

TESIS MBA

Energía solar fotovoltaica aplicada a Pasos a Nivel Ferroviarios.

ALUMNO: Darío Jares

TUTOR: Miguel Di Stasi

Año: 2022

Lugar: Ciudad Autónoma de Buenos Aires



AGRADECIMIENTOS

Realizar este trabajo en mi propia área y en la empresa donde me encuentro trabajando convirtieron esta tesis en un reto altamente gratificante que me ha permitido explorar tecnologías que había aprendido en otra etapa de mi formación profesional pero ahora abordándola con nuevas herramientas de análisis, perspectivas y conceptos adquiridos durante el MBA. A partir de ello he podido obtener conclusiones muy interesantes, por lo que quiero agradecer:

- a mis padres, que me transmitieron la importancia del esfuerzo para alcanzar objetivos y ser mejor persona día a día;
- a mis amigos de toda la vida, con quienes deje de compartir gratos momentos y lo supieron entender;
- a ella tan oculta como inexpugnable, que siempre consigue ponerme en eje y clarificar mis prioridades,
- a la cursada del intensivo 2x2 MBA 2020, y por sobre todo al grupo 5 quienes fueron excelente compañeros y profesionales construyendo charlas y debates muy enriquecedores a todo nivel;
- a Mariana Minafro, Juan Manuel Pitz, Matías Scorini, Pablo Witte y Mauro Zitta, que fueron de gran ayuda durante la cursada, preparación de exámenes y con quienes pudimos formar un excelente grupo de trabajo;
- a mi tutor, Miguel Di Stasi por su paciencia, dinámica, dirección y apoyo para perseverar.



RESUMEN

La empresa SOFSE (servicios de operadora ferroviaria sociedad del estado) es la encargada de la prestación de los servicios de transporte ferroviario que le sean asignados, tanto de cargas como de pasajeros, en todas sus formas, incluyendo el mantenimiento del material rodante. La Operadora Ferroviaria Sociedad del Estado administra cinco de las siete líneas tradicionales de ferrocarriles suburbanos del Gran Buenos Aires, las líneas Belgrano Sur, Mitre, San Martín, Sarmiento, Roca además también el ramal regional Constitución - Mar del Plata. Todas las anteriores habían sido operadas por empresas concesionarias desde la privatización de Ferrocarriles Argentinos

El objetivo del presente trabajo fue el diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico de provisión de energía para diferentes Pasos a Nivel para garantizar su automatización, centrándose en el diseño con la utilización de esta tecnología, el dimensionamiento y la configuración, buscando obtener un resultado óptimo en autonomía, seguridad y economía.

Anteriormente, en las zonas sin provisión de energía de red se utilizaban barreras de operación manual (guardacruce), las cuales no cuentan con dispositivos automáticos de protección. Las barreras manuales son usadas frecuentemente en forma provisional, debido al alto costo de mantener un guardacruce.

Si el cruce es unidireccional, habitualmente se suele instalar una sola barrera. Si el cruce es bidireccional se dispone una barrera a cada lado de la vía férrea. Las barreras que corresponden a esta tesis se dispusieron a la derecha del sentido de circulación del tráfico vial.

La operación de la o las barreras manuales las efectúa el guardacruce, ya sea accionando directamente el contrapeso o mediante una palanca instalada en una caseta de protección, con un sistema de transmisión mecánica.



Cualquiera sea el modo de accionamiento, en los cruces bidireccionales, al operar el guardacruce una barrera, simultáneamente se operará también la segunda barrera.

Para el caso de la operación desde la caseta y para las dos barreras en forma simultánea, se requerirá contar con instalación de barras de transmisión con sus respectivas cigüeñas verticales, horizontales y sus caballetes con rodetes.

Se realizaron también estudios económico-financieros, para analizar la viabilidad económica del proyecto. Los principales objetivos son, dimensionar correctamente los elementos del sistema, obteniendo la potencia suficiente sin comprometer la seguridad y vida útil de la instalación, y demostrar el recupero de la inversión.

Entre los resultados obtenidos, se puede confirmar que el proceso tiene oportunidades de mejora, y a la vez, es extensible a toda infraestructura ferroviaria. Si la compañía toma la decisión de implementar esta tecnología se podrán alcanzar mejoras de eficiencia, de costos y de seguridad.

PALABRAS CLAVE

Sistema fotovoltaico. Energía. Pasos a Nivel. Estudios económico-financieros. Automatización. Infraestructura ferroviaria.



INDICE

RESUMEN.....	3
PALABRAS CLAVE	4
INDICE	5
LISTA DE FIGURAS	7
INTRODUCCION.....	8
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.....	9
OBJETIVOS	10
Objetivo General	10
Objetivos Específicos	10
ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	10
METODOLOGIA DE INVESTIGACION. ESTUDIO DE CASO	11
CAPITULO 1: EL FERROCARRIL EN LA REPUBLICA ARGENTINA.....	12
Infraestructura	13
Superestructura.....	14
Instalaciones de control de tráfico y señalización	16
Material rodante	17
Trazado.....	17
CAPITULO 2: DESCRIPCION DE UN PASO A NIVEL.	20
Características de los pasos a nivel (Energizar, Cap 4. El Panel Fotovoltaico)	20
Señales activas	24
Sistemas automáticos de Paso a Nivel.....	25
CAPITULO 3: DESCRIPCION DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO.....	28



Componentes de un sistema solar fotovoltaico	29
Energía Fotovoltaica aplicada a Pasos a Nivel.....	32
Conclusiones.....	35
CAPITULO 4: DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO y ANALISIS ECONOMICO	38
Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico (Energizar).....	38
Análisis económico del proyecto	50
Presupuesto de la instalación.....	51
Análisis financiero.	52
Conclusiones.....	54
CAPITULO 5: NEGOCIACIONES ENTRE PARTES INVOLUCRADAS [HIPOTESIS].....	55
Partes involucradas: SOFSE Central – SOFSE Línea General Roca - ADIF	55
Alternativas	56
Relación	57
Acuerdo.....	58
Escucha activa	58
Estilos personales	59
Reflexion	59
CONCLUSIONES FINALES	60
BIBLIOGRAFÍA.....	62
ANEXOS.....	64
Anexo 1: Entrevista a Hernán Socolosky.....	64
Anexo 2: Detalle del análisis financiero del proyecto	68



LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Rombo de visibilidad Fuente: Barreras Automáticas – Ing. Horacio Faggiani..	21
Figura 2 Vértices sobre la calle o camino y sobre la vía férrea Fuente: Barreras Automáticas – Ing. Horacio Faggiani.....	22
Figura 3 Ejemplo de señalización vial en zona urbana con calzada pavimentada de más de un carril por mano (Avenida) Fuente: Barreras Automáticas – Ing. Horacio Faggiani	23
Figura 4 Semáforo especial para cruce ferroviario sin barreras Fuente: Barreras Automáticas – Ing. Horacio Faggiani.....	25
Figura 5 Paso a Nivel típico Fuente: Google	26
Figura 6 Esquema de Paso a Nivel km 53,375 (Calle Ensenada, Larga Distancia Constitución-Mar del Plata)_ Fuente: Elaboración propia	27
Figura 7 Elementos de un panel solar fotovoltaico Fuente: Curso de Energía Solar Fotovoltaica Fundación Energizar	29
Figura 8 Conexión típica de un regulador de carga Fuente: Curso de Energía Solar Fotovoltaica Fundación Energizar	31
Figura 9 Inversor 12v - 220v Fuente: Curso de Energía Solar Fotovoltaica Fundación Energizar	32
Figura 10 Vida útil en ciclos con relación a la profundidad de descarga: Fuente: Google	44



INTRODUCCION

El modelo de desarrollo económico actual, basado en el uso intensivo de recursos energéticos de origen fósil, provoca impactos medioambientales negativos y desequilibrios socioeconómicos que obligan a definir un nuevo modelo de desarrollo sostenible.

Parece impensable un mundo futuro en el cual aparezcan carencias del tipo energético como por ejemplo falta de suministro eléctrico. La visión para el futuro es que todos los países que están aún por desarrollarse o en vías de ello, lleguen a un estatus similar al de los países ya desarrollados con la utilización de los recursos disponibles en su entorno.

Resulta evidente que el nivel de consumo actual de los países desarrollados no permite asegurar el abastecimiento futuro de energía ni facilita el acceso a la energía de los países en desarrollo.

Entre las políticas que pueden articularse para asegurar la sostenibilidad del modelo energético, la política de fomento de las energías renovables se cuenta entre las principales. Un punto importante que debemos destacar es que cada kWh generado con energía solar fotovoltaica evita la emisión a la atmosfera de aproximadamente 1kg de CO₂, en el caso de comparar con generación eléctrica con carbón, o aproximadamente 0,4kg de CO₂ en el caso de comparar con generación eléctrica con gas natural. Esto es de gran ayuda para la reducción de emisiones que se propone en el Protocolo de Kioto.

La energía solar fotovoltaica consiste en la conversión directa de la luz solar en electricidad, mediante un dispositivo electrónico denominado "célula solar". La conversión de la energía de la luz solar en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido como "efecto fotovoltaico".

Esta tesis tiene como objetivo principal mostrar los beneficios de la utilización de energía solar fotovoltaica respecto a sectores aislados de la energía de red y de realizar un aporte energético en sectores que ya cuenten con la misma.



Se mostrará la posibilidad de obtener una mejora en la tecnología de los sistemas de señalización ferroviaria gracias a la adopción de energía solar fotovoltaica, con lo que mejorará la calidad de servicio. A su vez, se generarán ahorros económicos en lo referente al consumo de energía eléctrica.

Demostraremos que por medio de la utilización de esta tecnología lograremos una optimización de los recursos materiales y económicos.

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1 ¿Es posible abastecer la energía necesaria para la operación de un Paso a Nivel automático junto con el señalamiento necesario para brindar la seguridad de operación, por medio de energía solar fotovoltaica?
- 2 ¿Cuánto tiempo de servicio es necesario para amortizar la inversión?
- 3 ¿Qué negociaciones son necesarias para implementar este modelo?



OBJETIVOS

Objetivo General

Generar un modelo de instalación de energía solar fotovoltaica aislada de la red que pueda ser aplicada a pasos a nivel ferroviarios e instalado en la República Argentina.

Objetivos Específicos

Diseñar y dimensionar un sistema fotovoltaico autónomo y seguro de provisión de energía para pasos a nivel y obtenga una eficiencia energética óptima en diferentes condiciones ambientales

Definir la viabilidad económica del diseño propuesto.

Proponer un marco de negociación para la implementación de esta tecnología entre los diferentes actores.

ESTRUCTURA DE LA TESIS

La tesis se estructura en 5 capítulos, donde en los tres primeros capítulos del cuerpo teórico se presenta la industria ferroviaria en general, los elementos que la componen y luego en particular los Pasos a Nivel en donde se presentan alternativas y tecnologías existentes en el mercado para mejorar su operatividad.

Luego, en el capítulo cuatro se realiza un dimensionamiento del sistema fotovoltaico necesario para cubrir las necesidades de cada uno de los dispositivos proyectados para un Paso a Nivel junto con un estudio económico.

En el capítulo 5 se realiza una simulación de negociación utilizando diversas herramientas orientadas a obtener los mayores resultados en la ejecución de la ingeniería.



Finalmente, se enumeran las conclusiones de la presente tesis, en donde se da cumplimiento a los objetivos propuestos.

METODOLOGIA DE INVESTIGACION. ESTUDIO DE CASO

La tesis se va a enfocar en el diseño y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico de provisión de energía para diferentes Pasos a Nivel para garantizar su automatización, centrándose en el diseño con la utilización de esta tecnología, el dimensionamiento y la configuración, buscando obtener un resultado óptimo en autonomía, seguridad y economía.

Será no experimental, basado en análisis cualitativo y cuantitativo de datos e información obtenida de la empresa SOFSE, de cálculos y bibliografía de referencia, entrevistas y encuestas, correspondiendo con una investigación del tipo descriptiva.

Se utilizarán fuentes de información primarias y secundarias, donde se mostrarán datos de diferentes fuentes, así como entrevistas y análisis de datos.



CAPITULO 1: EL FERROCARRIL EN LA REPUBLICA ARGENTINA

Se denomina tren a una serie de vagones o coches conectados que generalmente circulan sobre carriles de riel permanentes para el transporte de mercancías o pasajeros de un lugar a otro. No obstante, también existen trenes de carretera. El ferrocarril puede ir por rieles (trenes convencionales), u otras vías destinadas y diseñadas para la levitación magnética. Pueden tener una o varias locomotoras, pudiendo estar acopladas en cabeza o en configuración push pull (una en cabeza y otra en cola) y vagones, o ser automotores en cuyo caso los vagones (todos o algunos) son autopropulsados. Varía entonces la manera de propulsión de los trenes, principalmente según su utilización.

Puede quedar entonces la clasificación de los trenes en dos categorías generales: los impulsados por un motor y aquéllos de impulso electromagnético. Aunque esta catalogación varía según las circunstancias y la tecnología empleada en la motorización del tren, ya que el tren ha pasado por muchas facetas de avance en la historia mundial, como se verá a continuación, e incluso ha tenido una gran influencia en el desarrollo de muchas sociedades alrededor del globo, su uso e importancia varía según la época en que se sitúa el análisis. El tren ha formado parte esencial de muchas naciones y presentado una gran ventaja en cuestión de industrialización, en comparación con países que se han visto sin este factor de transporte incluido en su historia.

Las primeras ideas para la instalación de ferrocarriles en nuestro país se concretaron pocos años después de Caseros, allá por el año 1857 (Museo Municipal Juan Murray, 1997). En un país de vasto territorio, cuyos centros de población y producción se encontraban aislados por enormes extensiones desiertas, el ferrocarril podía significar la solución a profundos problemas sociales y económicos.

