

Universidad Internacional de las Américas



Escuela de Ingeniería Electromecánica

Proyecto de Graduación

**MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE
BACHILLERATO EN INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA**

Título: Diseño fotovoltaico adecuado para un edificio administrativo

Rafael Humberto Méndez Quirós

San José, Costa Rica

Año 2019

Índice

Tablas	4
Dedicatoria y agradecimientos	5
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	6
Justificación	7
Problema	8
Objetivos	8
Objetivos específicos.....	8
Proyecciones.....	9
Limitaciones	9
Antecedentes	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	14
Paneles solares.....	15
Tipos de paneles solares	16
Funcionamiento de los paneles solares	16
Ventajas de los paneles solares	17
Desventajas de los paneles solares	18
Paneles monocristalinos.....	19
Módulos policristalinos.....	19
Información sobre la colocación de paneles en Costa Rica	21
Inversores	21
Microinversor.....	22
Conexión en paralelo	23
Conexión en serie	23
Procedimiento para el cálculo de una instalación fotovoltaica.....	23
Inclinación de placas solares	26
Cálculo del inversor	27
Cálculos financieros	28
Valor actual neto.....	28
Tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR)	30
Artículos y normativa técnica AR-NT-POASEN vigente en Costa Rica.....	33
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	39

Enfoque de la investigación	39
Métodos de investigación	39
Fuentes de información	40
Variables o categorías de análisis.....	40
Instrumentos	40
Proceso de recolección y análisis de datos	41
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS	42
Diagnóstico de la empresa.....	42
Información recolectada	42
Selección del panel solar.....	45
Caso 1	46
Cálculo de paneles solares.....	46
Caso 2	51
Caso 3	52
Caso 4	53
Caso 5	54
Caso 6	56
Análisis financiero	57
Análisis financiero del diseño fotovoltaico, caso 1	58
Análisis financiero del diseño fotovoltaico, caso 2.....	61
Análisis financiero del diseño fotovoltaico del caso 3.....	62
Análisis financiero del diseño fotovoltaico, caso 4.....	64
Análisis financiero del diseño fotovoltaico, caso 5.....	65
Análisis financiero del diseño fotovoltaico, caso 6.....	67
Tabla de resumen para el análisis financiero.....	69
Cálculo de los conductores y las protecciones contra sobretensión	70
Cálculo de caída de tensión	72
Capítulo V. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES	74
Recomendaciones	75
Capítulo VI. Propuesta	76
Planteamientos de diseño.....	76
Propuesta de implementación del diseño	76

Bibliografía	87
Apendices	88

Tablas

Tabla 1. HORAS SOLARES PICO	43
Tabla 2 Consumo energético de la empresa. Periodo oct. 17-set. 18	44
Tabla 3. Consumo eléctrico de la empresa en el último año.....	44
Tabla 4. Horas solares pico	45
Tabla 5. Potencia generada por mes del sistema de paneles solares con potencia de 9.92 kW/h	48
Tabla 6. Generación fotovoltaica con sistema de 32 kW/h y su relación con el consumo actual.	53
Tabla 7. Análisis de consumo energético en el periodo de un año.	55
Tabla 8. Generación fotovoltaica con sistema de 7.040 kW/h y su relación con el consumo actual.	56
Tabla 9. Resumen de cada uno de los casos.....	57
Tabla 10. Análisis de consumo energético en el periodo de un año.	59
Tabla 11. Resumen de datos para inversión inicial.....	60
Tabla 12. Resultados del análisis financiero.	61
Tabla 13. Resumen de datos para la inversión inicial.....	61
Tabla 14. Resultados del análisis financiero.	62
Tabla 15. Resumen de datos para la inversión inicial.....	63
Tabla 16. Resultados del análisis financiero.	63
Tabla 17. Recuperación de la inversión a 20 años.....	64
Tabla 18. Resultados del análisis financiero.	64
Tabla 19. Resumen de datos para inversión inicial.....	65
Tabla 20. Resultados del análisis financiero.	65
Tabla 21. Resumen de datos para la inversión inicial.....	66
Tabla 22. Resultados del análisis financiero.	66
Tabla 23. Resultados del análisis financiero.	67
Tabla 24. Recuperación de la inversión a 20 años.....	67
Tabla 25. Resumen de datos para la inversión inicial.....	68
Tabla 26. Resultados del análisis financiero.	68
Tabla 27. Recuperación de la inversión a 20 años.....	69
Tabla 28. Tabla de resumen de cada uno de los casos.....	69

Dedicatoria y agradecimientos

Esta tesis se la dedico a mis padres Humberto y Yorleny porque siempre me han dado su apoyo, consejos, comprensión, ayuda en momentos difíciles y guía para que yo sea una mejor persona. Un agradecimiento especial a mi padre por su apoyo incondicional a mis proyectos y porque desde mi temprana edad me enseñó a ponerme metas y a no rendirme hasta cumplirlas; e igualmente por la paciencia que tuvo ante mis errores y porque siempre creyó en mí para que yo saliera adelante. A mi madre, gracias infinitas por todo ese amor y por los valores que desde pequeño no solo me enseñó sino que me mostró; por el amor y la paciencia que tuvo para corregirme cuando era necesario y por ayudarme a levantarme cuando más lo necesité. A mi hermano, por apoyarme siempre en la carrera y por su ayuda para que yo culminara un proceso de años de estudio; por su confianza y por el respaldo dado a lo largo de este proceso.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En la última década, tanto en entornos urbanos como en lugares aliados, los países han estado impulsando el uso de energías renovables como la energía solar. Para poder aprovechar esa energía se utilizan sistemas fotovoltaicos, los cuales se definen como un conjunto de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos utilizados para aprovechar dicha energía.

La tecnología solar fotovoltaica ha demostrado en los últimos años que con el adecuado marco regulatorio vigente puede ser un factor importante para alcanzar los objetivos de muchos países considerados fuentes de energía renovable. Las mejoras tecnológicas y las economías de escala han estimulado la reducción de costos constantes y continuarán en los próximos años como la industria fotovoltaica que avanza hacia la competitividad con las fuentes de energía convencionales.

Pero ya hoy en día la energía solar fotovoltaica es más barata de lo que muchas personas piensan. En los próximos años la tecnología será aun más rentable y competitiva; por lo tanto, calificará como una parte vital del futuro energético de Costa Rica. Bajo las condiciones adecuadas de política y de mercado, la competitividad con la red eléctrica se puede conseguir en algunos mercados y luego se extenderá por todo el continente en los diferentes segmentos del mercado.

Justificación

Como su finalidad, en el presente proyecto se diseña un sistema fotovoltaico para el edificio administrativo de Coopeimsermu.

Los beneficios que por ese motivo tenga la empresa serán de tipo económico y con ellos se garantizarán la confiabilidad y disponibilidad en la planta de producción de manera eficiente. Con este sistema se busca la disminución de la tarifa mensual del consumo eléctrico de la institución, ya que esta tiene un alto consumo debido a la gran cantidad de equipos y de toda la iluminación del edificio.

