1	Lento	Tipo2
PY02	Asunción– Ciudad del Este	Ciudad del Este	5	Lento	Tipo 2 de 11kw
PY03	Asunción–P.J. Caballero	Asunción	2	Lento	Tipo 2 (SAE J1772), GB/T (AC)7.4 Kw
PY03	Asunción–P.J. Caballero	San Estanislao	2	Lento, Rápida	CCS2 50Kw, 3.7 Kw
PY03	Asunción–P.J. Caballero	Yvy Yau	1	Lento	Tipo 2 de 11kw
PY03	Asunción–P.J. Caballero	Pedro Juan Caballero	1	Lento	Tipo 2 de 11kw
PY08– PY05	COV–P.J. Caballero	Cnel. Oviedo	2	Lenta, semirapida, rápida	CCS2 50Kw, Tipo 2 de 7.4Kw y 22kw, Tesla de 20Kw, CCE 2D+E (Blue- camping)
PY08– PY05	COV–P.J. Caballero	San Estanislao	2	Lento, Rápida	CCS2 50Kw, 3.7 Kw
PY08– PY05	COV–P.J. Caballero	Yvy Yau	1	Lento	Tipo 2 de 11kw
PY08– PY05	COV–P.J. Caballero	P.J Caballero	1	Lento	Tipo 2 de 11kw
PY08– PY01	Coronel Oviedo– Encarnación	Cnel. Bogado	1	Carga Rapida	

Tabla D.3. Tramo de las rutas que unen ciudades fronterizas.

Ruta	Trayecto
PY03	Asunción – Salto del Guairá
PY08–PY05	Asunción – Concepción

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

PY08–PY05	Coronel Oviedo – P.J. Caballero
PY08–PY01	Coronel Oviedo – Encarnación

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

Anexo E. Análisis Económico y Costos

Tabla E.1. Lista de materiales.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (Gs)
Cargador eléctrico 150 Kw	UNIDAD	1	175.000.000	175.000.000
Interruptor termomagnético 350–250 ^a	UNIDAD	2	3.500.000	7.000.000
Descargadores (DPS) Tipo 1+2 50 kVA	UNIDAD	1	1.000.000	1.000.000
Interruptor diferencial 250–350 ^a	UNIDAD	2	2.000.000	4.000.000
Cable XLP 120 mm ²	METRO	100	42.750	4.275.000
Cables XLP 240 mm ²	METRO	60	55.000	3.300.000
Electroductos PEAD polietileno alta densidad 2"	METRO	160	—	374.000
Transformador 200 kVA	UNIDAD	1	36.000.000	36.000.000
Poste H°A 12/300	UNIDAD	2	2.000.000	4.000.000
Cruceta polimérica P/MT 2,40 m sin refuerzo mecánico	UNIDAD	3	361.500	1.084.000
Soporte planchuela tipo ABRT-05/12,300 para trafo trifásico	UNIDAD	1	26.000	26.000
Abrazadera de H° planchuela tipo AC-2	UNIDAD	6	7.300	43.800
Perno ojo de 5/8" × 8"	UNIDAD	6	20.072	120.432
Arandela cuadrada 2×2×11/16	UNIDAD	6	2.625	15.750
Tuerca ojal 5/8"	UNIDAD	6	45.000	270.000
Conj. estribo conector T/Cuña	UNIDAD	3	46.900	140.700
Seccionador fusible MT	UNIDAD	3	705.000	2.115.000
Descargador polimérico MT	UNIDAD	3	434.000	1.302.000
Aislador polimérico	UNIDAD	6	109.722	658.332

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

Cable de cobre desnudo 25 mm ²	METRO	15	38.961	584.415
Cable de acero	METRO	15	38.961	584.415
Mano francesa tipo MF2	UNIDAD	1	29.500	29.500
Piedra triturada	tn	2	151.250	302.500
Arena lavada	m ³	0,4	71.875	28.750
Cemento portland	Kg	160	1.375	220.000
Fusible NH 600 A – 500 V	UNIDAD	3	448.075	1.344.225
Jabalina 3×4"×3 m	UNIDAD	1	261.500	261.500
Tablero metálico	UNIDAD	1	1.661.000	1.661.000
Barras de cobre	UNIDAD	3	348.000	1.044.000
Banco de capacitores automático trifásico	UNIDAD	3	390.000	1.170.000
Otros elementos	UNIDAD	1	3.087.000	3.087.000
Mano de obra	UNIDAD	1	13.957.681	13.957.681
TOTAL Gs				265.000.000