Al mismo tiempo que servía como medio de colonización y enriquecimiento —si se lo explotaba convenientemente— el “camino de hierro”, junto con el telégrafo que también



comenzó su difusión en las mismas décadas podía ser un instrumento eficaz para consolidar la unidad de la nación.

En 1854 Urquiza encargó la realización de estudios con vistas a trazar un ferrocarril que uniera Rosario y Córdoba (Museo Municipal Juan Murray, 1997). El objetivo evidente era vincular el interior del país con el puerto más importante que poseía la Confederación en ese momento y que Urquiza pensaba oponer al predominio de Buenos Aires. Los estudios se realizaron, pero la idea no pudo concretarse en ese momento, dada la situación interna de la Confederación Argentina. En el mismo año, una ley de la provincia de Buenos Aires autorizaba la construcción de una línea ferroviaria hacia el oeste. Para concretarla, un grupo de ciudadanos había formado, con capitales locales, una compañía denominada Sociedad camino-ferrocarril al oeste.

El sistema ferroviario se encuentra constituido por una serie de subsistemas: infraestructura, superestructura, instalaciones de control de tráfico y señalización, trazado, material rodante, etc. Cada uno de estos subsistemas, resulta de una amplitud tal que da lugar a diferentes especializaciones y esquemas de trabajo, en el cual deben funcionar de forma equilibrada e integrada para lograr el buen éxito del mismo.

A continuación, se definirán estos conceptos y los elementos que lo componen. (España, ADIF, 2007-2008)

Infraestructura

La infraestructura es el terreno base sobre el que se asienta la vía; también se denomina explanación o plataforma. La componen, aparte de numerosas obras de defensa (muros de contención y sostenimiento, drenajes, saneamientos, etc.), las denominadas obras de fábrica (túneles, puentes, viaductos, pasos a distinto nivel, etc.).

Obras de fábrica: se denominan así aquellas que se realizan para salvar los obstáculos naturales del terreno. Entre ellas podemos citar:



- Viaductos: utilizados cuando la distancia a cubrir es grande, debido a depresiones del terreno.
- Puentes: son obras de fábrica o metálicas realizadas para salvar la dificultad de la orografía, con luz superior a ocho metros.
- Pasos a distinto nivel: tanto superiores como inferiores que permiten el cruzamiento entre distintos viales ya sean carretera-ferrocarril o ferrocarril-ferrocarril.
- Pasos a nivel: aunque realmente no es una obra de fábrica pues el cruce de ambos viales es al mismo nivel, los podemos incluir en este punto.
- Túneles: para el paso por zonas montañosas y para salvar zonas urbanas.

Superestructura

La superestructura comprende la vía propiamente dicha y el conjunto de aparatos e instalaciones necesarias para que los trenes puedan circular con garantías de eficacia y seguridad.

Lo primero que conviene destacar es el llamado ancho de vía o trocha. En Argentina, dentro del Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) coexisten en la actualidad diversas trochas; trocha ancha (1.668 mm) utilizado por LSM¹, LM², LGR³ y LS⁴, trocha internacional (1.435 mm) utilizado en TDC⁵ y FCGU⁶, y trocha métrica (1.000 mm) utilizado en LBS⁷ (Jacovkis, 2015).

- El Balasto: El balasto de piedra partida es la capa de material que se coloca sobre el plano de formación en espesor de 10 a 30 cm y debajo de los

¹ LSM: Línea San Martín

² LM: Línea Mitre

³ LGR: Línea General Roca

⁴ LS: Línea Sarmiento

⁵ TDC: Tren de la Costa

⁶ FCGU: Ferrocarril General Urquiza

⁷ LBS: Línea Belgrano Sur



durmientes, a fin de proporcionar un buen apoyo a la estructura de vía. Debe estar constituido por piedra partida proveniente de cantera, por la trituración de rocas de calidad aceptada por las normas. La granulometría más usada es la de Grado A1 en nuestro país.

- El Durmiente: El durmiente es uno de los componentes fundamentales en la estructura de vía. Estos pueden ser de madera dura, de hormigón o de acero. En nuestro país está generalizado los construidos de madera dura. El durmiente de madera dura es una pieza de sección rectangular, posee la forma de un paralelepípedo (es decir que sus caras sean planas y paralelas entre sí, ídem sus costados), las aristas deben ser rectas y su sección rectangular.
- Rieles: Para el ferrocarril, el riel cumple simultáneamente las funciones de camino de rodadura, de elemento portante y de elemento de guiado. Este está sometido tanto a solicitaciones estáticas como dinámicas. En tráficos se transportan cargas de hasta 35 Tn/eje.
- Fijaciones: La fijación es el principal material chico que se usa para la fijación de los rieles a los durmientes. Las fijaciones para durmientes de madera por el modo de efectuar la sujeción la podemos dividir en rígidas y elásticas y por el tipo de apoyo en directas (sin silletas) e indirectas (con silletas).
- Juntas: La unión de dos rieles entre si se denomina junta. Se realiza mediante dos piezas metálicas, que sirven de unión, llamadas eclisas, se denomina cala o luz a la pequeña separación que queda entre los dos rieles.
- Bulones: Los bulones son tornillos de cuerpo cilíndricos con un fileteado o rosca en su parte extrema o punta, con cabezas de diferentes formas (las actuales son cuadradas), que son usados para asegurar o apretar en forma conjuntas con la tuerca a los dos componentes de la junta.
- Arandelas: Para evitar que los bulones se aflojen se usan las arandelas elásticas tipo grower. La arandela elástica es un elemento en forma de muelle (resorte) que tiene la función de impedir que el bulón se afloje.



- Anclas: El desplazamiento longitudinal de los rieles con relación a los durmientes se debe a la acción de los esfuerzos longitudinales creados por material rodante y por la variación de las temperaturas de los rieles. En vías con fijaciones rígidas (clavo gancho, tirafondos) y en vías con fijaciones elásticas (que no tienen suficiente apriete hacia el patín del riel), es necesario la colocación de anclas.

Instalaciones de control de tráfico y señalización

Constituyen este apartado las instalaciones necesarias para el funcionamiento del ferrocarril en todas sus facetas y que según el nivel de prestaciones va a recibir una u otra denominación (estaciones, apeaderos, intercambiadores de ancho, etc).

- Estación: Es el conjunto de instalaciones de vías y agujas desde las que se coordina el tráfico ferroviario, tanto de trenes de viajeros como de mercancías y maniobras, y da servicio comercial de todo tipo a los usuarios del ferrocarril. Hay instalaciones que permiten manejar desde un único punto, a distancia, las instalaciones de varias estaciones de la línea *Control de Tráfico Centralizado (CTC)*, donde la regulación del tráfico en un trayecto de una línea corresponde al *Puesto de Mando*.
- Apartadero: Son estaciones de poco tráfico de viajeros y cuyo objetivo fundamental es la regulación del tráfico ferroviario, posibilitando.
- Apeadero: Son dependencias con servicio exclusivo para la subida y bajada de viajeros. Son muy habituales en los grandes núcleos de población, y no tienen personal.
- Cargadero: Son instalaciones de vías para la carga y descarga de vagones con enlace a una línea mediante una o más agujas de plena vía.
- Terminales de mercancías: Son estaciones que aparte de regular el tráfico, tienen como misión principal la prestación de servicios de mercancías. Disponen de todas las instalaciones necesarias para la recepción, clasificación y formación, y expedición de los trenes de mercancías convencionales, que circulan entre ellas



y/o a otros destinos nacionales e internacionales. Dentro de ellas podemos hacer mención especial a las terminales de mercancías para el tráfico de contenedores, cuya misión es la misma que las terminales de mercancías, pero con la especialización del tráfico contenedorizable.

Material rodante

Es lo que conocemos coloquialmente como trenes. Está formado por los parques de locomotoras, automotores, coches, vagones y maquinaria de vía para los trabajos y mantenimiento de ésta. Lo podemos clasificar en:

- Locomotoras: en el parque las encontramos tanto de tracción diésel como de tracción eléctrica y locomotoras diseñadas para efectuar maniobras con el material remolcado, y para la reparación y mantenimiento de la vía. Este tipo de material efectúa el remolque de los coches y vagones que conforman los trenes, tanto de viajeros como de mercancías.
- Coches: vehículos destinados al transporte de viajeros, mal llamados vagones de viajeros, entre los que destacamos los de 2ª clase, preferente, turista; los coches con camarotes para los trenes expresos y los coches que prestan servicio en el tren, como son los cafetería, restaurante, furgones generadores y coches laboratorio dedicados al ensayo y mantenimiento de instalaciones.
- Vagones: vehículos destinados al transporte de mercancías sean cuales sean. Están especializados para los distintos tipos de mercancías a transportar dentro de los trenes de mercancías convencionales (tolvas, cisternas, vagones cerrados, etc.).

Trazado

Se compone de: trazado en planta, trazado en alzado o perfil longitudinal y los perfiles transversales.



- En planta: para proyectar el trazado en planta se utilizan tramos rectos y curvos (arcos de circunferencia). A un tramo recto siempre le sigue uno curvo; y a uno curvo le puede seguir uno recto u otro curvo de diferente radio o dirección.

En el punto de unión del tramo recto con el curvo aparecería instantáneamente la fuerza centrífuga en su máximo valor, originando gran peligro de descarrile para el material y pérdida de confort total para el viajero. Para subsanar este problema se intercalan arcos de unas curvas llamadas de transición que hacen que la fuerza centrífuga aparezca paulatinamente desde el valor cero al final de la recta, hasta el valor máximo al principio del arco de circunferencia.

Existen diferentes tipos de curvas de transición, pero tanto en carreteras como en ferrocarril se utiliza la denominada Clotoide o Espiral de Cornu, que no es ni más ni menos que la espiral de todos conocida, y que tiene como principal característica la continua variación del radio, entre otras.

El mismo procedimiento se utiliza a la salida de las curvas o en la unión de dos curvas de diferente radio de curvatura. Dentro del trazado en planta no nos podemos olvidar en las curvas, de los peraltes, utilizados para contrarrestar la fuerza centrífuga.

- Perfil longitudinal: es una línea que une los diferentes planos denominados rasantes que componen el trazado de la vía, recogiendo las alturas sobre el nivel del mar, con expresión de la declividad en milímetros por metro. Las rasantes pueden ser: Rampa es el plano inclinado en sentido ascendente según el sentido de circulación. Pendiente es el plano inclinado en sentido descendente según el sentido de circulación. Horizontal cuando no tiene declividad alguna. El punto donde cambia la declividad se denomina cambio de rasante. Estos puntos están convenientemente señalizados en la línea férrea y además se indican en los libros horarios de los trenes. Las distintas rasantes se unen mediante curvas que se denominan acuerdos. Dependiendo de las rasantes que unan se llaman acuerdo convexo (rampa-horizontal, rampa-pendiente) o cóncavo (pendiente-horizontal, pendiente-rampa).



- Perfil transversal: Se define como perfil transversal a la intersección de la plataforma con un plano vertical que es normal, en el punto de interés, a la superficie vertical que contiene el eje del proyecto. Podemos distinguir diferentes tipos de explanaciones:
 - *trinchera*, en las que es necesario efectuar un vaciado de tierras.
 - En *terraplén*, en las que sucede todo lo contrario; necesitan aporte de material.
 - *Mixtas*, conjugación de las dos anteriores; se utilizan en vías que discurren por la ladera de una montaña.
 - En *línea*, que no requieren más que la correcta nivelación del terreno.



CAPITULO 2: DESCRIPCION DE UN PASO A NIVEL.

En el ámbito de aplicación de la presente tesis nos enfocaremos en los pasos a nivel. Un paso a nivel (PAN) surge como consecuencia de la intersección de un camino carretero o avenida urbana con la vía férrea.

Para mantener la seguridad en la circulación tanto ferroviaria como carretera, se debe proteger el paso a nivel en forma segura y compatible con el desarrollo del tráfico de ambas vías de comunicación.

Para evitar la colisión, se recurre a interrumpir la continuidad del tráfico en la carretera en un momento dado y durante un cierto período de tiempo.

A tal efecto se recurre a los siguientes dispositivos de prevención, dependiendo de la importancia y peligrosidad del cruce:

- Avisos de advertencia: Cartelería fija (cruces de “San Andrés”) con la leyenda “CRUCE FERROCARRIL” o “CUIDADO TRENES”.
- Avisos de advertencia: Además de las cruces de San Andrés se agregan señales fono luminosas (luces destellantes y campanas sonoras).
- Obstáculos fijos: barreras basculantes que impiden el tráfico vehicular, además de las barreras, se deben instalar señales fono-luminosas y cruces de “San Andrés”).

Características de los pasos a nivel (Energizar, Cap 4. El Panel Fotovoltaico)

Las características generales de los pasos a nivel se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Aspectos geométricos: Dentro de los aspectos geométricos se pueden destacar los siguientes: ancho de la calzada, ancho de la faja de vía (dependerá de si es vía simple o vía doble), ángulo de cruce de ambas vías (debe tender a ser perpendiculares entre



sí), rampas de acceso al cruce, caminos laterales que desembocan en la proximidad del paso a nivel, etc.

- Características de los trenes: Se deben tener en cuenta, la velocidad máxima de circulación de los trenes en el tramo de vía correspondiente al paso a nivel considerado, así como el número de trenes que circulan en las 12 horas de mayor tráfico.
- Características de los vehículos carreteros: Se debe considerar la cantidad de vehículos que circulan por la carretera en las mismas 12 horas de mayor tránsito carretero (generalmente se considera el período de tiempo comprendido entre las 7 y las 19 horas, para realizar el censo vehicular).
- Visibilidad: de acuerdo a la Figura 1, se define el “rombo de visibilidad” de un paso a nivel, como el área comprendida a una distancia d del riel más próximo medida por el eje del camino, ($d=30\text{m}$ si el camino es pavimentado y $d=15\text{m}$ si se trata de un camino de tosca). La otra diagonal del rombo de visibilidad se determina midiendo desde el eje del paso a nivel una distancia igual a $5v$ por el eje de la vía, siendo v la velocidad máxima a la que puede circular un tren por la vía, de acuerdo con la Figura 2 (Faggiani, 2013). El rombo de visibilidad debe estar libre de obstáculos, para permitir tener una buena visibilidad del cruce tanto para los conductores de los vehículos carreteros como para los maquinistas que conducen los trenes.