En el aspecto teórico esta investigación aporta conocimientos aplicables a redes de baja tensión, que son proyectos de redes inferiores a 600 voltios. La aplicación de la normativa vigente y las recomendaciones surgidas de esta investigación son de carácter obligatorio para todo proyecto por desarrollar, tanto en su etapa de diseño como en su fase de construcción.

Lo anterior porque apenas hace unos años en el país se oficializó la aplicación obligatoria de un código eléctrico que al día de hoy presenta muchas deficiencias, razón por la cual se considera relevante este estudio.

Problema

¿Cuál es el mejor diseño de un sistema fotovoltaico para las instalaciones del edificio administrativo de Coopeinsermu?

Objetivos

Diseñar un sistema fotovoltaico para las instalaciones del edificio administrativo de Coopeinsermu, ubicado en la provincia de Cartago, sobre la carretera Interamericana.

Objetivos específicos

- Recopilar información sobre la irradiación solar de que se dispone en el área para determinar la cantidad de paneles solares necesarios de instalar.
- Analizar las cargas actuales en Kw/H que se consumen en el edificio.
- Determinar el área por utilizar para la instalación de los paneles y verificar las condiciones de dicha zona.
- Seleccionar la mejor alternativa de implementación posible por conectar a la red.
- Realizar un análisis financiero para ver si el proyecto tiene algún costo-beneficio con respecto a los paneles solares.

Proyecciones

Diseñar un sistema fotovoltaico con sus respectivos cálculos y seleccionar los equipos adecuados para suministrar energía eléctrica a las instalaciones del edificio administrativo de Coopeinsermu. Al final se entregará un disco compacto con una memoria de cálculo, un diagrama unifilar y el costo de la implementación del proyecto, así como con un plano eléctrico.

Limitaciones

Debido a que se trata de una empresa de carácter privado, las normativas que se aplican generan actos tardados, los que limitaron el tiempo para recolectar información y no permitieron realizar visitas para examinar el lugar.

Por las dificultades presentadas al indagar sobre precios nacionales se averiguó primeramente sobre precios internacionales, y esto pudo haber ocasionado que hubiera una diferencia en los precios finales del proyecto.

Antecedentes

El autor Marco, en su trabajo llamado *Diseño de un sistema de generación fotovoltaica para el Centro Nacional de Control*, del 2017, indica que la utilización de energías renovables es muy antigua. Los molinos y la navegación de vela son dos ejemplos claros de este uso. En la actualidad las energías renovables constituyen fuentes de abastecimiento energético autóctonas y respetuosas con el ambiente.

Las fuentes renovables de energía pueden dividirse en dos categorías: no contaminantes o limpias y contaminantes.

Las contaminantes se obtienen a partir de la materia orgánica o biomasa, y se pueden utilizar directamente como combustible (madera u otra materia vegetal sólida), o convertidas en bioetanol o biogás, mediante procesos de fermentación orgánica; o en biodiesel mediante reacciones de transesterificación y de los residuos urbanos.

El objetivo de este estudio es diseñar un sistema de generación fotovoltaica para el Centro Nacional de Control de Energía, para su sede en Cañas, Guanacaste. El edificio cuenta con un área utilizable en cubiertas de techo de alrededor de 500 m², la cual puede ampliarse a 800 m² si se incluye el área de parqueos. El consumo promedio, medido en los meses de junio del 2016 a abril del 2017, es de 87 MWh/mes, y el promedio mensual de la potencia pico, en ese mismo período, es de 236 kW. Utilizando herramientas de diseño asistido por computadora se determina un diseño de 510 paneles solares de 265W (136 kWp) y 6 inversores, para una potencia pico de 105 kW. Esta configuración genera mensualmente un promedio de 22,4 MWh/mes y una reducción de potencia pico de 10 kW, lo que significa un ahorro anual estimado en USD 36 148,80. El costo de esta fórmula se estima en USD 246 594,00. Bajo esas condiciones, utilizando una tasa de descuento

anual de 12%, se obtienen, a 10 años, un VAN de (USD 42 345,23) y una TIR de 8%, y a 25 años un VAN de USD 36 926,04 y una TIR de 14%. EL período de recuperación de la inversión sin descontar es de aproximadamente siete años y quince años, descontado a 12% anual.

Además, en el estudio se hace referencia al impacto ambiental ya que todas las fuentes de energía producen algún grado de impacto ambiental. La energía geotérmica puede ser muy nociva si se arrastran metales pesados y gases de efecto invernadero a la superficie. La eólica produce impacto visual en el paisaje y ruido de baja frecuencia, y puede ser una trampa para aves. La energía solar se encuentra entre las menos agresivas o dañinas debido a la posibilidad de generación distribuida, salvo la termoeléctrica, que es producida en grandes plantas de conexión a red, que generalmente utiliza una gran extensión de terreno. Institución: Universidad Internacional de las Américas.

Como segundo antecedente está el texto de Stephanie Ventura Montoya con el título *Regulación de la actividad de generación, transmisión y distribución eléctrica en el mercado nacional y regional*, que es un estudio o análisis del marco normativo legal que la Asamblea Legislativa de Costa Rica tiene en sus manos como propuesta para la nueva Ley General de Electricidad, expediente N.º 17.812. También está el 17.811, propuesto por las cooperativas Coneléctricas, Coopealfaroruiz, Coopeguanacaste, Coopesantos y Coopelesca. Tales leyes llegarán a definir las bases de la industria eléctrica dada la apertura a la cual se enfrenta el país. El modelo de electricidad que ha existido en el país con respecto a la generación y a la distribución de la electricidad ha estado en manos del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Esto por medio del Decreto-Ley N°49 del 21 de abril de 1949, primeramente como un monopolio estatal regulado por la Ley N°7593 de la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos, N.º 7593 del 09 de agosto de 1996. Actualmente, debido a la apertura del mercado de las telecomunicaciones, los seguros, la

electricidad, entre otros, se requiere una modificación de ese marco regulatorio. En el caso específico del mercado eléctrico, la apertura sería inaplicable pues en muchos aspectos la regulación no estaría acorde con las nuevas exigencias del mercado.

Es importante determinar si en estos proyectos de ley se consideraron los estudios realizados por la Comisión de Integración Energética Regional, ya que al incursionar Costa Rica en la competencia, e inclusive en la distribución de nivel regional de la electricidad, es recomendable ajustarse a las necesidades y exigencias actuales, para que tanto el Instituto Costarricense de Electricidad como los consumidores obtengan el mejor servicio por su dinero.

La energía es uno de los bienes fundamentales de la sociedad costarricense y por eso con una eventual apertura se daría un cambio que exigiría definir claramente los elementos básicos de la industria eléctrica nacional, para entrar en el mundo de la competencia y la producción de energía en armonía con el desarrollo sostenible. El nuevo marco regulatorio del mercado de electricidad necesitará un análisis integral del mercado eléctrico nacional y del mercado eléctrico regional centroamericano. La hipótesis planteada es que los proyectos de Ley General de Electricidad se adecuan a las necesidades del país, si se utilizan fuentes de energía renovables y un modelo integral para la generación, transmisión y distribución eléctrica en los mercados nacional y regional.