Tabla E.2. Lista de materiales para el estacionamiento solar

Ítem	Descripción	Unidad	Cant. a utilizar	Precio unitario (Gs)	Total (Gs)
1	Paneles solares de 600 W	UNIDAD	20	1.300.000	26.000.000
2	Inversores híbridos	UNIDAD	2	4.000.000	8.000.000
3	Estructura	UNIDAD	1	10.000.000	10.000.000
4	Fusibles	UNIDAD	2	32.000	64.000
5	Descargador	UNIDAD	2	300.000	600.000
6	Medidor bidireccional	UNIDAD	1	3.066.000	3.066.000
7	Baterías	UNIDAD	20	3.050.000	61.000.000
8	Interruptor	UNIDAD	1	117.500	117.500
9	Cable 6 mm ²	METRO	100	7.195	719.500
10	Cable 4 mm ²	METRO	45	10.700	481.500
11	Mano de obra	UNIDAD	1	10.951.500	10.951.500
	Total Gs.				111.000.000

Anexo F. Especificaciones técnicas

Cargador eléctrico seleccionado



Figura 30. Diseño del cargador seleccionado

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

Tabla F.1. Especificaciones del cargador

parametros de producto		
La especificación	El modelo	EF160 CJ082
	La tensión de entrada	Fase 3 de 400 Vac
	Frecuencia de entrada	50Hz/60Hz
Especificaciones eléctricas	El voltaje de salida	CCS: 200 - 1.000 VCC, CHAdeMO: 200 - 500 V CC
	Corriente de salida	CCS: 0 - 200A, CHAdeMO: 0 - 125A, 3-fase de 32 A máx.
	La eficiencia	≥94%
	Factor de potencia	≥ 0,99
	Las escenas de la aplicación	Parking público/estación de carga

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).



Half Cell 10BB
550-600 Watt
MONO-FACIAL MODULE

Positive power tolerance of 0–+3%

IEC61215(2016), IEC61730(2016)
ISO9001:2015: Quality Management System
ISO14001:2015: Environment Management System
ISO45001:2018: Occupational health and safety management systems



MBB Technology

Key Features

	Multi Busbar Technology Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.		Durability Against Extreme Environmental Conditions High salt mist and ammonia resistance.
	Reduced Hot Spot Loss Optimized electrical design and lower operating current for reduced hot spot loss and better temperature coefficient.		Enhanced Mechanical Load Certified to withstand wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).
	Longer Life-time Power Yield 0.5% annual power degradation and 25 year linear power warranty.		

Figura 19. Ficha técnica de los paneles solares (1)

Engineering Drawings

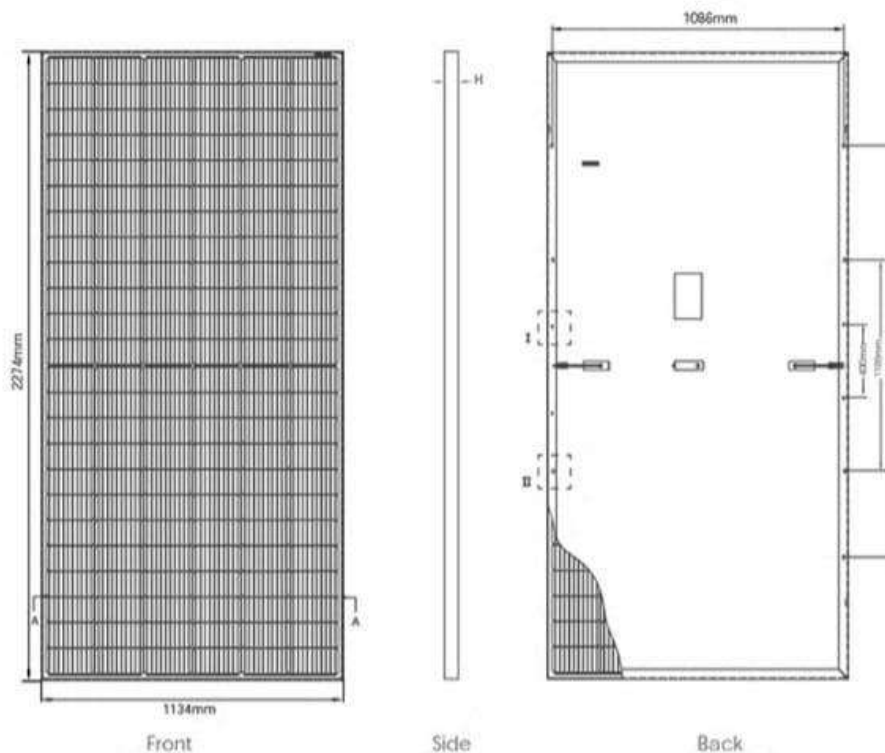


Figura 20. Ficha técnica de los paneles solares (2)