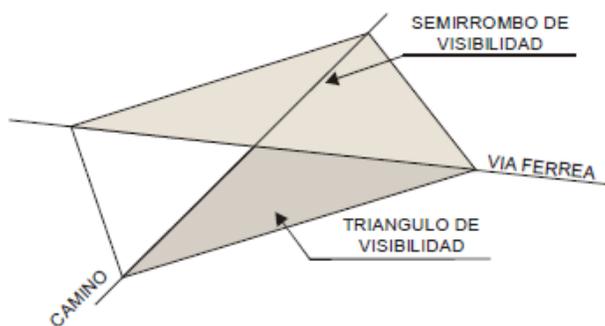


Figura 1 Rombo de visibilidad Fuente: Barreras Automáticas – Ing. Horacio Faggiani

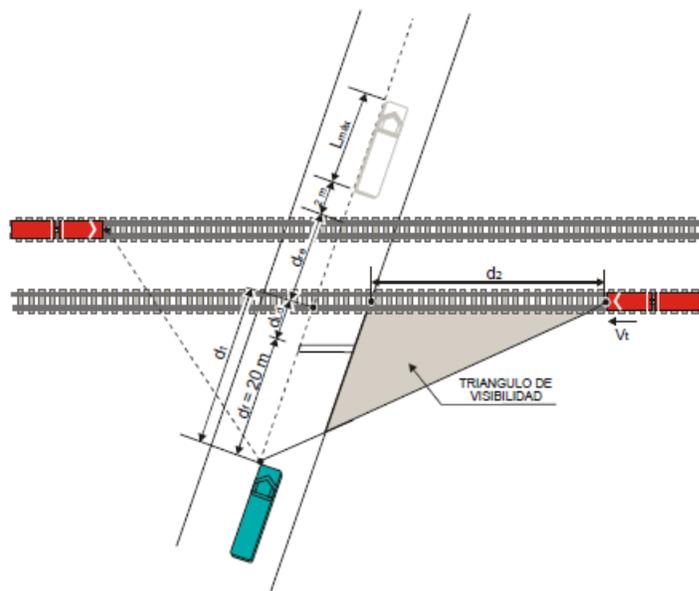


Figura 2 Vértices sobre la calle o camino y sobre la vía férrea Fuente: Barreras Automáticas – Ing. Horacio Faggiani

- Factores climáticos: Pueden influir negativamente en la percepción de un tren que está próximo al cruce, tales como: reflejos de sol, zonas de niebla, (perjudican la visibilidad), vientos u otros sonidos que impidan la percepción acústica de la proximidad del tren o que impidan escuchar las señales acústicas si es que las hay.
- Protecciones de los pasos a nivel: Existen tres tipos principales de protección, según la peligrosidad del paso a nivel, que se muestran en la Figura 3:
 - Cartelería de advertencia.
 - Señales fono-luminosas (“oscilantes”).
 - Barreras levadizas

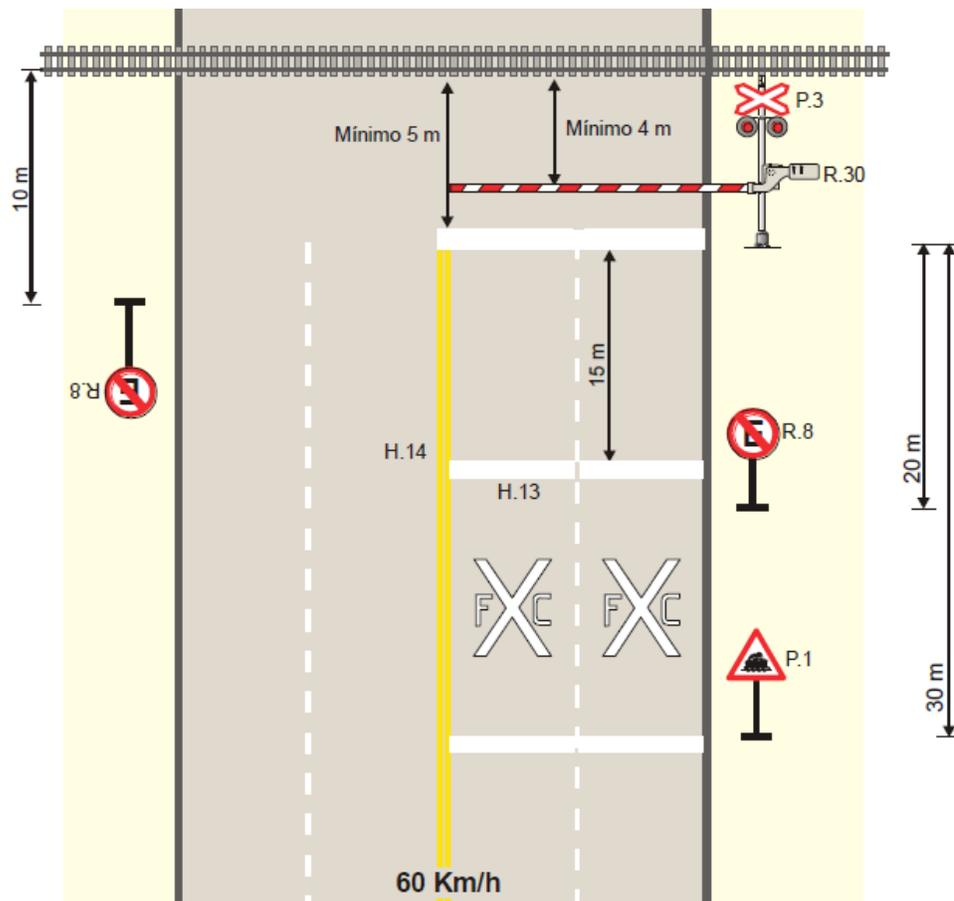


Figura 3 Ejemplo de señalización vial en zona urbana con calzada pavimentada de más de un carril por mano (Avenida) Fuente: Barreras Automáticas – Ing. Horacio Faggiani

- Pavimento y protección de cerramiento: Los pasos a nivel deben contemplar la compatibilidad de las dos vías que se cruzan, por tal motivo se dispone de una serie de elementos de protección de los rieles, así como pavimentos “removibles en forma periódica” para permitir el mantenimiento mecanizado de la vía.
 - Guardarrieles y contrarrieles: se trata de rieles secundarios que sirven de protección a los rieles principales que constituyen el camino de rodadura. Los contrarrieles son los rieles interiores que protegen las pestañas de las ruedas mientras que los guardarrieles son los rieles exteriores.
 - Pavimento: El pavimento en el paso a nivel puede ser de distintos tipos, según las preferencias y los recursos de los gestores tanto de la infraestructura ferroviaria como de la carretera o camino que la cruza.



- Sendas peatonales: si se trata de un paso a nivel en zona urbana donde pueda existir circulación peatonal, se debe brindar un cruce seguro a los peatones, para ello y a continuación de la vereda, se colocan losetas de hormigón sobre la vía. Pero como medida preventiva se instalan en el acceso a la zona de vía, molinetes o laberintos que advierten al peatón que está ingresando a una zona de riesgo.
- Cerco y rejillas “guarda-ganado”: La faja de vía debe estar cercada mediante un alambrado o muro medianero, como en la intersección de la vía con el camino se interrumpe el cerco perimetral, se debe evitar el ingreso de animales a la faja de vía, para eso se recurre a la instalación de rejillas guarda-ganado (mataburros), elementos que se fijan a los durmientes por medio de tirafondos.

Señales activas

Para la protección del tráfico vial y ferroviario en los cruces a nivel se emplean las barreras electromecánicas de accionamiento automático que impiden el paso de los vehículos, tal como se muestra en la Figura 4.

Las señales activas de aviso están constituidas por:

- Un conjunto de dos reflectores rojos, que destellan en forma alternativa ante la detección de la aproximación de un tren.
- Un reflector blanco lunar, normalmente encendido cuando no hay trenes en aproximación.
- Un gong, campana, timbre o sirena que funciona en forma simultánea con las luces rojas.

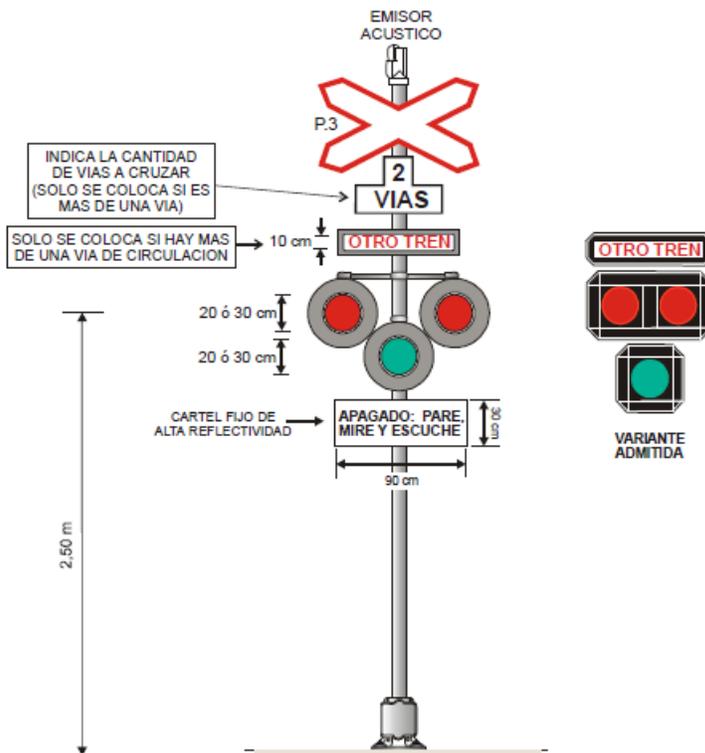


Figura 4 Semáforo especial para cruce ferroviario sin barreras Fuente: Barreras Automáticas – Ing. Horacio Faggiani

La señalización descrita corresponde a un solo lado del camino. En los caminos de circulación bidireccional, ésta se coloca por ambos lados del cruce.

Sistemas automáticos de Paso a Nivel

Por otro lado, el sistema operativo de los sistemas automáticos de Paso a Nivel está compuesto por:

- Un equipo destellador que alimenta las señales ópticas
- Un gong electromecánico o un generador acústico que alimenta las señales sonoras
- Un conjunto electromecánico de comando y comprobación de los accionamientos de la barrera.
- Circuitos lógicos a “todo relé” o electrónicos encargados de organizar secuencialmente los procesos de apertura y cierre.



- Enclavamiento de zona de maniobra en el caso de protección de cruce asociada a la señalización de una estación.

En la Figura 5 se muestra un esquema típico de paso a nivel, constituido por un brazo de barrera para cada sentido de circulación vehicular con sus respectivas luces destelladoras, fono-luminosos, cruz de San Andrés, máquinas de barreras, laberinto peatonal, etc.



Figura 5 Paso a Nivel típico Fuente: Google

A su vez, la misión del equipamiento será cerrar el paso a nivel, de acuerdo al siguiente proceso:

- Al recibirse una orden del sistema de detección, las señales rojas comenzarán a destellar alternativamente con una frecuencia del orden de 60 destellos por minuto (dependiendo del proveedor) y a sonar las señales acústicas.
- Transcurrido un tiempo a definir por el proyectista, pero con un mínimo de 5 segundos, las semibarreras iniciarán el descenso, invirtiendo en ese proceso un tiempo del orden de 10 segundos.
- Al recibirse la orden de apertura; se iniciará el izamiento de las barreras y al alcanzar la posición vertical las luces rojas se apagarán. En el caso que se produzca una nueva



orden de cierre cuando las barreras han iniciado el proceso de “apertura”, las señales acústicas se activarán de inmediato. Las semibarreras iniciarán el descenso después de un tiempo de preaviso de unos 5 segundos contados, no desde que alcanzaron la posición vertical, sino desde que se recibió la nueva orden de cierre.

La Figura 6 representa un esquema de un Paso a Nivel proyectado, a realizarse en el Ramal Larga Distancia Constitución – Mar del Plata.