El objetivo general es analizar los proyectos de ley que se encuentran en la Asamblea Legislativa con respecto a la nueva Ley General de Electricidad, para determinar el marco legislativo y los cambios necesarios para la correcta aplicación de un marco jurídico funcional dentro del ordenamiento jurídico costarricense.

La metodología por utilizar en este estudio será la de carácter exploratorio-descriptivo. El método exploratorio-descriptivo es aquel que permite investigar sobre un tema poco estudiado a

partir de información bibliográfica. Este tipo de estudios sirven para familiarizarse con temas poco explorados y para obtener información más completa. En este caso se parte de un contexto particular de un estudio hecho para la Universidad de Costa Rica.

Como tercer antecedente, en el presente trabajo se utiliza el del autor Héctor Domínguez González, cuyo objetivo principal era el diseño de un sistema fotovoltaico para generación de energía eléctrica en el CABAEV 35, Xalapa, aplicado en el año 2012 en la institución de la Universidad Veracruzana; en este caso para generar energía eléctrica en un edificio que está recibiendo su suministro eléctrico de la de la red convencional. También se utiliza una ecuación para el cálculo de la radiación diaria, datos que serán de gran ayuda para poner en marcha el proyecto.

En el documento referido se menciona que se hace una investigación de las reformas energéticas existentes. Además, otro punto importante que se menciona es el de que se debe cumplir con los requisitos para la factibilidad del proyecto de apertura de fuentes de energía renovable. En este caso se hace un diagnóstico energético para cumplir con los requisitos requeridos para los financiamientos; en otras palabras, se efectúa un análisis financiero para calcular la rentabilidad del proyecto.

Por otra parte, el autor menciona que este tipo de tecnología presenta diferentes ventajas, tales como: instalación simple, empleo de una fuente de energía limpia y gratuita; su operación es automática y silenciosa, requiere poco mantenimiento, y es amigable con el ambiente. Además, menciona que el mantenimiento de este tipo de sistemas es relativamente sencillo y de bajo costo.

El presente documento puede ser de gran utilidad ya que, además de poder utilizarse como referencia teórica, de él se pueden tomar en cuenta una gran variedad de conceptos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

La energía solar es aquella que emana del núcleo del sol. Se produce debido a una reacción nuclear de fusión y debido a las condiciones de intensa gravedad a las que está sometido. El sol, que está compuesto principalmente por hidrógeno, en condiciones específicas se funde para producir helio.

La tierra, que se encuentra cercana al sol, recibe su energía de distintas maneras, de modo que la atmósfera y la magnetosfera filtran gran parte de la radiación solar nociva, pero dejan pasar las longitudes de onda correspondientes a la luz visible y al infrarrojo, de manera que lo que más se recibe es luz y calor.

Es una energía que se ha convertido en una de las más utilizadas en funciones motoras para la vida, tal y como se conoce, ya que promueve los más variados efectos sobre la superficie del planeta, entre otros: los vientos, la formación de nubes y lluvia, o los cambios climáticos alrededor del globo.

El hombre ha querido buscar y encontrar las más diversas maneras de aprovechar esta energía y convertirla en el soporte de la vida en la tierra.

Es por ello que en estos momentos la tecnología viene siendo fuertemente optimizada para captar esta energía proveniente del sol y convertirla en energía de uso humano, como la electricidad y el agua caliente.

Electricidad a partir de la energía solar. Al hablar de la energía solar como una energía renovable se tiene que hacer mención, además, al hecho de contar con transductores que permitan convertir diversas formas de energías naturales en energías utilizables por el hombre.

Para transformar la energía del sol en energía que se pueda utilizar en la vida diaria se necesitará una célula fotoeléctrica, que es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía luminosa en energía eléctrica, mediante el aprovechamiento de un proceso llamado efecto fotoeléctrico.

El proceso consiste en que la luz, que llega en forma de fotones, impacta sobre una superficie construida principalmente por silicio (los paneles solares) y que emite electrones que al ser capturados producen corriente eléctrica.

En la actualidad se está experimentando con celdas fotovoltaicas de doble cara, que con la ayuda de superficies reflectantes puedan duplicar la eficiencia y ampliar la superficie expuesta a la luz solar.



FIGURA 1. ENERGÍAS RENOVABLES

Fuente: Ambientesoluciones.com

Estas celdas son las que se conocen como paneles solares fotovoltaicos y que emplean una tecnología tan avanzada y precisa como compleja. (Vilora, Energías renovables , 2013)

Paneles solares

Los paneles fotovoltaicos son estructuras usadas con el fin de aprovechar la luz solar y forman parte de los diversos instrumentos utilizados con este fin. Es un aparato que capta la energía de los rayos solares para aprovecharlos al máximo. Cuando se habla de panel solar se hace

referencia tanto a los colectores solares usados para calentar el agua en casa con el sol, así como a los paneles o plantas fotovoltaicas empleados para producir electricidad usando los fundamentos de la energía solar fotovoltaica.

Es importante decir que esas radiaciones radio-magnéticas que envía el sol en forma de energía, percibida como luz y calor, se aprovecha desde hace mucho tiempo atrás, y que no es nada nuevo, pero lo que sí es muy actual es la importancia del aprovechamiento de esta energía debido al “rumbo” que se dice que lleva este planeta.

Tipos de paneles solares

Paneles fotovoltaicos

Los paneles fotovoltaicos son los que contienen celdas que se encargan de transformar la energía proveniente del sol en electricidad.

Paneles solares térmicos

Este tipo de paneles funciona al colectarse la energía para obtener calor. Muy comúnmente son utilizados en calentadores para el agua (calentadores solares), en que cada panel tiene placas solares que son receptoras y que están conectadas a conductos por los que circula el líquido que se desea calentar.

Funcionamiento de los paneles solares

La forma en que funcionan los paneles fotovoltaicos se fundamenta en la acción fotovoltaica producida cuando chocan los rayos solares con las placas hechas de materiales semiconductores que han sido debidamente tratados. Con esto se logra generar electricidad.

En otras palabras, los paneles fotovoltaicos funcionan al absorber la luz del sol. Para ello es importante saber cuánta luz es captada ya que esta será proporcional a la energía que puede suministrar.

Cuando la luz incide en la superficie del panel fotovoltaico parte de la radiación es reflejada, y la otra es transmitida por los conductores que tiene cada celda solar del panel.

Las células fotovoltaicas o solares (el módulo de menor tamaño del material semiconductor que es capaz de generar electricidad) se ordenan de diferentes formas para alcanzar el voltaje y la potencia deseados, para así lograr que la energía del sol se termine convirtiendo en energía consumible. (Ecologica, Recuperado en junio 2019)

Ventajas y desventajas de los paneles solares

El uso de paneles fotovoltaicos ha sido de gran ayuda en lo que respecta a generar energía. Las ventajas son muchas y por lo general superan con creces las desventajas. Sin embargo, el camino hacia el uso de nuevas fuentes de energías limpias ha resultado cuesta arriba y se han presentado dificultades para implementarlas. Las ventajas y las desventajas de los paneles fotovoltaicos son.