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

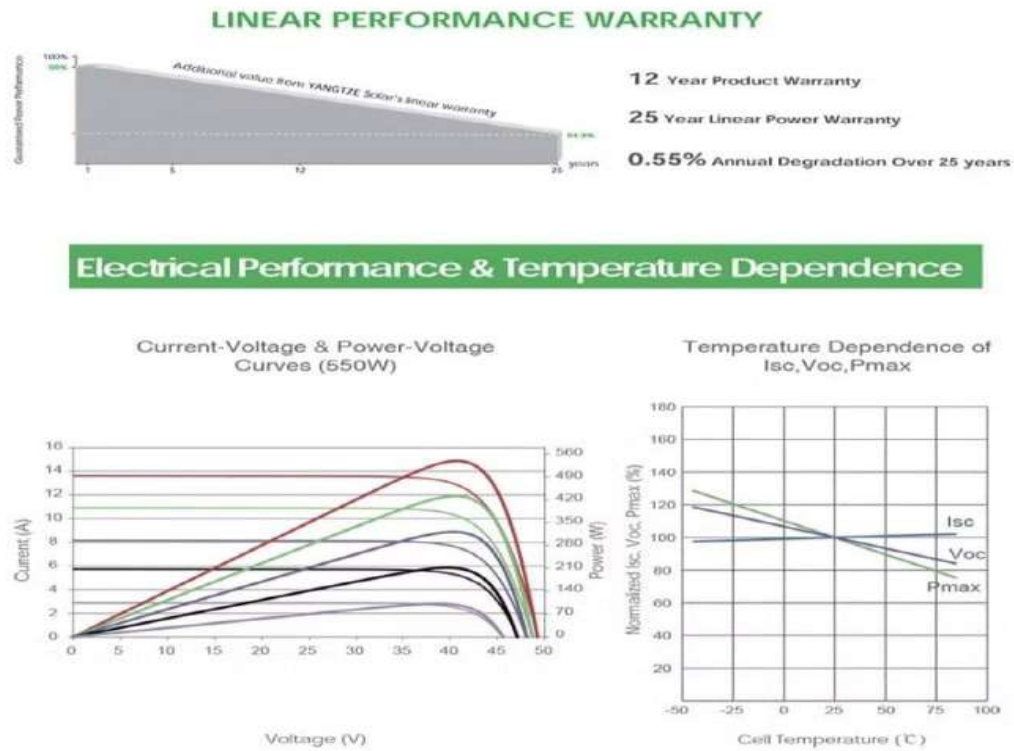


Figura 31. Ficha técnica de los paneles solares (3)

Mechanical Characteristics	
Cell Type	10BB Mono-crystalline
No. of cells	144 (6×24)
Dimensions	2274×1134×35mm (89.53×44.65×1.38 inch)
Weight	28.9 kg (63.7 lbs)
Front Glass	3.2mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP68 Rated
Output Cables	TUV 1×4.0mm ² (+): 400mm, (-): 200mm or Customized Length

ESPECIFICACIONES

Tipo de módulo	YS590M-72	YS560M-72	YS570M-72	YS580M-72	YS590M-72	YS600M-72
Potencia máxima (P _{máx})	550W	560W	570W	580W	590W	600W
Tensión de alimentación máxima (VMP)	40,90V	41,10V	41,30V	41,50V	41,90V	42,10V
Corriente de potencia máxima (Imp)	13,45A	13,63A	13,27A	13,98A	14,08A	14,25A
Tensión de circuito abierto (VOC)	49,62V	49,72V	49,82V	49,91V	49,95V	49,99V
Corriente de cortocircuito (ISC)	14,03A	14,33A	14,62A	14,81A	14,92A	14,97A
Eficiencia del módulo STC	21,33%	21,72%	22,10%	22,49%	22,87%	23,27%
Temperatura de funcionamiento	-40~+85°C					
Tensión máxima del sistema	1000VDC/1500VDC (IEC)					
Capacidad máxima de los fusibles en serie	25A					
Tolerancia de potencia	0~+3%					

Tabla 8 Ficha técnica de los paneles solares (4)