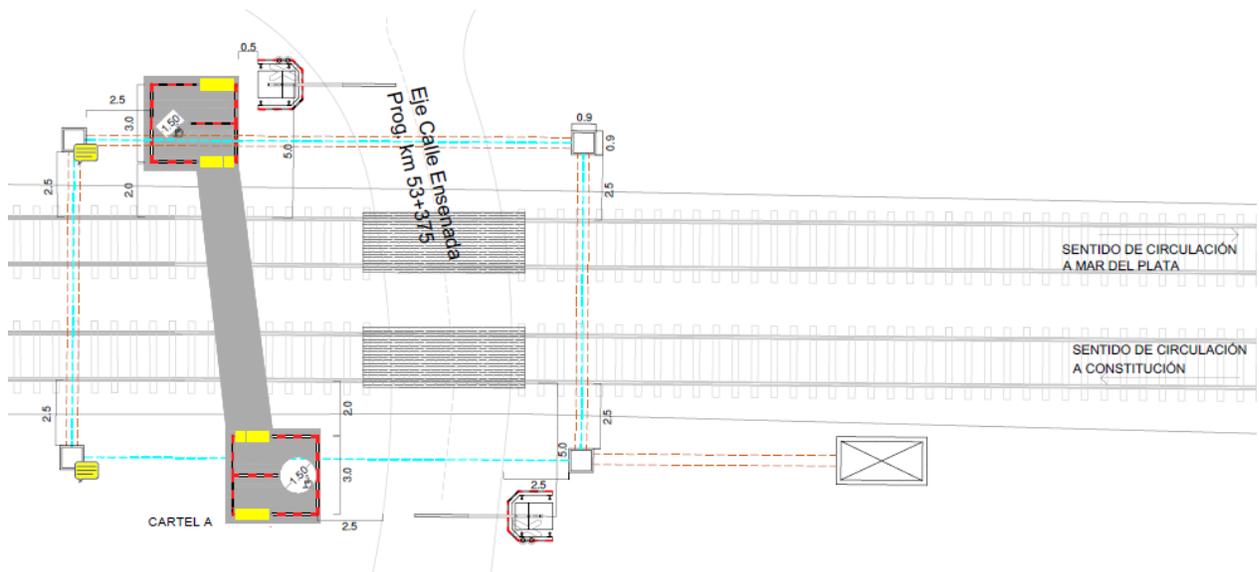


Figura 6 Esquema de Paso a Nivel km 53,375 (Calle Ensenada, Larga Distancia Constitución-Mar del Plata)_Fuente: Elaboración propia



CAPITULO 3: DESCRIPCION DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Un Sistema Fotovoltaico es un conjunto de dispositivos o componentes, que permiten aprovechar y utilizar la energía solar para la producción de energía eléctrica. Estos sistemas se basan en la capacidad que tienen las celdas fotovoltaicas de transformar la luz solar en energía eléctrica.

Según el tipo de instalación, de forma muy general, se puede distinguir entre instalaciones fotovoltaicas conectadas a red eléctrica e instalaciones fotovoltaicas aisladas de red eléctrica (Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética, 2019).

Las conectadas a red están formadas por un generador fotovoltaico y un sistema de acondicionamiento de potencia, encargado de transformar la energía en forma de corriente continua a corriente alterna, con las características de la red de distribución. El sistema de acondicionamiento de potencia es el inversor, que debe cumplir todos los requisitos de seguridad y garantía para que su funcionamiento no provoque alteraciones en la red ni disminuya su seguridad, contando para ello con las funciones de protección correspondientes.

Por otro lado, las instalaciones fotovoltaicas aisladas (o autónomas) son sistemas autosuficientes para la producción de energía, y pueden contar o no con sistemas de acumulación o baterías. Los sistemas sin acumulación son los que se propone utilizar en los PaNs de la presente tesis. Las baterías de ciclo profundo se adaptan perfectamente a los sistemas de generación y permiten almacenar esta energía como tal (en forma de corriente continua) o después transformarla a corriente alterna mediante un inversor. (Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética, 2019)



Componentes de un sistema solar fotovoltaico

Un sistema solar fotovoltaico está compuesto por varios dispositivos o equipos que debemos dimensionar para que sea posible y eficiente la transformación de la radiación solar en energía eléctrica (Perpiñán Lamigueiro, Colmenar Santos, & Alonso Castro Gil, 2012).

Paneles solares

Los paneles solares o módulos fotovoltaicos están formados por la interconexión de células solares encapsuladas que son las encargadas de captar la energía procedente del sol en forma de radiación solar y transformarla en energía eléctrica por el efecto fotovoltaico, como se muestra en la Figura 7.

Los paneles elegidos son los de Si policristalino, que ofrece una adecuada relación eficiencia/precio.

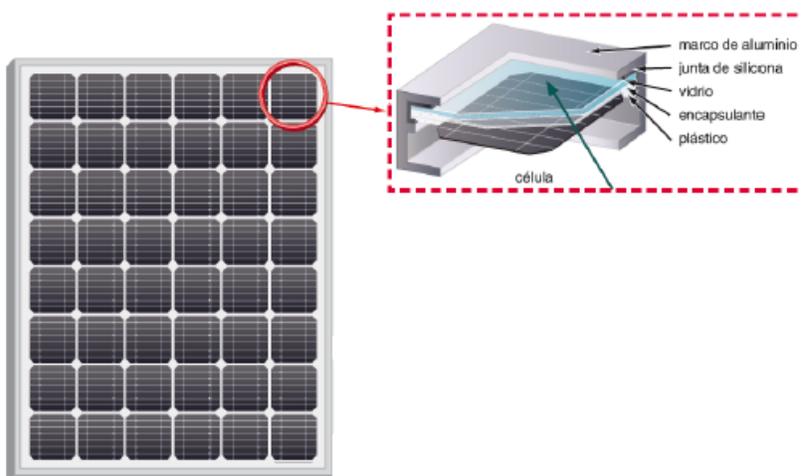


Figura 7 Elementos de un panel solar fotovoltaico Fuente: Curso de Energía Solar Fotovoltaica Fundación Energizar

Estructura Soporte



Los módulos fotovoltaicos mencionados anteriormente se colocarán sobre una estructura soporte, se va a utilizar como estructura soporte la propia cubierta de la nave de chapa metálica. dicha estructura soporte deberá cumplir las especificaciones de diseño de la instalación (orientación y Angulo de inclinación) y las pautas descritas en el Pliego de Condiciones Técnicas del Instituto para la diversificación y Ahorro de Energía (IDAE).

Esta estructura soporte deberá resistir el peso de los módulos fotovoltaicos y las sobrecargas del viento o inclemencias del tiempo, así como las posibles dilataciones térmicas provocadas por aumentos de temperatura en diferentes estaciones del año.

Regulador de carga

El regulador de carga es un dispositivo electrónico capaz de gestionar de manera correcta y eficaz la carga y descarga del banco de baterías, como así también prolongar la vida útil del mismo.

Se encarga principalmente de proteger a las baterías de una descarga por debajo del nivel de tensión final de descarga (sulfatación) y una sobrecarga por encima del nivel final tensión de carga (hervor del electrolito) especificados por el fabricante.

Por otro lado, se debe poder cargar las baterías de manera eficaz durante el reducido tiempo en que los paneles fotovoltaicos generan energía (duración del día solar promedio).

El regulador de carga está alimentado indirectamente por los paneles fotovoltaicos, ya que su alimentación es tomada directamente de las baterías, según la Figura 8.

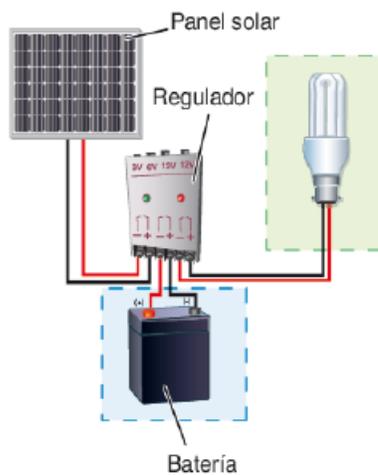


Figura 8 Conexión típica de un regulador de carga Fuente: Curso de Energía Solar Fotovoltaica Fundación Energizar

Inversor

Los paneles solares fotovoltaicos generan potencia a partir de la radiación solar que captan, esta potencia eléctrica no es alterna sino continua con unos valores de tensión y corriente continua que depende de la disposición de los paneles. A la hora de entregar la energía eléctrica a la red, es necesario tratarla para que cumpla las características establecidas para inyectarla a dicha red, como que debe ser senoidal, con una frecuencia de 50Hz y unos valores de tensión determinados para no crear perturbaciones a la red de suministro.

El inversor es el equipo electrónico que permite inyectar en la red eléctrica comercial la energía producida por el generador fotovoltaico. Su función principal es convertir la corriente continua procedente de los paneles fotovoltaicos en corriente alterna. El rendimiento de los inversores oscila entre el 90% y el 97%, dicho rendimiento depende de la variación de la potencia de la instalación, por lo que se intentara que el inversor trabaje con potencias cercanas o iguales a la nominal, puesto que si la potencia de entrada al inversor procedente de los paneles fotovoltaicos varia, el rendimiento disminuye; un ejemplo de inversor se ve en la Figura 9.



Figura 9 Inversor 12v - 220v Fuente: Curso de Energía Solar Fotovoltaica Fundación Energizar

Protecciones

Además de las protecciones integradas en el inversor, es necesario equipar la instalación con protecciones adicionales que protejan tanto la seguridad de la instalación y equipos como la seguridad de las personas responsables de su funcionamiento y mantenimiento. La implantación de protecciones se debe llevar a cabo atendiendo a la reglamentación vigente para este tipo de instalaciones.

Energía Fotovoltaica aplicada a Pasos a Nivel

En el siguiente apartado se detallará en qué consiste la aplicación de energía fotovoltaica a Pasos a Nivel, detallando el emplazamiento y describiendo la instalación, los cálculos necesarios y decisiones tomadas en base a dichos cálculos.

El sistema de utilización que se propone, es de régimen continuo aislado, compuesto por bloques que cumplen las siguientes funciones:

- Bloque de Generación
- Bloque de Acumulación
- Bloque de Carga



- Bloque de Cableado

Bloque de generación

Está formado varios paneles fotovoltaicos interconectados entre sí, donde el número y el tipo de conexión de los paneles dependen de factores como el valor promedio de la insolación del lugar, la carga (régimen y tipo) y la máxima potencia nominal de salida del panel seleccionado.

La mayor parte de la energía eléctrica generada se acumula en las baterías, mientras que el resto se pierde debido a las pérdidas asociadas con el proceso de carga.

Bloque de acumulación

Contiene tres componentes:

El banco de baterías: El banco de baterías usa un tipo especial de batería llamada de ciclo profundo. Estas baterías se ofrecen en versiones de 6 V y 12 V. Una batería de ciclo profundo es una batería diseñada para soportar niveles de descarga profundos durante muchos ciclos de carga y descarga. Pueden conectarse en serie o en paralelo dependiendo del diseño del sistema con el fin de aumentar la tensión, la corriente o ambos.

Para algunas aplicaciones pueden utilizarse otro tipo de baterías llamadas estacionarias, las cuales tienen menos ciclos de vida con descargas profundas, pero no necesitan mantenimiento.

Fusibles o llaves de protección: Protegen las baterías y son incorporados al sistema como un elemento de seguridad.

Un cortocircuito accidental entre los bornes hará que la corriente que circula por la batería alcance valores de miles de amperes por varios segundos, lo que acelera la reacción química y la disipación de calor dentro de la unidad. Los gases generados no podrán



escapar en su totalidad, llegando a producir una violenta explosión. Por otra parte, los cortocircuitos que no terminan en explosiones acortan la vida útil de las baterías y pueden dañar la aislación de los cables por excesiva temperatura.

El regulador de carga: Evita la descarga de las baterías a través de los paneles durante la noche, cuando el voltaje de salida del panel FV es nulo. A su vez impide la sobrecarga de las baterías, lo que acorta la vida útil de las mismas y la sobre-descarga de la batería, desconectando los consumos cuando el estado de carga de la batería es bajo.

Se encarga de asegurar el régimen de carga más apropiado para un dado tipo de acumulador y mantiene abierto el circuito de carga si el voltaje de salida de los paneles es menor que el del banco de acumulación.

Tiene funciones auxiliares, como la del monitoreo del nivel de carga del banco de batería y otras que son opcionales.

Bloque de carga

Comprende los circuitos de entrada y alimentación del PaN.

La caja de fusibles o distribución permite la separación y protección de las áreas de consumo permitiendo y, a su vez, facilita la desconexión de una sección en caso de necesitarse reparar o ampliar esa parte del circuito.

La conexión a tierra a la entrada de la carga es una norma de seguridad para los usuarios del sistema.

Bloque de cableado

Su dimensionamiento tiene un rol muy importante en la reducción de pérdidas de energía en el sistema debido a disipación de calor. Para un mismo nivel de consumo, la corriente es mayor si el sistema es de bajo voltaje. Un mayor amperaje significa un incremento de



las pérdidas de voltaje y disipación como así también cables de mayor diámetro y costo, los que son más difíciles de conectar. (Fundación Energizar)

Conclusiones

Los paneles de energía solar fotovoltaica son sin duda, una de las mejores opciones para aprovecharse de la energía solar ya que proporcionan energía limpia y ecológica, a su vez es libre y abundante. Durante la generación de electricidad con paneles fotovoltaicos no hay emisiones nocivas de gases de efecto invernadero, por lo que este tipo de energía es respetuosa con el medio ambiente.

Para ver la importancia de este tipo de energía, debemos tener en cuenta que en una sola hora el sol irradia la energía solar suficiente para cubrir el consumo de energía humana durante un año.

En lo relativo al costo de los paneles solares podemos decir que se está reduciendo rápidamente y se espera que siga reduciéndose en los próximos años. Los paneles solares fotovoltaicos tienen un futuro muy prometedor, tanto para la viabilidad económica como para la sostenibilidad medioambiental. Los costos de funcionamiento y mantenimiento de los paneles fotovoltaicos se consideran bajos. Casi insignificantes, en comparación con los costos de otros sistemas de energía renovables. Por otra parte, no tienen piezas mecánicamente móviles, excepto en los casos de bases mecánicas de seguimiento solar. Debido a ello tienen muchas menos roturas y requieren menos mantenimiento que otros sistemas de energía renovable (por ejemplo, los aerogeneradores). Son totalmente silenciosos y no producen ningún tipo de ruido. Por lo tanto, son una solución perfecta para zonas urbanas y aplicaciones residenciales.

En los últimos años ha habido muchos avances en las tecnologías de los sistemas de energía solar. Sin embargo, todavía estamos atrasados en los métodos de captura de esta enorme cantidad de energía.



El proyecto gubernamental PERMER⁸ es un ejemplo de que las energías renovables son el camino a tomar mirando hacia el futuro. Se trata de un proyecto gubernamental que se enfoca en la electrificación de zonas rurales a través de energía fotovoltaica, se orienta a generar electricidad para sus distintos usos, en áreas que estén apartadas.