Ventajas de los paneles solares

La ventaja por excelencia del uso de módulos solares es que es una manera de obtener energía limpia de una fuente de la naturaleza que es en esencia ilimitada. No se necesita usar combustibles fósiles ni energía del tipo nuclear para esto. El petróleo está acabándose y no se puede depender ya de él. La energía solar es una que no produce residuos contaminantes en contraste con las obtenidas de otras fuentes limitadas, que generan gases dañinos para la atmósfera.

Estos módulos solares permitirán ahorrar energía y dinero. Instalarlos no es para nada complicado y pueden durar mucho tiempo funcionando. El mantenimiento no es costoso ni engorroso.

Si se instala un panel solar los beneficios serán casi eternos y se tendrá energía eléctrica hasta que el sol se apague, y nunca lo hará.

Es posible liberarse del monopolio de las empresas eléctricas pues cada quien puede suministrarse su energía gracias a estos innovadores aparatos.

Desventajas de los paneles solares

Parece contradictorio pero, aunque los paneles fotovoltaicos generan energía limpia, para poder fabricarlos es necesario utilizar energías contaminantes. Se debe obtener silicio y arseniuro de galio de las profundidades de la tierra y luego someterlos a diferentes procesos para que puedan formar parte del panel solar, y esto requiere un proceso contaminante.

Tipos de paneles fotovoltaicos

Los diferentes tipos de paneles son clasificados por sus diferentes tipos de células fotovoltaicas. SFE Solar Logistic SL (2017) indica:

“Con base en lo dicho, las cosas no han cambiado demasiado en los últimos 10-15 años, estamos en 2017 y sigue habiendo tres tecnologías que destacan sobre el resto y que son las que se instalan en el 90% de los sistemas fotovoltaicos actuales. Hablamos de los módulos solares monocristalinas, policristalinas y amorfas”.

Paneles monocristalinos

Como su propio nombre lo dice, las placas solares monocristalinas están compuestas por células monocristalinas. Son ese tipo de células que a simple vista se pueden diferenciar por su color “negro” y por las esquinas recortadas con un chaflán (resultado del corte de la célula).

El modo más común de fabricación de células de silicio monocristalino (sc-Si) consiste en partir de un lingote de un único cristal de silicio, obtenido por los métodos de Czochralski (Cz) o zona flotante (FZ), y cortarlo en obleas que constituyen el sustrato en el que tendrá lugar todo el proceso restante (unión “p-n”, metalización, etc.).

Además de eso los paneles solares monocristalinos son los que mayor eficiencia tienen de entre todos los disponibles en el sector.

Módulos policristalinos

Al igual que se comentó de los modelos monocristalinos, los paneles solares policristalinos están compuestos, en este caso, por células policristalinas. Se pueden diferenciar por su color “azulado” y porque no tienen el chaflán en las esquinas como los monocristalinos.

Las células de silicio policristalino (mc-Si) también utilizan obleas de silicio como sustrato pero, a diferencia de las monocristalinas, estas proceden del corte de un bloque de silicio que se ha dejado solidificar lentamente en un crisol, y que está formado por muchos pequeños cristales de silicio. Este tipo de elaboración es menos costosa que el anterior, pero reduce considerablemente la eficiencia de las células.

Según los avances más recientes, las cortadoras de obleas con diamante utilizadas por fabricantes como SolarWorld, han supuesto una mejora en la eficiencia de la utilización del silicio

(se desperdicia menos cantidad de material) y permiten obtener obleas de menos 200 micras de espesor, aunque este espesor está cerca de su límite físico, pues se debe tener en cuenta que la célula debe ser lo suficientemente resistente para que no se rompa en su posterior manipulación para la fabricación del panel.

Además de lo indicado, se ha logrado mejorar las pérdidas por reflexión y una mejor captación de la luz en el interior de la célula mediante técnicas de texturizado y tratados antirreflectantes.

- Se han practicado en la célula una serie de microperforaciones en forma de pirámide invertida que lo que hacen es ayudar a mejorar la captación de la luz solar de la célula y, en consecuencia, del panel solar.
- La parrilla conductora que forma el contacto frontal de la célula suele consistir en una serie de “dedos” que están en contacto directo con el semiconductor y que se conectan entre sí mediante unas tiras metálicas (lo que suele llamarse Bus Bar).

El diseño de estos “dedos” y los Bus Bar que cubren la célula afectan la eficiencia de dos maneras:

Por un lado, implica un sombreado que impide que parte de la radiación disponible alcance el interior de la célula y, por otro lado, introduce una resistencia, debida a la unión metal-semiconductor y a la propia resistencia del material empleado. En este sentido se ha evolucionado desde la técnica convencional del serigrafiado hasta la de contacto enterrado mediante láser, y se ha conseguido mejorar en 25% la eficiencia de la célula, apenas elevando su costo de fabricación.

Tanto las células mono como las policristalinas descritas tienen unas características eléctricas aproximadas de 0,5 voltios en circuito abierto (Voc) y unos 3 amperios en cortocircuito (la intensidad es directamente proporcional al área de la célula).

Como es lógico, una vez obtenidas las células se ensamblan y pasan por un proceso de producción hasta dar lugar a lo que se acaba viendo en la instalación fotovoltaica, que son los paneles solares monocristalinos o policristalinos, según el tipo de célula. (Solar, Recuperado Junio 2019)

Información sobre la colocación de paneles en Costa Rica

La colocación de un panel solar en Costa Rica solo se recomienda mediante un estudio de ingenieros eléctricos de la Universidad de Costa Rica, quienes indicaron que en San José centro la posición óptima es de 26 grados de inclinación, con una desviación hacia el este (desde el sur) de 68 grados. En esta posición un sistema fotovoltaico de 2 kW produciría diariamente 7,69 kWh (kilowatt hora), más de la energía necesaria para una vivienda. Un hogar costarricense consume en promedio 7 kWh por día, 220 kWh por mes.

En el estudio se demostró que los sitios con mayor producción son Alajuela con 4 kWh por día (con sistema de 1 kW), Santa Ana, San José y Cartago; mientras que Limón es la zona con más baja producción, con 3,2 kWh por día (con sistema de 1 kW). La producción en cada zona se ve afectada también por factores climáticos como la temperatura en la superficie del panel y la precipitación que interfiere en la llegada de la irradiación a los paneles solares, explicó el Dr. Rojas.

Para la estructura en el momento de instalar los paneles solares se recomienda que sea de acero inoxidable y aluminio. (UCR, 2017)

Inversores

Los inversores son convertidores de corriente continua a corriente alterna que permiten transformar la corriente continua que producen los paneles y almacenan las baterías en corriente alterna. Esto permite usar los aparatos convencionales. Uno de los requisitos de los inversores es

tener una eficiencia alta. Deben estar protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas, incorporar rearme y desconexión automática cuando no se está empleando ningún tipo de corriente alterna, admitir demandas instantáneas de potencias mayores de 200% de su potencia máxima, y cumplir con los requisitos que para instalaciones de 220 V de corriente alterna establece el reglamento electrotécnico de baja tensión.