Inversor Híbrido Trifásico



Código	129564	129565
Referencia	SUN2000-5KTL-M1	SUN2000-10KTL-M1
Nombre	Inv. Trifásico 5kW	Inv. Trifásico 10kW
Información general		
Potencia Nominal:	5000 W	10000 W
Potencia máxima de entrada fotovoltaica:	7500 Wp	15000 Wp
Rango de temperatura de funcionamiento:	-25°C + 60°C	-25°C + 60°C
Dimensiones:	525x470x146.5 mm	525x470x146.5 mm
Peso neto:	17 kg	17 kg
Garantía:	5 años ampliable a 10 años (según condiciones)	5 años ampliable a 10 años (según condiciones)
Entrada PV (DC)		
Tensión DC Nominal/ Tensión DC máxima:	600/1100Vdc	600/1100Vdc
Voltaje de arranque/ Voltaje de alimentación inicial:	200Vdc	200Vdc
Rango de voltaje de operación normal:	140-980Vdc	140-980Vdc
Número de rastreadores MPPT/ Corriente de entrada máxima:	2/13.5 A	2/13.5 A
Salida de Red (AC) (ON GRID)		
Conexión a Red:	Trifásica	Trifásica
Tensión nominal de salida:	220Vac/380 Vac, 230 Vac/400 Vac, 3W/N+PE	220Vac/380 Vac, 230 Vac/400 Vac, 3W/N+PE
Potencia nominal de salida/ Máxima potencia de salida:	5000 W /5500 VA	10000 W /11000 VA
Corriente de salida nominal:	8.5 A	16.9 A
Factor de potencia ajustable:	0.8 leading... 0.8 lagging	0.8 leading....0.8 lagging
Rango de frecuencia de la red:	50 Hz/60 Hz	50 Hz/60 Hz
Salida de Red (AC) (OFF GRID)		
Backup Box:	B1	B1
Tensión nominal de salida:	220V/230V	220V/230V
Máxima potencia de salida:	3300 VA	3300 VA
Corriente de salida nominal:	15 A	15 A
Factor de potencia ajustable:	0.8 leading... 0.8 lagging	0.8 leading....0.8 lagging
Entrada de batería (DC)		
Compatible con Batería:	HUAWEI Smart String ESS Battery 5kWh 30kWh	HUAWEI Smart String ESS Battery 5kWh 30kWh
Rango de tensión de funcionamiento:	600 ~ 980 Vdc	600 ~ 980 Vdc
Máxima corriente de operación:	16.7 A	16.7 A

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

Máxima potencia de carga:	10000 W	10000 W
Máxima potencia de descarga:	5500 W	10000 W

Tabla 9. Inversor híbrido

Anexo G. Plano de instalación y datos varios

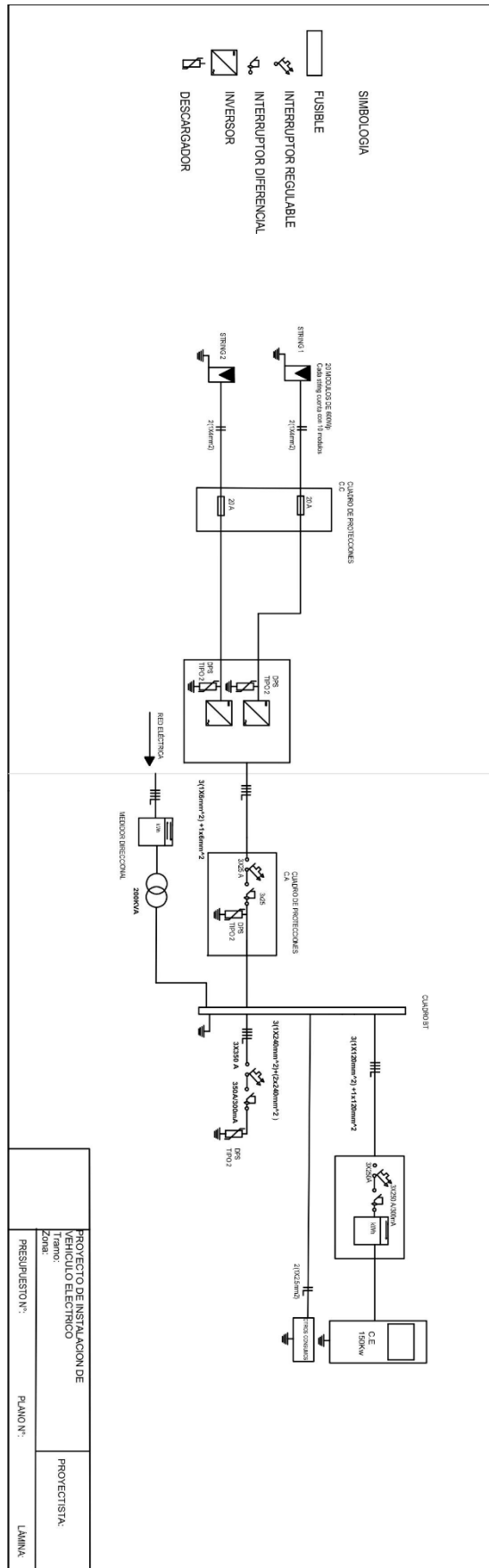


Tabla 37. Capacidades de conducción de corriente, en amperios, para los métodos de referencia A1, A2, B1, B2, C y D.