La utilización de energía solar permite hacer más sostenible a la red del ferrocarril. Es importante resaltar que el objetivo sería lograr que la totalidad de la red ferroviaria se alimente de energía provenientes de fuentes renovables ya que, si la energía no proviene totalmente de fuentes renovables, solo se avanza medio paso en sostenibilidad.

Se puede extraer de la entrevista realizada con un especialista en el sector como Hernán Socolovsky⁹ (Anexo 1: Entrevista a Hernán Socolosky) que la utilización de energía fotovoltaica en sectores aislados de la red eléctrica trae numerosos beneficios en cuanto a la sustentabilidad, además de los que trae aparejados en cuanto a la mejora del servicio debido a la automatización de PANs. Me permito mencionarlo como un puntapié para un futuro análisis, aunque no sea el caso específico de estudio de esta tesis.

Estas instalaciones fotovoltaicas aisladas, además de poder utilizarse en áreas urbanas, son ideales en regiones donde la conexión a la red eléctrica no es posible o no está prevista debido a los altos costos de desarrollo de la construcción de los sistemas eléctricos de la línea, especialmente en las zonas rurales remotas.

⁸ *PERMER: Es un Proyecto de Energías Renovables en Mercados Rurales que brinda acceso a la energía con fuentes renovables a la población rural del país que no tiene luz por estar alejada de las redes de distribución.*

⁹ *Hernán Socolovsky: Ingeniero Electrónico – Especialista en energías renovables. Jefe de Departamento Energía Solar en Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)*



En este sentido, resulta clave entender de qué forma se debe dimensionar y evaluar un sistema solar fotovoltaico para su utilización en un paso a nivel, así como las consideraciones y estimaciones, puntos que se tratarán en el próximo capítulo.



CAPITULO 4: DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO y ANALISIS ECONOMICO

Dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico (Energizar)

Para definir el dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico, primero es necesario introducir el concepto “Horas de Sol Pico” o HSP [horas], el cual puede definir como el número de horas en que disponemos de una hipotética irradiancia¹⁰ solar constante de 1.000 W/m². Es decir, una hora solar pico “HPS” equivale a 1kWh/m² o, lo que es lo mismo, 3.6 MJ/m². Dicho en otras palabras, es un modo de contabilizar la energía recibida del sol agrupándola en paquetes, siendo que cada “paquete” de 1 hora recibe 1.000 watts/m².

Para calcular entonces el valor de HSP se debe dividir el valor de la irradiación incidente entre el valor de la potencia de irradiancia¹¹ en condiciones estándar de medida (STC), pues es en esas condiciones donde se cumplen las características eléctricas de los módulos fotovoltaicos. Ese valor de irradiancia en condiciones estándar de medida es de 1.000 Watts/m². Es decir, si se dispone de los datos de irradiación solar de un determinado día y se divide entre 1.000, se obtienen las HSP.

Estimación del consumo

El consumo diario de la carga, es la energía que consume la carga a lo largo de un día. La estimación de las horas de uso requiere un análisis del tiempo que se utiliza cada uno de los equipos, así como la frecuencia del servicio de trenes a ser atendidos por el PAN

¹⁰ **Irradiancia:** Es la magnitud que describe la radiación o intensidad de iluminación solar que llega hasta nosotros medida como una potencia instantánea por unidad de superficie, W/m² o unidades equivalentes.

¹¹ **Irradiación:** Es la cantidad de irradiancia recibida en un lapso de tiempo determinado, es decir, la potencia recibida por unidad de tiempo y por unidad de superficie. Se suele medir en Wh/m² o, en caso de un día, en Wh/m²/día o unidades equivalentes.



tanto en invierno como en verano, ya que en estas dos estaciones puede variar el consumo (Guevara, 2017).

Estimación del Consumo

Dispositivo	Cantidad	Potencia [W]	Horas por día [h]	Consumo total [Wh/día]
Fonoluminoso	2	12	0,5	12
Safetran S40 Mecanismo de Barrera (24v)	2	240	0,11	53
Safetran S40 Freno Barrera	2	2,4	23,89	114,67
Siemens GCP 4000	2	31,98	24,00	1535,04
Consumo total promedio [Wh/día]				1715,04

Tabla 1 Estimación de consumo PAN Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 1 se realizó el cálculo de consumo de los dispositivos electrónicos que se planean abastecer por medio del sistema fotovoltaico.

Las estimaciones fueron realizadas a partir de considerar 40 servicios de 8 coches cada uno, por día. En este caso se previó colocar 2 fono luminosos, 2 mecanismos de barrera Safetran S40 y un sistema de señalización Siemens GCP4000, teniendo en cuenta para el diseño standard una calle con circulación doble mano.

Consumo GCP4000		
CPUII+	0,6	A
Track	0,85	A
SSCCIIIi CPU Bat	0,015	A
SSCCIIIi SSCC3i	0,6	A
A80485	0,6	A
Subtotal	2,665	A
Total 12v	31,98	W

Tabla 2 Consumo Equipo Señalamiento Siemens GCP 4000. Fuente: Elaboración Propia

Estimación de las pérdidas

La energía a generarse por los paneles debe tomar en consideración las pérdidas de energía anticipadas en el sistema (cableado, control de carga, regulador y baterías), las cuales deben ser compensadas por el bloque generador.



A continuación, se enumeran las pérdidas energéticas a considerarse, teniendo en cuenta información de la industria (algo así, debemos poner alguna “fuente”:

η_B : Eficiencia debido al rendimiento de la batería que, típicamente puede oscilar entre 75% y un 90%.

η_{inv} : Eficiencia debido al rendimiento del inversor utilizado (si lo hay), es decir, principalmente en instalaciones de 220 V. Los valores por defecto suelen oscilar entre el 85% y el 98%.

η_R : Eficiencia debido al rendimiento del regulador empleado. Suele depender de la tecnología utilizada, pero si no se conoce, se escoge un valor por defecto del 90%.

η_X : Eficiencia que contempla las pérdidas no contempladas como temperatura, pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad, pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia y cableado.

Dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos

Este dimensionamiento implica calcular la energía total necesaria a generar (considerando la estimación de pérdidas) y en base a la insolación del lugar, determinar la cantidad de paneles y la forma de conexión (serie y paralelo) (Lamigueiro, 2020).

El coeficiente es un factor de seguridad para afrontar la degradación de potencia y prestaciones de los diferentes componentes del sistema fotovoltaico. También se utiliza como margen para parámetros imponderables en el proceso de diseño y usualmente se utiliza un valor de 1,1.

La energía diaria que entregará un panel dependerá del valor de insolación para un determinado lugar, de la inclinación de los paneles y del tipo de regulador de carga que se utilice (con o sin MPPT).

**Cálculo del ángulo óptimo de inclinación de los paneles**

Los paneles con soporte fijo o automáticos con un grado de libertad, deben ir orientados al Sur si se instalarán en el hemisferio Norte y al Norte si se instalarán en el hemisferio Sur.

El ángulo de inclinación de los soportes fijos se calcula para que maximice el ajuste entre la captación y la demanda de energía en la época del año de mayor consumo.

De todas formas, puede utilizarse la corrección por el peor caso de insolación (invierno) y elegir una inclinación en función de la latitud.

Mediante las coordenadas geográficas de lugar, y accediendo a la base de datos de la NASA¹² se pueden obtener los datos de insolación promedio mínima para cada mes para distintas inclinaciones.

En la siguiente Tabla podemos ver la irradiancia medida en HSP por mes, medidas durante un periodo de 20 años. A partir de allí se realiza un cálculo promedio mensual, y se divide en periodo de invierno [Abril-Septiembre] y verano [Octubre-Marzo].

Una vez obtenidos esos resultados se utiliza el menor valor promedio como base para realizar los cálculos de energía solar obtenida por medio de los paneles solares.

Irradiancia Chascomús período 2001-2020

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prom	Ver	Inv
2001	6,54	6,83	4,70	5,50	2,93	3,24	2,65	3,52	4,23	3,17	7,16	7,18	4,79	5,93	3,68
2002	7,28	6,10	4,19	4,87	3,90	4,76	2,98	3,66	3,74	5,41	5,63	6,26	4,89	5,81	3,99
2003	7,94	5,03	5,20	4,78	3,85	3,26	4,23	4,19	4,85	6,29	6,27	7,22	5,27	6,33	4,19
2004	7,14	7,47	6,77	4,45	4,21	2,76	3,70	3,85	5,53	5,69	4,89	6,70	5,26	6,44	4,08
2005	6,84	5,99	5,91	6,16	3,81	2,23	2,61	3,20	4,97	6,66	7,71	7,93	5,33	6,84	3,83
2006	5,44	6,55	6,19	5,23	4,56	2,96	2,68	3,94	5,32	5,74	7,19	6,88	5,21	6,33	4,12

¹² NASA: Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio de Estados Unidos, NASA por sus siglas en inglés



2007	6,63	6,12	4,87	5,21	4,86	4,06	3,73	4,35	3,60	5,49	7,37	7,86	5,34	6,39	4,30
2008	6,67	5,12	5,53	6,24	4,11	3,48	2,90	4,64	3,98	7,22	7,31	6,58	5,32	6,41	4,23
2009	7,65	7,80	5,86	6,16	4,02	4,20	4,44	3,73	4,77	6,09	5,62	6,12	5,52	6,52	4,55
2010	8,23	5,35	5,87	5,01	3,58	4,16	3,67	4,25	4,57	6,50	6,93	8,64	5,57	6,92	4,21
2011	7,35	7,31	7,23	5,22	4,21	3,03	4,13	3,63	5,83	5,69	6,93	7,95	5,7	7,08	4,34
2012	8,43	5,66	6,22	5,64	3,23	3,81	4,99	2,56	4,86	4,46	6,54	7,56	5,33	6,48	4,18
2013	7,55	7,20	5,87	5,42	4,00	4,22	3,77	5,36	3,81	5,24	6,42	7,75	5,54	6,67	4,43
2014	7,42	3,97	5,79	4,38	3,12	4,36	3,59	5,14	4,85	5,10	6,90	7,74	5,21	6,15	4,24
2015	7,03	6,90	6,68	5,58	4,16	4,15	3,78	3,34	5,65	4,48	6,61	7,53	5,48	6,54	4,44
2016	5,92	7,15	5,72	2,89	2,86	4,20	2,84	4,90	4,47	4,44	7,19	8,56	5,09	6,50	3,69
2017	7,13	5,21	5,54	4,85	3,80	3,11	2,78	3,88	4,87	5,90	7,90	7,12	5,17	6,47	3,88
2018	7,33	8,17	7,37	3,60	3,24	4,18	2,79	4,67	4,12	5,61	6,51	7,64	5,42	7,11	3,77
2019	6,21	7,84	5,62	5,31	4,10	2,43	3,52	4,55	6,12	4,83	6,50	6,77	5,3	6,30	4,34
2020	7,37	7,78	5,21	5,54	4,56	3,39	3,35	4,96	5,69	6,07	8,15	8,46	5,87	7,17	4,58
Prom/mes	7,11	6,48	5,82	5,10	3,86	3,60	3,46	4,12	4,79	5,50	6,79	7,42	5,33	6,52	4,15

Tabla 3 Irradiancia Chascomús (Lat -35.577 , Long -58.0136) Fuente: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (Irradiancia)

Temperatura Chascomús período 2001-2020

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Prom	Ver	Inv
2001	24,9	24,9	21,4	15,6	12,4	10,1	8,1	12,8	12,3	16,3	17,3	21,4	16,4	21,0	11,9
2002	22,2	22,2	20,0	14,9	13,4	7,4	8,0	11,2	11,8	16,4	18,8	21,3	15,8	20,1	11,1
2003	24,7	22,4	20,6	15,4	12,2	10,3	8,0	8,9	11,7	16,5	18,5	20,1	15,7	20,5	11,1
2004	25,1	21,6	22,2	17,5	10,9	10,5	8,7	10,8	12,6	15,4	18,2	22,4	16,3	20,8	11,8
2005	24,4	22,8	20,0	14,8	12,4	11,6	9,5	10,4	11,4	14,2	20,3	20,7	16,0	20,4	11,7
2006	22,5	22,4	18,3	16,1	11,3	10,0	11,1	9,3	12,5	17,3	19,1	23,5	16,1	20,5	11,7
2007	23,8	24,0	20,1	16,1	9,7	6,7	5,4	7,3	14,2	16,7	16,6	22,5	15,2	20,6	9,9
2008	24,1	23,7	19,4	15,2	12,5	8,7	11,1	9,5	12,1	15,8	23,1	23,4	16,6	21,6	11,5
2009	25,4	23,7	21,7	16,8	13,5	8,4	7,1	11,9	10,9	14,8	19,5	20,9	16,2	21,0	11,4
2010	24,6	21,9	19,9	14,8	13,4	9,4	7,9	8,9	12,2	14,4	18,8	23,9	15,8	20,6	11,1
2011	24,1	22,0	20,4	16,5	12,2	8,6	7,2	8,8	12,5	15,0	21,2	22,1	15,8	20,8	11,0
2012	25,7	24,1	19,5	15,4	14,1	8,7	6,0	11,3	12,5	15,9	19,4	21,7	16,2	21,0	11,3
2013	23,9	23,5	18,2	16,3	11,6	8,5	8,4	8,8	11,5	16,0	9,2	25,8	15,9	19,4	10,8
2014	24,6	20,7	18,2	15,3	12,2	8,3	8,8	10,9	13,0	17,1	18,1	21,9	15,7	20,1	11,4
2015	22,8	23,1	22,0	18,7	14,2	9,8	9,2	11,6	11,2	13,2	18,1	23,2	16,4	20,4	12,4
2016	24,6	24,3	19,3	15,5	10,3	7,4	8,3	10,3	11,7	15,1	9,2	23,8	15,8	19,4	10,6
2017	24,1	23,7	20,3	16,6	13,2	10,4	10,2	11,9	12,9	15,1	17,5	23,1	16,6	20,6	12,5
2018	24,5	24,1	20,7	19,3	13,6	7,5	8,3	9,2	14,3	14,7	8,8	20,8	16,3	18,9	12,0
2019	23,0	22,7	19,1	16,8	12,9	11,2	8,3	9,4	11,5	14,8	20,3	22,3	16,0	20,4	11,7



2020	23,4	23,1	22,4	15,5	12,4	10,0	7,4	10,3	11,4	14,8	19,9	22,8	16,1	21,1	11,2
Prom/mes	24,1	23,0	20,2	16,1	12,4	9,2	8,3	10,2	12,2	15,5	17,6	22,4	16,0	20,5	11,4

Tabla 4 Temperatura Chascomús período 2001-2020 (Lat -35.577 , Long -58.0136) Fuente: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (Temperatura)

Puede verse que la menor insolación se produce durante el mes de Julio. Como el mayor consumo ocurre también en invierno, se utilizará un ángulo de inclinación de $|\text{latitud}| + 15^\circ = |-35.577| + 15^\circ \approx 49^\circ$ para maximizar la captación en este mes.