Microinversor

Los microinversores contrastan con los inversores de cadena convencional o dispositivos de inversión central, que están conectados a múltiples paneles solares, por lo que se debe cambiar el inversor cuando se añaden uno o más paneles solares nuevos a la instalación inicial.

Los microinversores tienen varias ventajas sobre los inversores centrales convencionales. La principal ventaja es que cuando se presentan una pequeña cantidad de sombra, escombros o líneas de nieve sobre un mismo panel solar o si, incluso, o falla completamente un panel, no se reduce de manera desproporcionada la producción de todo el conjunto. Cada microinversor recoge la cantidad de energía óptima mediante la realización del seguimiento del punto de máxima potencia para su panel conectado. También, son fáciles de diseñar y almacenar, ya que normalmente hay un único modelo de convertidor que se puede utilizar con cualquier tamaño de matriz o conjunto y con una amplia variedad de paneles.

El microinversor que acepta la entrada a partir de dos paneles solares, en lugar de uno, es un desarrollo reciente. Lleva a cabo el seguimiento del punto de máxima potencia de forma independiente en cada panel conectado. Esto reduce el costo del equipo y convierte los sistemas fotovoltaicos basados en microinversores comparables en costo con el uso de los inversores de cadenas. (Serrano, 2016)

Conexión en paralelo

La conexión en paralelo se realiza conectando, por un lado, todos los polos positivos de la placa de la instalación solar, y, por el otro, conectando todos los polos negativos. De esta forma se mantiene el voltaje o tensión (voltios) de las placas solares, mientras que se suma la intensidad (amperios).

Conexión en serie

Mediante la conexión en serie se conectan directamente las placas solares entre sí, y se conecta el polo positivo de un panel con el polo negativo del siguiente panel. A diferencia de la conexión en paralelo se mantiene la intensidad y se suma el voltaje. (Solar D. , Recuperado Junio 2019)

Procedimiento para el cálculo de una instalación fotovoltaica

Cálculo de consumo energético

Ecuación: Consumo energético

$$\text{Consumo (KWh)} = P(W) * H_d * N / 1000$$

Donde:

P: Potencia real de cada dispositivo

H_d: Horas diarias de uso del dispositivo

N: Número de dispositivos utilizados

Hora solar pico

La hora solar pico (HSP) es una unidad que mide la irradiación solar y se define como el tiempo en horas de una hipotética irradiación solar constante de 1000 W/m².10.

Una hora solar pico equivale a 3,6 MJ/m² o, lo que es lo mismo, a 1 kWh/m², tal y como se muestra en la siguiente conversión:

Ecuación: conversión de hora solar pico

$$1\text{HSP} = 1000\text{W} \cdot 1\text{h} \cdot \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} \cdot \frac{1\text{J}}{1\text{W}\cdot\text{s}} = 3,6\text{MJ}/\text{m}^2$$

Se utiliza en el dimensionamiento de paneles fotovoltaicos.

Número de paneles solares necesarios

Para el cálculo de la cantidad de paneles solares esta se especifica con la siguiente fórmula:

Ecuación: Número de paneles solares

$$\mathbf{NP = E/(0.9 \cdot Wp \cdot HSP)}$$

Donde:

Np: Es el número de paneles solares necesarios

E: Es el consumo energético real

Wp: Es la potencia pico del panel

HPS: Son las horas pico solares

(Regalado Bobadilla y Quispe Chanampa, 2015, p. 8)

Pr: Es el rendimiento energético de la instalación, definido como la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, en el que se tienen en cuenta las siguientes pérdidas originadas:

- Pérdida por dispersión de potencia de los módulos.
- Pérdida por incremento de temperatura de las células fotovoltaicas.
- Pérdida por acumulación de suciedad.
- Pérdida por sombra.
- Pérdida por degradación de los módulos.
- Pérdida eléctrica.
- Pérdida por reflectancia.

Otra ecuación:

Ecuación: Cantidad de paneles solares

$$C_p = \frac{A_r}{P_p}$$

Donde:

C_p = cantidad de paneles

P_p = potencia del panel fotovoltaico

A_r = potencia total del arreglo de paneles

Para la potencia total del arreglo de los paneles se utiliza otra fórmula:

Ecuación: Potencial total del arreglo de paneles

$$Ar = 1200 * Ed Id$$

Donde:

1200= factor compensación de pérdidas

Ed= potencia por cubrir (KWh/día)

Id= irradiación de la zona diaria (KWh/m²)

(SL, 2015)

Inclinación de placas solares

Las placas solares deben tener una inclinación con un grado de ángulo óptimo para captar los rayos del sol de manera perpendicular. Una inclinación equivocada podría causar una pérdida significativa en la eficiencia de todo el sistema solar.

Sin embargo, encontrar el ángulo correcto de los paneles no es fácil ya que la luz solar no es constante en el Planeta. Varía en función de la latitud del lugar y de la época del año de observación. En el hemisferio norte del Planeta el sol está bajo en el horizonte a medida que se avanza hacia el norte.

Además, en los meses de invierno el sol es particularmente menor que en los meses de verano. Lo contrario sucede en el hemisferio sur.

Para determinar el ángulo de inclinación adecuado de los paneles solares, que maximice la radiación sobre ellos, se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación: Ángulo de inclinación máxima en grados

$$I_m = \Phi + 10^\circ$$

Donde:

I_m : Es la inclinación máxima en grados

Φ : Es la latitud del lugar de la instalación.

Esta fórmula corresponde a la potencia generada por los paneles solares utilizando el parámetro de horas solar pico de cada mes. Miguel Alonso Abella (2005) afirma:

$$P_{\text{Generada-Paneles}} = \frac{\text{Consumo total (kWh)}}{\sum(\# \text{días} * \text{HSP/mes})}$$

Cálculo del inversor

Para dimensionar el inversor adecuado se hace necesario calcular la tensión y la corriente generada en el punto de máxima potencia de funcionamiento de los paneles solares, y usarlos como dato mínimo para la selección.

Distancia entre paneles solares para evitar la sombra entre ellos

Para el cálculo de la distancia d :

$$d = k * h$$

$$d = \frac{h}{\tan(61 - \text{latitud})} = k * h$$

Donde:

h=altura máxima del obstáculo

$$K = \text{coeficiente} = \frac{1}{\tan(61 - \text{latitud})}$$

Cálculos financieros

Es importante conocer algunos conceptos básicos de la parte financiera cuando se desea incursionar en algún proyecto como este, más que todo para determinar si es rentable económicamente. De este proyecto se explican dos conceptos muy importantes de tomar en cuenta.

Valor actual neto

También conocido como valor actualizado neto o valor presente neto, este es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros originados por una inversión. La metodología consiste en descontar, al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa), todos los flujos de caja futuros, o en determinar la equivalencia en el tiempo de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto, y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial. Dicha tasa de actualización o de descuento es el resultado del producto entre el costo medio ponderado de capital (CMPC) y la tasa de inflación del periodo. Cuando dicha equivalencia es mayor que el desembolso inicial entonces es recomendable que el proyecto sea aceptado.