Conductores: cobre y aluminio

Aislación: EPR o XLPE

Temperatura en el conductor: 90 °C

Temperaturas de referencia del ambiente: 30 °C (aire), 20 °C (suelo)

Secciones nominales mm ²	Métodos de referencia indicados en la Tabla 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de conductores cargados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1 122	923	711	596
800	885	792	805	721	1 158	1 020	952	837	1 311	1 074	811	679
1 000	1 014	908	923	826	1 332	1 173	1 088	957	1 515	1 237	916	767
Aluminio												
16	64	58	60	55	79	71	72	64	84	76	73	61
25	84	76	78	71	105	93	94	84	101	90	93	78
35	103	94	96	87	130	116	115	103	126	112	112	94
50	125	113	115	104	157	140	138	124	154	136	132	112
70	158	142	145	131	200	179	175	156	198	174	163	138
95	191	171	175	157	242	217	210	188	241	211	193	164
120	220	197	201	180	281	251	242	216	280	245	220	186
150	253	226	230	206	323	289	277	248	324	283	249	210
185	288	256	262	233	368	330	314	281	371	323	279	236
240	338	300	307	273	433	389	368	329	439	382	322	272
300	387	344	352	313	499	447	421	377	508	440	364	308
400	462	409	421	372	597	536	500	448	612	529	426	361
500	530	468	483	426	687	617	573	513	707	610	482	408
630	611	538	556	490	794	714	658	590	821	707	547	464
800	708	622	644	566	922	830	760	682	958	824	624	529
1 000	812	712	739	648	1 061	955	870	780	1 108	950	706	598

Tabla G.1. Capacidad de conducción de corriente en amperios para los métodos de referencia [23]

**ANEXO Nº 9
(22.4.2 y 22.4.3)**

SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES DEL CIRCUITO mm ²	SECCIÓN DEL CONDUCTOR DE CONEXIÓN A TIERRA mm ²
1	1
2	2
4	2
6	4
10	4
16	6
25	10
35	10
50	16
70	25
95	35
120	35
150	50
185	50
240	70
300	95
400	120
500	150

ANDE		
	Fecha:	Nº
	Firma	

Tabla G.2. Sección del conductor de conexión a Tierra [26]

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

INTENSIDAD ADMISIBLE EN BARRAS DE COBRE Y ALUMINIO					
		corriente alternada 50Hz temperatura del aire 30 a 35° C - Sobretemperatura 30° C			
Sección mm ²	Dimensiones mm.	Capacidad de carga en amperios			
		Cobre		Aluminio	
		Desnudas	Pintadas	Desnudas	Pintadas
24	12 x 2	110	125	80	100
30	15 x 2	140	155	95	125
40	20 x 2	185	205	120	165
60	20 x 3	220	245	145	195
75	25 x 3	270	300	180	240
90	30 x 3	315	350	205	280
150	30 x 5	400	450	270	360
200	40 x 5	520	600	350	460
250	50 x 5	630	700	425	560
300	60 x 5	750	825	500	660
400	80 x 5	950	1.060	650	850
400	40 x 10	750	835	515	670
500	100 x 5	1.100	1.310	775	1.050
500	50 x 10	920	1.025	625	820
600	60 x 10	1.100	1.200	730	960
800	80 x 10	1.400	1.540	930	1.230
1000	100 x 10	1.700	1.880	1.100	1.500
1200	120 x 10	2.000	2.200	1.300	1.760
1600	160 x 10	2.600	2.880	1.700	2.300

NOTA: Dos barras conectadas en paralelo con una distancia reducida entre sí, deben ser cargadas conjuntamente con una corriente de solamente 1,7 veces el valor de la corriente admisible para una sola barra.

ANDE	Barra - ANEXO N° 18 (31.2.1)		
	Fecha:	Firma	N°

Tabla G.3. Intensidad admisible de las barras de cobre y aluminio [26]

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).