Al ser el caso más desfavorable, esta configuración también funcionará a lo largo de todo el año.

Energía a generar por el bloque generador		
Egenerador	2748,56	[Watts]
Energía extra necesaria (nubes)	549,71	Wh/día
Energía diaria generada por un panel de 340Wp con MPPT		
Epanel	1809,58	Wh/día
Cantidad de paneles	2	en paralelo
Nps (Número de paneles en serie)	1	
Npp (Numero de paneles en paralelo)	2	
Verificación por Temperatura en Verano	4390,46	Wh/día
Verificación en invierno	2822,00	Wh/día

Tabla 5 Energía a generar por el sistema fotovoltaico vs Energía generada. Fuente: Elaboración Propia

(NASA, n.d.)

Determinación de la tensión nominal de la instalación

La tensión de funcionamiento se puede determinar a partir de la potencia de la instalación, que lógicamente está relacionada con la energía consumida. Se suelen emplear las tensiones estándar: 12 V, 24 V, 48 V o 120 V. Utilizando generalmente 12 V para



potencias menores de 1,5 kW, 24 V o 48 V para potencias entre 1,5 kW y 5 kW. y 48 V o 120 V para potencias mayores de 5 kW.

Dimensionamiento del banco de baterías

El banco de baterías deberá suministrar la energía requerida por la carga cuando no haya sol, o en días nublados. El banco de baterías debe soportar la cantidad de descargas consecutivas más una, tal como se muestra en la Figura 10. Esto se debe a que el último día soleado terminó con la descarga nocturna del día.

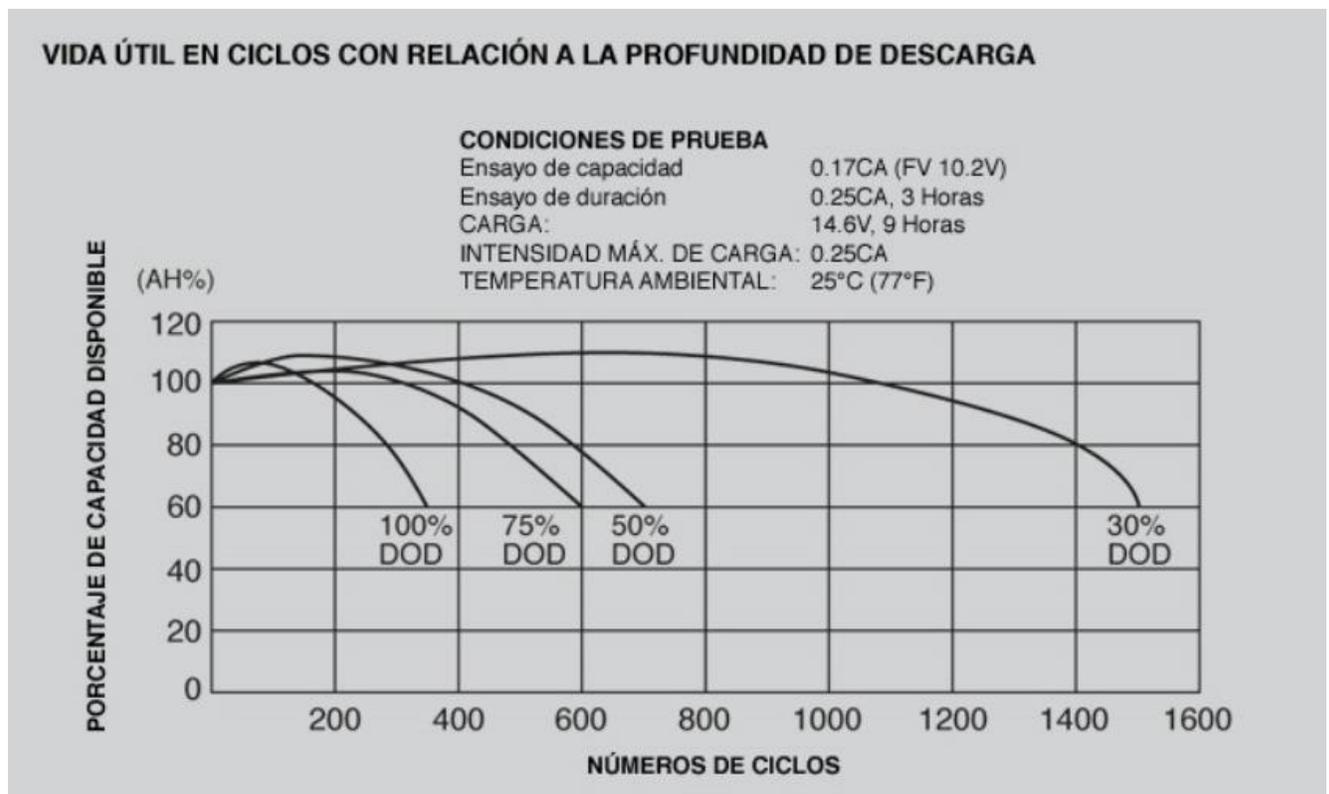


Figura 10 Vida útil en ciclos con relación a la profundidad de descarga: Fuente: Google

El período de recuperación dependerá del exceso de generación, así como de la ausencia de un nuevo período sin radiación solar mientras el banco de reserva se repone.



El banco de baterías estará compuesto por una o varias baterías conectadas en serie y/o paralelo de manera de satisfacer los requerimientos del sistema, tanto en capacidad como en potencia.

Para el cálculo de la capacidad del banco de baterías, se necesita definir principalmente los siguientes parámetros:

Daut: Días de autonomía con baja o nula insolación.

PDmax: Profundidad máxima de descarga de la batería, que vendría dada por el fabricante de las baterías; por defecto se escoge un valor del 60% o 80 %.

η D: Eficiencia de descarga: Debe contemplar la eficiencia de descarga de la batería, la eficiencia del inversor, la del regulador de carga en caso de que tenga salida de CC, pérdidas en cables, etc.

Dimensionamiento Banco de Baterías		
Capacidad Nominal del Banco		952,80 Ah
	Cantidad de baterías	5
	Cantidad de baterías FINAL	5
	Baterías en serie	1
	Baterías en paralelo	5
Calculo de máxima corriente de descarga		56,25 A
Calculo de máxima corriente de carga		225,00 A
Máxima corriente entregada por el banco		178,65 A
Máxima corriente de carga		22,2 A

Tabla 6 Dimensionamiento del banco de baterías Fuente: Elaboración propia



Dimensionamiento del regulador de carga

El regulador se conecta en serie con los paneles fotovoltaicos, por lo que circulará por él la corriente generada por ellos. Esta corriente estará determinada por la cantidad de paneles conectados en paralelo.

De ser necesario, pueden utilizarse más reguladores que serán colocados por grupos de paneles.

Dimensionamiento del regulador de carga	
I_{reg}	23,45 A

Tabla 7 Dimensionamiento del regulador de carga. Fuente: Elaboración Propia

Condiciones generales y particulares utilizadas para realizar los cálculos

Características Generales del Sistema	
Factor de seguridad	1,1
Rendimiento Baterías	85% [%]
Eficiencia Inversor	100% [%]
Eficiencia Regulador	85% [%]
Eficiencia otras perdidas	95% [%]
Eficiencia TOTAL	69% [%]
Voltaje de trabajo	12 [V]
Días autonomía proyectados	3 [días]

Características del Panel Solar	
Potencia del panel	340 [W]
V_{panel} (V_{pm})	38,3 [V]
I_{cpanel} (I_{pm})	8,88 [A]
I_{sc}	9,38 [A]
Coef de degradación por T	0,7% [%/°C]
Temp de trabajo del panel	36,01 [°C]

Características Ambientales	
Latitud	-35,6 [°]
Longitud	-58,0 [°]
Temp media	16,01 [°C]



Horas Solares Pico (HSP)	5,34	[KWh/dia.m2]	Promedio
Tmedia Verano	20,5	[°C]	
HSP verano	6,52	[KWh/dia.m2]	
HSP invierno	4,15	[KWh/dia.m2]	
Coefficiente días nublados	0,2	x/15días	

Considero 3 días nublados seguidos cada 15 días.

Características del Regulador/Inverter

Mppt si

Capacidad de baterías elegidas

225 [Ah]

Tabla 8 Inputs utilizados para realizar los cálculos. Fuente: Elaboración propia

Evaluación de riesgos.

La evaluación de los riesgos laborales es el proceso dirigido a estimar la magnitud de aquellos riesgos que no hayan podido evitarse, obteniendo la información necesaria para que el empresario esté en condiciones de tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas y, en tal caso, sobre el tipo de medidas que deben adoptarse.

La evaluación del riesgo, deberá ser realizado con una buena planificación y no de ser visto jamás como una obligación, debido a que no es un fin en si mismo, sino que realiza un aporte valioso para decidir si es necesaria la adopción de medidas preventivas. En nuestros días hay varias ART que solicitan esta evaluación para incorporarla al legajo de la empresa y a pesar de esto no deberá verse su concreción como una imposición burocrática.

Una vez realizada la evaluación de riesgos se llega a la conclusión que deben ser adoptadas medidas preventivas.

En el siguiente apartado se evalúan los distintos tipos de riesgos inherentes al montaje de un PAN con energía solar fotovoltaica considerando los siguientes aspectos:



Riesgos profesionales.

En este punto se evalúan los riesgos del personal al momento del montaje considerando...

- En montaje de la estructura metálica:
- Caídas de altura.
- Deslizamientos.
- Caída de objetos. Trabajos superpuestos.
- Manejo de grandes piezas.
- Propios de soldaduras eléctricas y cortes con soplete.
- Electrocuciiones.
- Golpes y atrapamientos.
- Intoxicaciones por humos, resinas y pinturas especiales.
- Chispas, cortes, punzamientos y demás accidentes propios del uso de desbarbadoras, sierras y taladros.

Propios de grúas.

En este punto se evalúan los riesgos del equipamiento necesario para el montaje considerando en este caso los generados por la utilización de grúas

- Derrumbamientos.
- Hundimientos.
- Sobreesfuerzos por posturas inadecuadas.

En colocación de los módulos fotovoltaicos.

En este punto se evalúan los riesgos generados por el montaje y/o manipulación de los paneles solares.



- Caídas de altura.
- Sobreesfuerzos por posturas inadecuadas.
- Deslizamientos.
- Caída al mismo nivel.
- Heridas punzantes y/o cortantes en extremidades.
- Desprendimientos y aplastamientos.
- Contactos eléctricos (directos y/o indirectos).
- Caídas de objetos (herramientas y materiales).

En colocación de los reguladores, caja de protecciones y caja de protección y medida.

En este punto se evalúan los riesgos del montaje y colocación de reguladores, y cajas de protección.

- Caídas de altura.
- Sobreesfuerzos por posturas inadecuadas.
- Deslizamientos.
- Caída al mismo nivel.
- Heridas punzantes y/o cortantes en extremidades.

En cableado y grapado.

En este punto se evalúan los riesgos generados en el cableado y grapado

- Caídas de altura.
- Sobreesfuerzos por posturas inadecuadas.
- Deslizamientos.
- Caída al mismo nivel.
- Heridas punzantes y/o cortantes en extremidades.



Conclusiones

A partir de las estimaciones de consumo y de las pérdidas de energía anticipadas en el sistema, se han recorrido importantes conceptos que se deben tener en cuenta para obtener un correcto dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico y lograr el tamaño óptimo de la instalación.

El dimensionamiento ha permitido generar nueva información sobre las necesidades energéticas de un paso a nivel, las cuales se resumen en la Tabla 9 sobre la base de los pasos anteriores propuestos.

Producto a Instalar	Especificación	Cantidad
Panel solar	340W	2
Baterías	220 Ah	2
Regulador	24v - 60a	1
Conector	MC4-CON	4
Cable Negro	6x200mts	1
Cable Rojo	6x200mts	1
Estructura Soporte	Orientación 49°	2

Tabla 9. Dimensionamiento de un sistema de energía solar para un PAN. Fuente: elaboración propia.

A partir de estas necesidades, se debe analizar la viabilidad económica financiera del proyecto, lo cual se realizará en el próximo capítulo.

Análisis económico del proyecto

Este punto se dedicará al cálculo del costo que supondrá la instalación solar descrita en el proyecto para abastecer el señalamiento y la operación del Paso a Nivel. Para ello se calculará el presupuesto de la instalación, la rentabilidad y el periodo de recuperación. Una vez obtenido el presupuesto de la instalación se procederá a realizar el análisis económico de la misma. Para poder definir el proyecto, es necesario identificar que contiene un PAN, el cual debe tener componentes de bienes de capital (CAPEX) y gastos operacionales (OPEX).