La fórmula que permite calcular el valor actual neto es:

Ecuación: Valor actual neto (VAN)

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde:

V_t : Representa los flujos de caja en cada periodo t .

I_0 : Es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n : Es el número de períodos considerado.

K : Es el tipo de interés.

Si el proyecto no tiene riesgo se tomará como referencia el tipo de la renta fija, de tal manera que con el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro, sin riesgo específico.

Cuando el VAN toma un valor igual a 0, k pasa a llamarse TIR (tasa interna de retorno). La TIR es la rentabilidad que está proporcionando el proyecto.

Interpretación del VAN

Valor significado decisión por tomar

$VAN > 0$ La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)

El proyecto puede aceptarse

$VAN < 0$ La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida (r)

El proyecto debería rechazarse

$VAN = 0$ La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas

Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

El valor actual neto es muy importante para la valoración de inversiones en activos fijos, a pesar de sus limitaciones en considerar circunstancias imprevistas o excepcionales de mercado. Si su valor es mayor a cero el proyecto es rentable y se considera el valor mínimo de rendimiento para la inversión.

Una empresa suele comparar diferentes alternativas para comprobar si un proyecto le conviene o no. Normalmente la alternativa con el VAN más alto suele ser la mejor para la entidad; pero no siempre tiene que ser así. Hay ocasiones en las que una empresa elige un proyecto con un VAN más bajo debido a diversas razones, como podría ser la imagen que le aportará a la empresa por motivos estratégicos u otros que en ese momento interesen a dicha entidad.

Puede considerarse también la interpretación del VAN en función de la creación de valor para la empresa:

Si el VAN de un proyecto es positivo, el proyecto crea valor.

Si el VAN de un proyecto es negativo, el proyecto destruye valor.

Si el VAN de un proyecto es cero, el proyecto no crea ni destruye valor.

Tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR)

De una inversión la tasa interna de retorno es la media geométrica de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión y que implica, por cierto, el supuesto de una oportunidad para

"reinvertir". En términos simples, diversos autores la conceptualizan como la tasa de descuento con la que el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero.

La TIR puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad; así, se utiliza como uno de los criterios para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte, el costo de oportunidad de la inversión (si la inversión no tiene riesgo el costo de oportunidad utilizado para comparar la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo). Si la tasa de rendimiento del proyecto expresada por la TIR supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza.

Se puede presentar como otras definiciones:

Es la tasa que iguala la suma del valor actual de los gastos con la suma del valor actual de los ingresos previstos:

Ecuación: Tasa interna de retorno (TIR)

$$\sum_{i=1}^n VPC_i = \sum_{i=1}^n VPC_i$$

Es la tasa de interés para la cual los ingresos totales actualizados son iguales a los costos totales actualizados:

Ecuación: Tasa interés de ingresos totales igual a los costos totales

$$ITAc = CTA$$

Es la tasa de interés máxima a la que se pueden endeudar para no perder dinero con la inversión. Es la tasa real que proporciona un proyecto de inversión y es aquella que al ser utilizada como tasa de descuento en el cálculo de un VAN dará como resultado 0.

Es la tasa de interés compuesto al que permanecen invertidas las cantidades no retiradas del proyecto de inversión.

Uso general de la TIR

Y como ya se ha comentado anteriormente, la TIR o tasa de rendimiento interno es una herramienta de toma de decisiones de inversión utilizada para conocer la factibilidad de diferentes opciones de inversión.

El criterio general para saber si es conveniente desarrollar un proyecto es el siguiente:

Si $TIR \geq r \rightarrow$ Se aceptará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida (el costo de oportunidad).

Si la $TIR \leq r \rightarrow$ se rechazará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad menor que la rentabilidad mínima requerida.

Dificultades en el uso de la TIR

Criterio de aceptación o rechazo. El criterio general solo es cierto si el proyecto es del tipo "prestar", es decir, si los primeros flujos de caja son negativos y los siguientes positivos. Si el proyecto es del tipo "pedir prestado" (con flujos de caja positivos al principio y negativos después), la decisión de aceptar o rechazar un proyecto se toma justamente al revés:

Si la $TIR > r \rightarrow$ se rechazará el proyecto. La rentabilidad que requiere este préstamo es mayor que la del costo de oportunidad.

Si la $TIR \leq r \rightarrow$ se aceptará el proyecto.

Comparación de proyectos excluyentes. Dos proyectos son excluyentes si solamente se puede llevar a cabo uno de ellos. Generalmente, la opción de inversión con la TIR más alta es la preferida, siempre que los proyectos tengan el mismo riesgo, la misma duración y la misma inversión inicial. Si no, será necesario aplicar el criterio de la TIR de los flujos incrementales.

Los proyectos especiales también son llamados el problema de la inconsistencia de la TIR. Son proyectos especiales aquellos en los que en su serie de flujos de caja hay más de un cambio de signo. Estos pueden tener más de una TIR, tantas como cambios de signo tengan, lo cual obedece a la presencia de la regla de los signos de Descartes. Esto complica el uso del criterio de la TIR para saber si se debe aceptar o rechazar la inversión. Para solucionar este problema se suele utilizar la TIR corregida. También la inconsistencia de la TIR tiene lugar cuando existen proyectos que no tienen TIR

Artículos y normativa técnica AR-NT-POASEN vigente en Costa Rica

Medición neta de electricidad

El balance neto o medición neta de electricidad es un esquema de utilidad general para el uso y pago del recurso en el cual un cliente que genera su propia energía eléctrica puede compensar los saldos de energía de manera instantánea o diferida, lo que permite a los consumidores la producción individual de energía para su propio consumo, al tiempo que compatibiliza su curva de producción con su curva de demanda.

Este sistema es utilizado, generalmente, por consumidores que poseen una pequeña instalación de energías renovables (eólica o fotovoltaica, principalmente), y permite verter a la red

eléctrica el exceso producido por un sistema de autoconsumo con la finalidad de poder hacer uso de ese exceso en otro momento. De esta forma, la compañía eléctrica que proporcione la electricidad, cuando la demanda sea superior a la producción del sistema de autoconsumo, descontará en el consumo de la red de la factura los excesos vertidos a ella, lo cual se realiza mediante un contador bidireccional que permite medir la electricidad en ambos sentidos, la consumida y la vertida a la red. Esto permite hacer uso de la electricidad producida en exceso.

Libre acceso a la red de distribución nacional

El artículo 123 de la norma técnica POASEN, actualmente, propone:

“El acceso a la red de distribución nacional, para efectos de interconectar y operar micro o minigeneradores para autoconsumo a partir de fuentes de energía renovable es libre para cualquier abonado o usuario, siempre y cuando la red de distribución cuente con las condiciones técnicas para tal efecto y el interesado cumpla con las condiciones técnicas, comerciales y requisitos establecidos en esta norma, que, con fundamento en ella, establezcan las empresas distribuidoras. Además, deberá contar con la concesión respectiva de conformidad con la legislación vigente.”