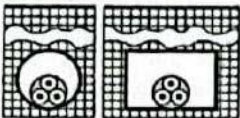
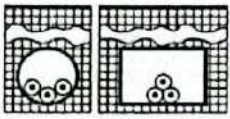
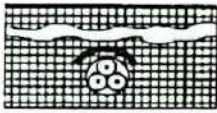
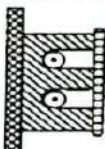
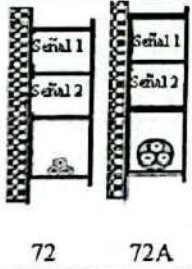


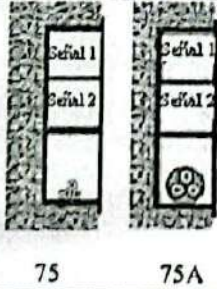
Número de método de instalación	Esquema ilustrativo	Descripción	Método de referencia ¹⁾
53		Cables unipolares o cable multipolar embutido(s) directamente en mampostería con protección mecánica adicional	C
61		Cable multipolar en electroducto (de sección circular o no) o en canaleta no ventilada enterrado(a)	D
61A		Cables unipolares en electroducto (de sección circular o no) o en canaleta no ventilada enterrado(a)	D
63		Cables unipolares o cable multipolar directamente enterrado(s), con protección mecánica adicional	D
71		Conductores aislados o cables unipolares en moldura	A1
72 72A		72 - Conductores aislados o cables unipolares en canaleta proveída de separaciones sobre pared 72A - Cable multipolar en canaleta proveída de separaciones sobre pared	B1 B2
73		Conductores aislados en electroducto, cables unipolares o cable multipolar embutido(s) en marco de puerta	A1
74		Conductores aislados en electroducto, cables unipolares o cable multipolar embutido(s) en marco de ventana	A1
75 75A		75 - Conductores aislados o cables unipolares en canaleta embutida en pared 75A - Cable multipolar en canaleta embutida en pared	B1 B2

Tabla G.4. Métodos de referencia para la instalación [23]

Anexo H. Cálculos Justificados

Para determinar la sección adecuada de los conductores para la alimentación desde el transformador hasta hasta la protección general, así como los conductores de alimentación del cargador, resulta fundamental el uso de la tabla G.1 de la NP 202896. Dentro de este Apéndice, se realizarán los cálculos pertinentes tanto para la instalación del cargador y la instalación fotovoltaica.

Es importante mencionar que la instalación para la estación de carga de vehículos eléctricos, el trayecto hasta las estaciones de carga, los cables se encuentran enterrados, de acuerdo al método de la referencia

Potencia del conector de 150kw

Los siguientes cálculos se realizarán teniendo en cuenta que la potencia del cargador es de 150Kw, con un factor de potencia 0.99 según ficha técnica del fabricante del cargador.

Dimensionamiento de la capacidad del transformador, la potencia total instalada es 150.3 kW

$$S = \frac{P}{\cos \theta} = \frac{150,3KW}{0.99} = 151.82KVA$$

$$P = S \cdot \cos \theta$$

$$P = 200KVA \cdot 0.99$$

$$P = 198KW$$

Se optará por un transformador de 200KvA

La corriente nominal de la instalación se realizará mediante la ecuación

$$In = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \theta} = \frac{198Kw}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.99} = 303.87 A$$

El interruptor regulable será de 3x350 A, posee una corriente de ruptura de 22kA según ficha técnica

El interruptor a emplear

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

Para el cálculo de la sección de conductor se utilizará la siguiente fórmula

$$k = 100$$

$$P = 198W$$

$$L = 15m$$

$$p = 58 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$$

$$e\% = 2\%$$

CALCULOS PARA LA SELECCIÓN DEL CONDUCTOR

$$s = \frac{k \cdot P \cdot L}{p \cdot v^2 \cdot e\%} = \frac{100 \cdot 198kW \cdot 15m}{58 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2) \cdot (380V)^2 \cdot 2} = 17.73\text{mm}^2$$

Teniendo en cuenta la N. P 202896, el método de instalación es de referencia D y la capacidad de conducción se encuentra en la tabla 37 en donde la corriente admisible del conductor de 25mm^2 es de 101A. Se puede observar que no cumple con la condición

$$I_{adm} > I_n$$

$$101 \text{ A} < 303.87\text{A}$$

Se opta por la sección de 240mm^2 cuya corriente admisible es de 351 A, que satisface la condición

$$351 \text{ A} > 303.8 \text{ A}$$

Por lo tanto, cumple con una de los primeros criterios para la selección del conductor

El conductor a utilizar será conductor con aislación XLPE polietileno reticulado del catálogo de NYY subterráneo en paralelo de $3(1 \times 240\text{mm}^2) + (1 \times 120\text{mm}^2)$ cuya barra de 50X5 mm, según tabla G.2

La instalación contará con un Dps de 2+1 con corriente de ruptura de 50kva

Otro de las condiciones relevantes para el proyecto de instalación es la caída de tensión del sistema sea mayor a la calculada $e\% > ec\%$

$$ec\% = \frac{k \cdot P \cdot L}{p \cdot v^2 \cdot s} = \frac{100 \cdot 198kW \cdot 15m}{58 m/(\Omega \cdot mm^2) \cdot (380V)^2 \cdot 240mm^2} = 0.147$$

se verifica la condición: $e\% > ec\%$

$$2 > 0.147$$

Se concluye que la sección de conductor para la alimentación general es de $240mm^2$ que cumple con los criterios de corriente admisible y caída de tensión

Calculo para el dimensionamiento de conductor para alimentar el cargador.