Se realizará el análisis; de costos; donde se mostrarán los diferentes gastos y costos a la hora de la realización del proyecto, financiero; donde se mostrarán los beneficios económicos obtenidos con la realización del proyecto y por último un análisis de sensibilidad y riesgo; mediante el cual podrán comprobarse los efectos que se producirán en la inversión si cambian algunas de las variables utilizadas para obtener la rentabilidad del proyecto.

Presupuesto de la instalación.

Este punto se dedica al cálculo del costo que supondría la instalación solar descrita en el proyecto; para ello se calcula el presupuesto de la instalación, la rentabilidad y el periodo de recuperación.

A continuación, se expone el presupuesto para la inversión del proyecto a realizar:

Costo Instalación	Especificación	Cant	Precio unitario [U\$S]	TOTAL [U\$S]
Panel solar	340W	2	186,85	373,70
Baterías	220 Ah	2	778,86	1.557,72
Regulador	24v - 60a	1	489,73	489,73
Conector	MC4-CON	4	2,13	8,52
Cable Negro	6x200mts	1	419,32	419,32
Cable Rojo	6x200mts	1	419,32	419,32
Estructura Soporte	Orientación 49°	2	150,00	300,00
Total Proyecto				3.568,32
TC	108			

Tabla 10 Presupuesto equipamiento Solar Fotovoltaico Fuente: Elaboración propia



Análisis financiero.

El análisis financiero consiste en comprobar si la instalación proyectada será lo suficientemente rentable como para llevarla a cabo. Mediante este análisis financiero se obtendrán las diferentes variables importantes para comprobar si es o no una buena inversión como son el Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) y Periodo de recuperación (Lelic, 2008).

Para realizar el análisis financiero y poder calcular los parámetros antes citados, primero han de conocerse los ingresos producidos por la generación de energía eléctrica a partir de la captación de radiación solar por parte de los paneles solares, estos ingresos se obtienen multiplicando la cantidad de energía eléctrica generada por el precio al que se pagaría dicha energía en el caso de utilizar una red domiciliaria.

Año de operación		0	1	2	25
Concepto		2021	2022	2023	2041
TC		106,00	174,91	239,63	1122,70
Incremento Costos IPC		51%	54%	38%	5%
Aumento Tarifa			50%	40%	5%
Potencia Instalada	640				
Potencia Unitaria Panel	340				
Rendimiento			97,00%	96,30%	80,20%
Precio remunerado al Generador Solar (EDESA)	5,424	\$/KWh	5,42	8,14	44,39
Precio remunerado al Generador Solar (EDESA)		USD/KWh	0,03	0,03	0,04
Generación		KWh	830	824	686

Tabla 11 Resumen de datos utilizados para el cálculo del Flujo de fondos Fuente: elaboración propia

En la Tabla 11 vemos los datos utilizados para realizar el Flujo de Fondos. En el mismo se encuentran los parámetros referidos a cantidad total de energía generada, estimación de precio remunerado por la generación de esa energía y rendimientos de los paneles con la degradación propia según manual de especificaciones.



Se presenta un resumen realizando una proyección a 25 años, evaluando de esta manera el rendimiento económico de dicha generación de energía cuantificado a los valores arriba estimados.

Año de operación		0	1	2	25
Flujo de Fondos		2021	2022	2023	2041
Precio bajada media tensión	USD	-3200,00			
Paneles	USD	373,70			
Baterías	USD	1557,72			
Regulador	USD	489,73			
Conector	USD	8,52			
Cable Negro	USD	419,32			
Cable Rojo	USD	419,32			
Estructura Soporte	USD	200,00			
Transporte	USD	100,00			
TOTAL CAPEX	USD	368,32			
Total Egresos	USD		0	0	0
Total Ingresos	USD		26	28	27
IGA	USD		23	22	22
FCF	USD	-368,32	48	50	49
VAN	USD	22,45			
TREMA anual	12%				
Tir	13%				

Tabla 12 Resumen de Flujo de Fondos a 25 años. Fuente: elaboración propia



Conclusiones

Una buena medida de la rentabilidad de un proyecto debe tomar en cuenta todos los flujos de fondos, contemplar el costo de oportunidad del dinero, elegir el mejor entre proyectos mutuamente excluyentes y ser insensible a empaquetamientos y el Valor Actual Neto es la única medida que satisface estos requisitos. Con los resultados de la Tabla 12, se puede concluir que el proyecto es conveniente financieramente

Si bien se cumple con el objetivo principal de conversión de una fuente de energía contaminante por otra renovable y no contaminante (sin considerar las externalidades en la construcción de los paneles), resulta ser la inversión marginalmente competitiva con relación al costo de la energía convencional, al menos para esta aplicación.

En este sentido, resulta clave entender de qué forma se puede implementar este proyecto, por tanto, en el capítulo siguiente, se propone una hipótesis de negociación de acuerdo a la implementación de esta tecnología en el sector ferroviario



CAPITULO 5: NEGOCIACIONES ENTRE PARTES INVOLUCRADAS [HIPOTESIS]

Partes involucradas: SOFSE Central – SOFSE Línea General Roca - ADIF

Esta situación se daría en el marco de la automatización de pasos a nivel en el ramal larga distancia desde Constitución hasta Mar del Plata. El caso propuesto es aplicable a la subgerencia de señalamiento de SOFSE Central y está basado en las clases de materia Técnicas de la Comunicación con Patricio Nelson (Nelson, 2020).

Es necesario aclarar que la estructura ferroviaria involucrada se describe de la siguiente manera: Empresa Trenes Argentinos, la cual está compuesta por ADIF (Administradora Ferroviaria de Infraestructura), SOFSE Central (Servicios de Operadora Ferroviaria Sede Central), SOFSE Líneas (Línea Mitre, Línea Belgrano Sur, entre otras).

Se trataría de un proyecto donde participan distintas áreas con motivaciones/urgencias disímiles. Inicialmente el mismo sería sólo parte de ADIF con la participación de las diferentes Líneas en la implementación; luego, ingresaría SOFSE Central para llevar adelante parte del proyecto con la Línea Roca (LGR). Esto generaría rispideces entre ADIF y SOFSE Central, lo que repercute en la necesidad de obtener avances significativos en la instalación, que justifiquen la irrupción por parte de SOFSE Central.

El proyecto está en manos de ADIF y SOFSE Central.

¿Qué se negocia?

La negociación gira en torno a la automatización de los pasos a nivel. Si bien el objetivo es el mismo para todas las partes, cada una de ellas posee intereses propios que complejizan la implementación del proyecto.



Por parte de SOFSE Central el principal interés es la instalación de los pasos a nivel automáticos. El conflicto se suscitaría debido a que los recursos utilizados para la realización del objetivo son compartidos por SOFSE Central y SOFSE Línea General Roca. Esto conlleva a que en el caso de SOFSE Central, este debe hacer uso del personal, instalaciones e infraestructura que originalmente se encontraban destinados completamente a las actividades propias de la Línea.

Es allí donde se genera el foco de negociación, SOFSE Central busca obtener los recursos de la línea para cumplir sus objetivos y la línea es reticente a liberarlos. Se debe concertar con los jefes de las áreas involucradas la obtención de estos recursos para disminuir los tiempos de instalación, aumentar la eficacia en cuanto a la logística de materiales y desarrollar un proceso eficiente de implementación de automatización.

¿Cómo continúa la negociación?

Las instancias de negociación se darían diariamente en el contexto del desarrollo del proyecto. Se obtendrían avances significativos, pudiendo conseguir la colaboración necesaria por parte de la Línea. Pero sobre cuestiones como capital humano específicamente capacitado en determinadas tareas, sería muy complejo de obtener (Nocetti Núñez, 2007).

Por parte de la línea, conseguiría de nuestro lado, el pago de horas extra y adquisición de nuevas herramientas. Pero como destacué anteriormente, sería una negociación continúa, por lo que se trataría de logros parciales.

Alternativas

¿Qué Alternativas tendrías a la negociación? (MAAN de todas las alternativas)

Las alternativas en este punto son múltiples y el resultado no es binario.



La alternativa frente a un resultado negativo (peor caso) en la negociación es abandonar la búsqueda de las metas antes expuestas y ceder el control total a la línea pasando a ocupar solo el lugar de veedor (Fisher, Ury , & Patton, 2011).

Se encuentran luego alternativas intermedias donde hay cierto margen de negociación respecto a los tiempos empleados en la instalación del sistema; no así respecto a los materiales ya que forman parte del patrimonio y están destinados de forma unívoca a dicho proyecto.

La MAAN (Mejor Alternativa a un Acuerdo Negociado) está representada por una posición a través de la cual se logra una negociación diaria de las tareas a realizar con un referente por parte de la Línea, de esta manera obtengo injerencia en el desarrollo, acordando mantener también un control sobre los stocks de materiales utilizados.

¿Qué Alternativas tendría tu contraparte a la negociación? (que haría tu contraparte en caso de no acordar)

La alternativa frente a un resultado negativo (peor caso) en la negociación es abandonar el control sobre la automatización (Nelson, 2020).

La alternativa MAAN por la contraparte es ceder el control de un número determinado de personas para trabajo dentro de las horas extras.

Relación

¿Cómo se encuentra la relación entre las partes al momento del inicio de la negociación?

La relación previa a la negociación es adecuada, aunque la Línea no esta dispuesta a ceder personal en detrimento de sus objetivos.

¿Cómo quedaría la relación entre las partes después de la negociación?



La relación entre ambas partes se encontraría en buen estado, el acuerdo conseguido sería equitativo ya que permitiría a SOFSE Central avanzar mientras que no restringiría en gran medida los recursos diarios destinados a mantenimiento por parte de la Línea.

Acuerdo

¿Se llegaría a un acuerdo? ¿Cuál sería? ¿Qué nivel de compromiso existiría con el acuerdo alcanzado?

Se llegaría a un acuerdo donde se trabajaría en la instalación en las horas extra con una de capital humano homogéneo. Esto permitirá cubrir todas las necesidades por parte de SOFSE Central y a la vez la Línea podrá contar con el personal para realizar el mantenimiento rutinario.

Por otro lado, se acordaría que de existir una urgencia se destinarán todos los recursos hacia el mantenimiento, dejando en claro que la prioridad es brindar el servicio de trenes por lo que la tarea de mayor preponderancia será esta.

Sería un acuerdo justo y satisfaciendo las necesidades por parte de SOFSE Central por lo que el nivel de compromiso en cumplirlo sería alto.

Escucha activa

¿Alguna de las partes utilizaría escucha activa para acercarse a la otra parte? ¿Se logró entender mejor los intereses de la otra parte?

Se utilizaría esta herramienta para comprender la situación de la Línea, mostrando buena predisposición y voluntad de solucionar cualquier conflicto y evitar generarlos. Se pudieron comprender los intereses genuinos en brindar el mejor servicio posible al pasajero y por ello la necesidad de contar con todo su personal.



Estilos personales

¿Cómo resultaría la combinación de los estilos? ¿Se complementarían o entrarían en conflicto?

La combinación de estilos resultaría positiva. Sería importante el complemento logrado a partir de la voluntad de ambas partes en colaborar para encontrar un punto en común que dejase satisfecho a ambos.

Reflexion

¿Qué podría dejar como experiencia la negociación?

La utilización de herramientas como Escucha activa, Gestión de Emociones y asertividad serían necesarias para poder lograr un acuerdo que beneficie a ambas partes. Posiblemente de no hacerlo la instalación hubiera continuado, pero pagando un alto costo respecto a los tiempos de ejecución y provocado un desgaste emocional diario por parte de todas las partes involucradas.

¿Qué se podría realizar de un modo diferente?

Se podría pensar que al iniciar la negociación la postura por parte de SOFSE Central es demasiado rígida, es probable que de haber comenzado de una manera más colaborativa el entendimiento hubiese llegado en una etapa más temprana.



CONCLUSIONES FINALES

A lo largo de esta tesis se puede confirmar que la generación de un modelo de instalación de energía solar fotovoltaica aislada de la red, puede ser aplicado a pasos a nivel ferroviarios e instalados en la República Argentina.

La solución propuesta para el diseño y dimensionamiento del sistema fotovoltaico autónomo y seguro de provisión de energía para pasos a nivel, obtiene eficiencia energética óptima en diferentes condiciones ambientales, a partir del dimensionamiento realizado de los paneles solares, el banco de baterías y el regulador de carga.

Este conjunto planteado, representa la parte medular del modelo fotovoltaico y las posibilidades de integración de este sistema de tecnología a un Paso a Nivel ya construido son muy variadas; hoy en día existen múltiples opciones arquitectónicas posibles, así como gran variedad de soluciones. En este proyecto se ha analizado la opción de integrar los paneles solares en la cubierta del abrigo en forma de diente de sierra y respetando la inclinación de la misma, con el fin de conseguir una integración total de los módulos y el óptimo aprovechamiento de la irradiación solar. En el desarrollo del proyecto no se ha buscado la producción energética, sino que además se ha buscado una disminución de temperatura sobre los paneles solares consiguiendo en su interior unas mejores condiciones térmicas que redundan en un aumento de eficiencia.

La estimación de la energía producida por el sistema es un punto a considerar dentro del diseño, no por la metodología de cálculo sino por la elección del procedimiento a seguir. La elección de una de las tantas fuentes de datos de radiación solar, así como del procedimiento para el cálculo de la energía producida por el sistema y los distintos índices de productividad se presentan como una difícil decisión.