Se solicita aclarar en el texto del artículo que la concesión de servicio público se necesita únicamente para la medición neta compleja, pues actualmente el texto es omiso y se podría interpretar que para la medición neta sencilla también se requiere concesión. Ello no es necesario de conformidad con la legislación vigente, pues con la medición neta sencilla no hay venta ni reconocimiento económico de energía, por cuanto no se configura el servicio de generación de energía regulado en el artículo 5 de la Ley N.º 7543.

Para el caso se propone el siguiente texto: “El acceso a la red de distribución nacional, para efectos de interconectar y operar micro o minigeneradores para autoconsumo, a partir de fuentes

de energía renovable, es libre para cualquier abonado o usuario, siempre y cuando la red de distribución cuente con las condiciones técnicas para tal efecto y el interesado cumpla con las condiciones técnicas y comerciales y con los requisitos establecidos en esta norma que, con fundamento en ella, establezcan las empresas distribuidoras. Además, para la medición neta compleja se deberá contar con la concesión respectiva de conformidad con la legislación vigente.”

Artículo 131. Modalidades de régimen contractual

Para la conexión y operación de un micro o minigenerador en paralelo con la red de distribución que suministre energía a la red de la empresa, se establecen dos modalidades:

Medición neta sencilla, con compensación física de excedentes (intercambio). Página 96 de 108:

Cuando el generador “acumula” el excedente mensual de energía producida, si existiese, para utilizarlo en el mes o meses siguientes en el mismo año calendario, tras el cual el excedente no será reconocido por la empresa distribuidora.

Medición neta completa con liquidación anual (venta de excedentes). Cuando el generador “acumula” el excedente mensual de energía producida para utilizarlo en el mes o meses siguientes, y se vende el saldo anual de excedentes a la empresa distribuidora mediante una liquidación el día 1° de diciembre de cada año. Para tal efecto, el periodo de liquidación comprende del 1° de diciembre del año anterior al 30 de noviembre del año de la liquidación.

En ambas modalidades de régimen contractual, tanto en el caso de excedentes de producción como en el caso en cual el consumo iguale a la producción, el generador en pequeña escala deberá cancelar mensualmente a la empresa el costo del acceso a la red de distribución, de acuerdo con el pliego tarifario vigente.

Según se indica en las cláusulas contractuales mínimas, capítulo XII, ubicado en el artículo 133 de la norma POASEN, se citan los requerimientos mínimos para que sea posible conectar un micro o minigenerador en paralelo a la red:

Artículo 133. Cláusulas contractuales mínimas

El contrato para la conexión y operación de un micro o minigenerador en paralelo con la red de la empresa distribuidora deberá contemplar al menos las cláusulas siguientes: Definición de la terminología utilizada y la forma como debe interpretarse en el contrato. Objeto y alcance contractuales incluidas las obligaciones que se impongan a las partes. Normas jurídicas que forman parte del contrato y rigen para su aplicación y alcances, con mención al menos de la Ley N,° 7593 y sus reformas, los reglamentos y las leyes conexas; así como de las normativas técnicas y económicas emitidas por la autoridad regulatoria, específicamente las presentes normas:

- Régimen contractual elegido por el abonado-usuario de acuerdo con el artículo 131 de esta norma.
- Obras y equipos que forman parte de la conexión, así como de los límites físicos de propiedad y responsabilidad.
- Los aspectos operacionales de la conexión y operación del generador en condiciones normales y de contingencia.
- Convenio de responsabilidad y de condiciones técnicas de operación y mantenimiento. Derechos y condiciones de acceso de personal de la empresa distribuidora a las instalaciones del generador.
- Especificaciones de duración, terminación, modificaciones y cancelaciones del contrato.

Cualquier otro aspecto importante en el que se regulen los deberes y derechos de las partes.

Artículo 151. Obligaciones de los generadores en pequeña escala para autoconsumo

Será responsabilidad de los generadores:

- Cumplir con las disposiciones técnicas establecidas en esta norma que les competan.
- Construir y mantener en buen estado las instalaciones de interconexión.
- Operar y mantener sus equipos de acuerdo con los requisitos establecidos en esta norma y con los que las empresas eléctricas establezcan con base en sus disposiciones.

Adquirir y mantener la póliza de responsabilidad civil indicada en el artículo 149 de esta norma

Permitir a las empresas eléctricas, en forma debidamente coordinada, inspeccionar las instalaciones y los equipos del generador en aras de la seguridad operativa y del resguardo de la calidad del suministro eléctrico.

Artículo 156. Precios para la compensación de excedentes

El precio aplicable para la compensación económica de los excedentes de producción, en el régimen contractual “Medición neta completa, con liquidación anual”, será el correspondiente al precio y estructura tarifaria que establezca la Autoridad Reguladora oportunamente.

Artículo 157. Facturación, modalidad contractual y “Medición neta sencilla”

Para el caso de los generadores bajo la modalidad contractual de “Medición neta sencilla”, en la facturación mensual, de existir un excedente de producción con respecto al consumo (consumo neto menor a cero) la empresa eléctrica deberá indicarlo en la facturación (KWh excedentes), a efectos de compensar al generador por dicho excedente en las facturaciones

subsiguientes y facturar el costo de acceso indicado en el artículo 132 de esta norma. El cierre para la liquidación de excedentes se hará en la facturación correspondiente al mes de diciembre de cada año.

En el caso de una igualdad entre el consumo y la producción (consumo neto igual a cero), la empresa eléctrica deberá facturar al generador el monto correspondiente al costo de acceso indicado en el artículo 132 de esta norma.

Artículo 158. Facturación, modalidad contractual “Medición neta completa”

En la modalidad contractual “Medición neta completa”, en la facturación mensual, de existir un excedente de producción con respecto al consumo (consumo neto menor a cero), la empresa deberá indicarlo en la facturación y acumular el exceso de producción a efecto de descontar dicha energía en el mes o meses siguientes.

En cada mes la empresa deberá descontar del consumo del interesado la energía acumulada del mes o meses anteriores, y cobrar al generador el costo de acceso indicado en el artículo 132 de esta norma; independientemente de que el consumo neto del mes facturado sea cero, o de que exista un consumo neto menor a cero o un consumo neto mayor a cero que pueda compensarse del excedente de producción acumulado de meses anteriores.

Artículo 159. Liquidación anual

Para la modalidad contractual “Medición neta completa” en la facturación del mes de diciembre la empresa eléctrica deberá compensar económicamente al generador los posibles excedentes de energía acumulados a la fecha, aplicándoles el precio de la energía correspondiente a la estructura tarifaria vigente en el momento en el que esos excedentes se produjeron. (Arecep, 2018) Se deben tomar las tarifas actuales del proveedor de electricidad, que es la JASEC.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

Enfoque de la investigación

Se aplica un enfoque cuantitativo ya que la investigación es un conjunto de procesos, como planeamientos acotados y la medición de fenómenos mediante el proceso deductivo y secuencial. Se analizan los datos cuantitativos obtenidos del Código y de las tablas de referencia, que son datos numéricos específicos como valores. Lo mismo se hace con las normas y la documentación que son sometidos al estudio, y se hace también un análisis para obtener procesos de cálculo.