La potencia que consume el cargador es de 150kw y la caída de tensión cuyos datos se presentan a continuación

$$k = 100$$

$$P = 150kW$$

$$L = 25m$$

$$p = 58 m/\Omega \cdot mm^2$$

$$e\% = 2\%$$

$$In = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \theta}$$

$$In = \frac{150Kw}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0.99} = 230.20A$$

Se utilizará un interruptor regulable de 3x250 A

A través de la fórmula que se observa más abajo se puede obtener la sección del conductor

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

$$S = \frac{k \cdot P \cdot L}{p \cdot v^2 \cdot e\%} = \frac{100 \cdot 150 \text{ kW} \cdot 25 \text{ m}}{58 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2) \cdot (380 \text{ V})^2 \cdot 2} = 22.39 \text{ mm}^2$$

La corriente admisible para la sección de conductor de 22.39 mm^2 es 101 A . lo cual no satisface la condición.

$$I_{adm} > I_n$$

$$101 \text{ A} < 230.20 \text{ A}$$

Se adopta la sección de $3(1 \times 120 \text{ mm}^2) + 1 \times 120 \text{ mm}^2$ cuya corriente admisible es de 240 A . Con la sección adoptada satisface la condición

$$I_{adm} > I_n$$

$$240 \text{ A} > 230.20 \text{ A}$$

$$I_{adm} > I_{fs}$$

$$271 \text{ A} > 264.73 \text{ A}$$

otra de la condición relevante es que de la caída de tensión $e\% > ec\%$

$$ec\% = \frac{k \cdot P \cdot L}{p \cdot v^2 \cdot s} = \frac{100 \cdot 150 \text{ kW} \cdot 25 \text{ m}}{58 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2) \cdot (380 \text{ V})^2 \cdot 120 \text{ mm}^2} = 0.373$$

se verifica la condición: $e\% > ec\%$

$$2 > 0.29$$

cumple con ambas condiciones mencionadas anteriormente, ello se utiliza el conductor de 120 mm^2

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

se utilizará Un interruptor automático de 3x250A interruptor diferencial de 3X 300A con poder de corte de 40kva

Cálculo de cortocircuito

Cortocircuitó máximo

$S_n = 200\text{kva}$

$U_{cc} = 4\%$ según especificaciones técnicas electromecánicas anexo 2

Valores obtenidos de la placa del transformador

Comprobamos el poder de corto de la protección

Se calcula el cortocircuito en bornes del transformador será similar al corto circuito en bornes de la protección según IEC 60909-0

$$S_{cc} = \sqrt{3} \cdot V \cdot I_{cc} \qquad S_{cc} = \frac{100 \cdot S}{U_{cc}}$$

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{100 \cdot 200\text{KVA}}{4,5 \cdot \sqrt{3} \cdot 380} = 6,75 \text{ Ka}$$

$6,75 \text{ Ka} < 25\text{ka}$

El valor de 25ka es el poder de corte del interruptor automático según ficha técnica. Se aprecia que la corriente de cortocircuito es mucho menor al poder de corte de la protección

5.4.2.2 Cortocircuito mínimo

Para la situación de cortocircuito más desfavorable utilizamos la (fase – tierra)

Tomamos la resistencia máxima a 145°C Bt22 para garantizar que en el caso más desfavorable se tenga la impedancia máxima, para garantizar que incluso con la corriente de falla más baja, el dispositivo de protección actuara utilizando la siguiente fórmula para el cálculo para la resistencia IEC60228 la resistencia de 20 °C de acuerdo a la sección del conductor en este caso para 300mm

$$R_{145} = R_{20}(1 + \alpha(145 - 20))$$

$$\alpha = 0.00393$$

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

$$R_{145} = 0.0465(1 + 0.00393(145 - 20)) = 0.069 \Omega/\text{km}$$

$$Rf = 0,069 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 0,015 \text{ km} = 0.001040\Omega$$

$$R_{145} = 1.21(1 + 0.00393(145 - 20)) = 1.804 \Omega/\text{km}$$

$$RE = 1.804 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 0,015 \text{ km} = 0.01626\Omega$$