Para definir la viabilidad económica del diseño propuesto, se calculan los indicadores financieros. Para ello se realizó el estudio económico y financiero de la alternativa planteada, en donde se pudo identificar el costo final de la instalación, nuevos gastos



operativos, y los potenciales ahorros. Identificando cada uno de estos componentes, se genera el flujo de fondos propio del proyecto, se calculó el valor actual neto y la tasa interna de retorno. La conclusión fue positiva ya que los indicadores cumplieron con las condiciones para aceptación del proyecto ($VAN > 0$ y $TIR > 0$) sin embargo, es importante destacar que los ahorros generados por el proyecto, se corresponden con una estimación en función del consumo eléctrico normal que tenemos a lo largo del año.

Finalmente, se propuso un marco de negociación para la implementación de esta tecnología entre los diferentes participantes del proceso, SOFSE Central – SOFSE Línea General Roca – ADIF, en donde para lograr la implementación de la energía solar fotovoltaica de forma masiva dentro de la industria ferroviaria es necesario saber que será a través de un proceso.

La utilización de energías renovables en particular solar fotovoltaica, disminuye el impacto ambiental al prescindir de la utilización de energía de red. La industria ferroviaria puede cambiar su fuente de energía, ya que realizando un correcto dimensionamiento, es posible abastecer un Paso a Nivel y satisfacer lo pertinente al señalamiento ferroviario.

Las energías renovables pueden ser una solución para proveer energía a sectores aislados de la energía de red y está visto que aplicado estrictamente al sector Ferroviario es una opción perfectamente posible. Se puede ampliar a estaciones y a material rodante, donde es posible que al llegar a las estaciones se provea una estación de carga rápida para proveer al material rodante de la energía suficiente ya sea para los servicios de a bordo como para energía de tracción.

El camino de las energías renovables está en marcha y aceptado por todo el mundo. El cambio climático viene a consecuencia de la emisión de los gases combustibles, gran parte de ellos provenientes de la generación de energía. Bajo este contexto, es lógico suponer que el sector fotovoltaico experimentará un gran impulso en los próximos años y al mismo tiempo abrirá un gran abanico de posibilidades a los inversores públicos o privados que apuesten por esta tecnología en la industria ferroviaria.



BIBLIOGRAFÍA

Energizar, F. (s.f.). *Cap 4. El Panel Fotovoltaico*.

Energizar, F. (s.f.). *Capítulo 9 - Diseño de un sistema solar fotovoltaico*.

España, ADIF. (2007-2008). *Conceptos Básicos Ferroviarios*. Madrid: Direccion de Formacion Operativa. Centro de Formacion de Circulacion.

Faggiani, H. (2013). *Señalamiento y Telecomunicaciones*. Buenos Aires.

Fisher, R., Ury, W., & Patton, B. (2011). *Getting to yes : negotiating agreement without giving in*. New York: Penguin Random House.

Guevara, J. A. (2017). *Diseno y calculo de una instalacion fotovoltaica aislada*. Madrid, Espana: Universidad Politecnica de Madrid.

Jacovkis, P. M. (2015). *La complejidad del transporte ferroviario en Argentina. Desafíos de una política pública de recuperación y expansión*. Buenos Aires: Centro Interdisciplinario de Estudios Avanzados. Universidad Nacional de Tres de Febrero. Obtenido de <http://untref.edu.ar/sitios/ciea/wp-content/uploads/sites/6/2015/08/La-complejidad-del-transporte-ferroviario-en-Argentina.pdf>

Lamigueiro, O. P. (2020). *Energia Solar Fotovoltaica*. Madrid. Obtenido de <https://oscarperpinan.github.io/esf/ESF.pdf>

Lelic, R. (2008). *Lecciones de Ingenieria Economica y Finanzas*. Buenos Aires: Nueva Libreria SRL.

Museo Municipal Juan Murray. (1997). *Funes y el ferrocarril*. Funes, Provincia de Santa Fe: Gobierno de la Ciudad de Funes. Recuperado el 14 de Noviembre de 2021,



de https://www.funes.gov.ar/museomurray/alumnosydocentespdfs/3_-_funes_y_el_ferrocarril

NASA. (s.f.). *Prediction Of Worldwide Energy Resource*. (N. (. Administration), Editor) Recuperado el 21 de Febrero de 2022, de The POWER Project: [https://power.larc.nasa.gov/#:~:text=The%20Prediction%20Of%20Worldwide%20Energy,%2C%20and%20\(3\)%20Agroclimatology](https://power.larc.nasa.gov/#:~:text=The%20Prediction%20Of%20Worldwide%20Energy,%2C%20and%20(3)%20Agroclimatology).

Nelson, P. (2020). *Técnicas de la Comunicación*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina: Patricio Nelson.

Nocetti Núñez, V. (2007). *Fundamentos de Negociación*. (S. D. Docentes, Ed.) *Año 5*, (1). doi:<http://dspace.utalca.cl/handle/1950/3833>

Perpiñán Lamigueiro, Ó., Colmenar Santos, A., & Alonso Castro Gil, M. (2012). *Diseño de sistemas fotovoltaicos*. Promotora General de Estudios, S.A.

Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética. (2019). *Introduccion a la generacion distribuida de energias renovables*. Secretaria de Gobierno de Energia. Obtenido de <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/introduccion-a-la-generacion-distribuida-de-er.pdf>

Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética. (2019). *Manual de generacion distribuida solar fotovoltaica*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Secretaría de Gobierno de Energía.



ANEXOS

Anexo 1: Entrevista a Hernán Socolosky

- Jefe de Departamento Energía Solar en Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)
- Profesor ECyT-UNSAM (carreras Ing. Electrónica y Espacial)

¿Cómo ve la industria de las energías renovables, en particular fotovoltaica, en la República Argentina?

En principio hay que hacer una diferenciación entre el mercado y la industria de las energías renovables.

El mercado va a continuar creciendo porque Argentina no escapa a la realidad global, donde las energías renovables empiezan a ser cada vez más protagonistas en la matriz energética. Por lo tanto, el país crecerá en potencia instalada tanto en energía eólica, como en fotovoltaica.

Desde el punto de vista de la industria solar fotovoltaica, la mayor cantidad de componentes son importados, paneles solares e inversores para inyección de energía a la red, tanto para plantas de potencia o como para pequeñas instalaciones domiciliarias. Sólo un pequeño nicho como las estructuras y componentes auxiliares son fabricados en el país.

Este es un punto que representa una de las críticas más comunes que se le hace a la industria fotovoltaica en nuestro país, argumentando que no tiene un valor agregado nacional muy alto, más allá de los instaladores que representan una gran cantidad de fuentes de trabajo.

La parte eólica, en cambio, si tiene componentes que se fabrican en el país como parte de las torres de los aerogeneradores.



La industria de las energías renovables no crece en las mismas proporciones que lo hace el mercado, se espera que esto cambie en los próximos años de la mano de políticas que favorezcan el desarrollo de componentes nacionales.

¿Se puede pensar en un corto/mediano plazo pasar a un esquema de generación sustentable del nivel de otros países latinoamericanos?

Esto sería posible siempre y cuando se deje de subsidiar a las energías provenientes de fuentes fósiles. Los subsidios al gas y al petróleo que existen en nuestro país hacen que las tarifas de energía eléctrica que paga el consumidor sean muy económicas y eso desalienta la adopción de fuentes de energía renovables, es decir no genera ningún tipo de incentivos. Bajo estas condiciones amortizar los sistemas, ya sea grandes centrales de potencia o pequeñas instalaciones domiciliarias lleva muchos años.

Resulta necesario que se adopten precios para la energía proveniente de fuentes fósiles que estén en consonancia con los precios de la región y del resto del mundo para ,a partir de ello, que se torne más conveniente económicamente la adopción de fuentes renovables de energía.

¿Los niveles de Irradiancia del norte argentino lo posicionan como un buen lugar para establecer parques solares de generación fotovoltaica?

Respecto a los niveles de irradiancia del norte argentino se puede decir que se obtienen registros que son record mundial, al igual que en Chile en la zona del desierto de Atacama donde hay una cantidad de radiación solar enorme. Es decir que desde el punto de vista del recurso energético es una maravilla la región que tenemos.

Lo interesante es que no se necesitan tener los mejores valores de recurso energético para desarrollar esta industria, el caso más emblemático es Alemania donde creció en



gran medida el sector de la mano de la generación distribuida¹³ en casas particulares. Alemania superó los 40 Gw de penetración por generación distribuida, siendo destacable mencionar que Alemania se encuentra a la misma latitud que Santa Cruz con valores de irradiancia que ni por asomo se comparan con los que posee nuestro país. Esto da cuenta del potencial que tiene la República Argentina ya que desde el punto de vista natural se puede decir que hemos sido beneficiados, sólo falta que como sociedad demos el siguiente paso y comencemos a aprovechar este recurso que poseemos.

¿La Republica Argentina puede aspirar en el futuro a ser un fabricante de paneles solares?

Desde el punto de vista técnico y de sus capacidades la República Argentina podría fabricar paneles y celdas solares. Tenemos antecedentes al respecto como por ejemplo la planta de módulos fotovoltaicos que hay en la provincia de San Luis LV Energy S.A.¹⁴ y en la provincia de San Juan el EPSE¹⁵ se encuentra participando de un proyecto que contempla la fabricación de paneles solares en sus tres etapas. Lo que representa el crecimiento del lingote de silicio cristalino a partir de silicio grado metalúrgico, luego la fabricación de la celda solar y por último la laminación del módulo fotovoltaico.

Se espera que en los próximos años se ponga en marcha este proyecto, iniciando operaciones con la planta de laminación de módulos fotovoltaicos a partir de celdas importadas para luego poner en funcionamiento la planta de fabricación del lingote de silicio cristalino para poder fabricar las celdas solares.

Desde el punto de vista de la competitividad el panorama es más complejo ya que las plantas solares de celdas y paneles del mundo se encuentran concentradas en China, quien se convirtió en el principal productor para el mercado europeo y de Estados Unidos.

¹³ Generación distribuida: Es la energía eléctrica generada mediante fuentes renovables en el mismo punto de consumo por parte de los usuarios conectados a la red eléctrica de distribución.

¹⁴ LV Energy S.A.: Es una empresa argentina, productora de paneles fotovoltaicos fundada en 2013

¹⁵ EPSE.: Ente Provincial Sociedad del Estado



Tienen allí economías de escala que hacen muy complejo que podamos posicionarnos de manera competitiva como productores.

Más allá de esto, podríamos tener algunas plantas de fabricación a baja escala pero solo teniendo un apoyo por parte del estado para que pueda competir con la escala de miles de Gw que tiene la industria fotovoltaica China.

¿Ve factible la aplicación de la energía solar fotovoltaica en el ámbito ferroviario para abastecer sectores aislados de la energía de red o mejorar servicios de abordó en el Material Rodante?

Veó perfectamente posible la aplicación de energía solar fotovoltaica al ámbito ferroviario en aplicaciones aisladas o de baja potencia para la señalización, telemetría o sensores remotos. Los sistemas fotovoltaicos autónomos han demostrado un alto nivel de confiabilidad y gran autonomía respecto al mantenimiento excepto por los bancos de baterías.

Realizando un análisis a futuro se puede pensar a las energías renovables como el socio ideal en la generación de hidrógeno verde, la cual se basa principalmente en la acumulación de hidrógeno por medio de la electrólisis producida con fuentes de energía renovables como la fotovoltaica o la eólica. Hay una tendencia en el sector de transporte en general, tanto automotriz como ferroviario, de migrar del combustible fósil hacia el hidrógeno verde.



Anexo 2: Detalle del análisis financiero del proyecto

Resumen	Año de operación											
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
TC		106,00	174,91	239,63	318,79	398,36	438,20	473,26	511,12	552,01	596,17	625,98
Incremento Costos IPC		51%	54%	38%	33%	28%	10%	5%	5%	5%	5%	5%
Aumento Tarifa			50%	40%	33%	28%	10%	5%	5%	5%	5%	5%
Potencia Instalada												
Potencia Unitaria Panel												
Rendimiento			97,00%	96,30%	95,60%	94,90%	94,20%	93,50%	92,80%	92,10%	91,40%	90,70%
Precio remunerado al Generador Solar (EDSSA)		5,424	5,42	8,14	11,43	15,21	16,73	17,56	18,44	19,36	20,33	21,35
Precio remunerado al Generador Solar (EDSSA)												
Precio remunerado al Generador Solar (EDSSA)			0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03
Hipótesis	Generación		830	824	818	812	806	800	794	788	782	776
Ingreso	Ingreso por Generación	USD	26	28	29	31	31	30	29	28	27	26
	TOTAL INGRESOS	USD	26	28	29	31	31	30	29	28	27	26
Costo	Mantenimiento/Reposición equipamiento	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL CARGOS Y COSTOS	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Resumen	Año de operación																
		2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2041	
TC	Concepción	657,28	676,61	696,52	717,01	738,11	759,83	799,83	797,82	837,72	879,62	923,61	969,80	1018,30	1069,22	1122,70	
Incremento Costos IPC		5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%		
Aumento Tarifa		5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%		
Potencia Instalada		640															
Potencia Unitaria Panel		340															
Rendimiento		90,00%	89,30%	88,60%	87,90%	87,20%	86,50%	85,80%	85,10%	84,40%	83,70%	83,00%	82,30%	81,60%	80,90%	80,20%	
Precio remunerado al Generador Solar		5,424															
EDPSA		22,42	23,54	24,72	25,95	27,25	28,61	30,04	31,55	33,12	34,78	36,52	38,35	40,26	42,28	44,39	
Precio remunerado al Generador Solar		0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
EDPSA		0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	
Hipótesis	Generación	KWh	770	764	758	752	746	740	734	728	722	716	710	704	698	692	686
Ingreso	Ingreso por Generación	USD	26	27	27	27	28	28	29	29	29	28	28	28	28	27	27
	TOTAL INGRESOS	USD	26	27	27	27	28	28	29	29	29	28	28	28	28	27	27
Costo	Mantenimiento/Reposición equipamiento	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL CARGOS Y COSTOS	USD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0