Reactancia según la UNE-HD 60364-5-52, anexo G es $0.08\Omega / \text{km}$ es una norma española basada en la norma internacional 60364-5-52b

$$X = 0,08 \frac{\Omega}{\text{km}} \cdot 0,015 \text{ km} = 0,012 \Omega$$

$$\mathbf{Zfase} = 0,001040\Omega + j0.012$$

$$\mathbf{ZP} = 0.01626\Omega + j0.012\Omega$$

$$\mathbf{Z} = \mathbf{Zfase} + \mathbf{ZP} = 0.0173\Omega + j0.024\Omega$$

$U_{cc}=4\%$ Tensión en cortocircuito

$$\mathbf{Zcc} = \frac{U_{cc} \cdot U^2}{100 \cdot S_n} = \frac{4 \cdot 380^2}{100 \cdot 200 \text{Kva}} = 0.028\Omega$$

$$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot V} = \frac{200 \text{Kva}}{\sqrt{3} \cdot 380} = 303.87 \text{ A}$$

$$R_{cc} = \frac{P_{cu}}{3 \cdot I_n^2} = \frac{3650}{3 \cdot (304)^2} = 0,0132\Omega$$

$$\mathbf{Zcc} = R_{cc} + jX_{cc}$$

$$X_{cc} = 0.0247 \Omega$$

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

$$Z_{cc} = R_{cc} + X_{cc}$$

$$Z_{cc} = 0.0132\Omega + j0.0247\Omega$$

$Z + Z_{cc} = 0.0305\Omega + j0.0487$ (impedancia de la línea mas impedancia de cortocircuito)

Según la IEC 60909-0 (tabla 1) cálculo de cortocircuito mínimo el factor es 0.95 y se obtiene

$$I_{cc} = \frac{0.95 \cdot v}{z + z_{cc}}$$

$$I_{cc} = \frac{0.95 \cdot 220V}{(0.0305\Omega + 0.0487j\Omega)} = 3.637 A$$

10. $I_n < I_{cc}$ según la guía Bt22

$$10 \times 303.87 < 3.637$$

$$3039A < 3.637A$$

Cumple con las condiciones de corto circuito mínimo, la protección actuara cuando se presente una impedancia máxima de cortocircuito

Calculo para la sección de otros consumidores

Los otros consumidores son las lámparas y tomas que utiliza la estación posee una potencia de 300w

$$I_n = \frac{300w}{220 \cdot 0.9} = 1.51 A$$

$$S = \frac{k \cdot P \cdot L}{p \cdot v^2 \cdot e\%} = \frac{200 \cdot 300W \cdot 25m}{58 m/(\Omega \cdot mm^2) \cdot (220V)^2 \cdot 2} = 0.26 mm^2$$

Se opta por una protección de 10 A y una sección de conductor multifilar de 2.5mm²

Cálculos Para la instalación fotovoltaica

Tramo C.C

los cálculos comprendidos entre los módulos fotovoltaicos y el inversor

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).

para la protección se requiere de un fusible, la cual será dimensionada de acuerdo a los cálculos que se presentan a continuación

$$I_{adm} = 1,25 \times I_{mod_scc}$$

$$I_{adm} = 1,25 \times 15.97 \text{ A}$$

$$I_{adm} = 18 \text{ A}$$

Donde:

I_{adm} = corriente máxima admisible

I_{mod_scc} = a la corriente de cortocircuito del sistema

La protección para el lado de corriente consta de un fusible de 20 A

La sección de conductor entre los paneles y al inversor serán de 4mm^2

Tramo C.A

Este tramo es comprendido entre el inversor y el cuadro general

$$I_{CA_IN} = \frac{P_{inversor}}{\sqrt{3} \cdot V_{CA}} = \frac{10\text{kW}}{\sqrt{3} \cdot 380\text{V}} = 15,19 \text{ A}$$

$$I_{ADM} = 1.25 \cdot 15.19 = 18.98 \text{ A}$$

Donde:

$P_{inversor}$ = Potencia del inversor

I_{CA_IN} = Intensidad de corriente alterna a la salida del inversor

V_{CA} = tensión nominal trifásica

I_{ADM} = intensidad máxima admisible

La protección dispondrá de una protección trifásica de 25 A

La sección de la salida del inversor será de 6mm^2

Proyecto de instalación de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en los trayectos Coronel Oviedo–P.J. Caballero (PY08–PY05), Coronel Oviedo–Encarnación (PY08–PY01), Asunción–Salto del Guairá (PY03) y Asunción–Concepción (PY03–PY05).