Métodos de investigación

En el método científico se utilizan medidas y datos cualitativos o cuantitativos para analizar los resultados y respaldarlos con las teorías conocidas. Lo que se sabe acerca de ese mundo se caracteriza por tener dos formas de aplicación para obtener información, por medio de la medición y por medio de la observación. Estas formas son denominadas, generalmente, mediciones cuantitativas y mediciones cualitativas. El proyecto cuenta con distintas partes en procura de realizar una buena investigación y de conseguir los objetivos planteados.

De acuerdo con los objetivos de la investigación se requiere una metodología o diseño de investigación aplicada, debido a que en ella se establecen estrategias para permitir el logro del objetivo concreto, que es lograr el mejor diseño para la empresa, de manera que sea el de mayor utilidad para la implementación del proyecto, de decidirlo así la empresa.

Con respecto a los tipos de datos empleados, existen dos tipos de diseño o metodología, el cuantitativo y el cualitativo. Del método científico Hernández y otros (2014) comentan que “anteriormente, al proceso cuantitativo se le equiparaba con el método científico. Hoy, tanto el proceso cuantitativo como el cualitativo son considerados formas de hacer ciencia y producir conocimiento.”

Fuentes de información

Se toma como fuente primaria de información a las personas encargadas de suministrarla en Coopeinsermu para obtener de ellas datos sobre la facturación eléctrica en el lugar y sobre el área disponible para el desarrollo del proyecto.

Variables o categorías de análisis

En la presente investigación se toma como variable principal la cantidad promedio de radiación solar captada en la zona en donde se va a recolectar la información. Otra variable indispensable para realizar la investigación es la del consumo eléctrico generado.

Como otras variables se tienen los dispositivos, tales como los paneles fotovoltaicos. También se ve la posibilidad de utilizar inversores y estructuras para paneles solares, que serán tomados como variables en esta investigación.

Instrumentos

La información fue suministrada por la administradora de Coopeinsermu. Además, a fin de realizar el estudio necesario para una futura instalación, la que se requiera puede obtenerse por medio de esta persona.

Proceso de recolección y análisis de datos

La información será recolectada por medio de doña Giselle, funcionaria de Coopeinsermu, ubicada esta 150 metros al norte del Parque Industrial sobre la Carretera Interamericana, provincia de Cartago, Cartago.

Para conocer los datos de las horas pico solares en el lugar de ubicación del proyecto se utilizó un programa o servicio en línea, como resultado de la iniciativa del proyecto POWER (*prediction of worldwide energy resources*, por sus siglas en inglés).

Este proyecto se inició con el objetivo de mejorar los parámetros de información sobre energía renovable establecidos y obtener nueva información para fijar otros por medio de sistemas de satélites. La propietaria de este programa es la Administración Nacional de la Aeronáutica y el Espacio de Estados Unidos (NASA, por sus siglas en inglés),

Para el análisis de estos datos se emplea el Código Eléctrico Nacional NFPA 70, para establecer parámetros, normas y reglas en general por seguir con respecto al diseño eléctrico.

Este análisis consta de un diseño de sistema fotovoltaico al que se le incorporan paneles solares para esta empresa. Primero, este diseño se basa en los consumos de energía eléctrica mensuales de la empresa y en la radiación solar capaz de captarla en el lugar previamente mencionado.

Se propone un sistema fotovoltaico con paneles solares en el lugar en donde está ubicada la empresa, la cual espera estar en mejor situación o menos desfavorable. Se plantean variables como la del mayor consumo posible de energía por parte de la compañía y con la de menor generación de energía capaz por parte del sistema fotovoltaico. A continuación de eso se realiza un análisis financiero del sistema fotovoltaico propuesto para ver cuál es la mejor opción de todas.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Desarrollo

Diagnóstico de la empresa

La empresa Coopeinsermu está ubicada 150 metros al norte del Parque Industrial sobre la Carretera Interamericana, provincia de Cartago, con un área de 280 metros cuadrados de espacio disponible para la instalación del sistema fotovoltaico. Se encuentra en un proceso de mejora y acomodo de sus actuales instalaciones para contar con más espacio y comodidad, para el desempeño de sus empleados, y mantiene constante limpieza y aseo en esas instalaciones.

Información recolectada

Como se mencionó anteriormente en el marco metodológico el cálculo de horas solares pico se hizo mediante un programa en línea del proyecto POWER de la NASA.

Una vez ingresados esos datos al sistema se busca la ubicación exacta de la empresa para proceder a efectuar los cálculos. Con estos datos se obtienen los siguientes parámetros necesarios en una tabla y gráfico:

	Horas	Solares	Pico	
Año	2018	2017	2016	2015
Enero	3.74	4.49	4.80	4.19
Febrero	5.27	4.79	5.05	4.85
Marzo	5.43	5.02	5.25	5.09
Abril	4.34	4.90	4.55	4.83
Mayo	4.14	3.64	4.26	3.61
Junio	3.80	3.56	4.03	3.81
Julio	3.89	3.67	3.79	3.93
Agosto	3.76	3.91	3.88	4.10
Septiembre	4.10	3.86	3.93	3.92
Octubre	3.64	3.43	3.84	4.10
Noviembre	3.89	3.21	3.09	4.00
Diciembre	4.65	3.95	3.80	4.32
Promedio	3.98	4.03	4.19	4.22

TABLA 1. HORAS SOLARES PICO

Fuente: POWER de Nasa (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>)

En las siguientes tabla y figura se presenta el consumo eléctrico del periodo de junio del 2018 a mayo del 2019 con lo cual se tiene un año de consumo eléctrico por parte de la empresa. Estos datos representan sus consumos reales de kilowatts por hora.

Consumo eléctrico del periodo(1/6/2018-1/5/2019)		
Mes	Consumo eléctrico (KW/h)	Total cancelado
Enero	740	¢85,486
Febrero	705	¢84,742
Marzo	831	¢100,129
Abril	735	¢88,502
Mayo	833	¢99,737
Junio	785	¢93,958

Julio	979	¢117,459
Agosto	789	¢95,898
Septiembre	839	¢101,846
Octubre	977	¢118,419
Noviembre	913	¢109,844
Diciembre	977	¢117,665
Total	10103	¢1,213,685

TABLA 2 CONSUMO ENERGÉTICO DE LA EMPRESA. PERIODO OCT. 17-SET. 18

Fuente: Junta Administrativa de Servicios Eléctricos de Cartago (JASEC)

Para desarrollar el diseño fotovoltaico se va a utilizar el mes con mayor consumo eléctrico en la empresa, lo cual se hace para garantizar el suministro de energía a la empresa sin que llegue a fallar el sistema por falta de energía. En el siguiente gráfico se puede observar claramente que el mes de mayor consumo es el de julio, con 979 kW/h.

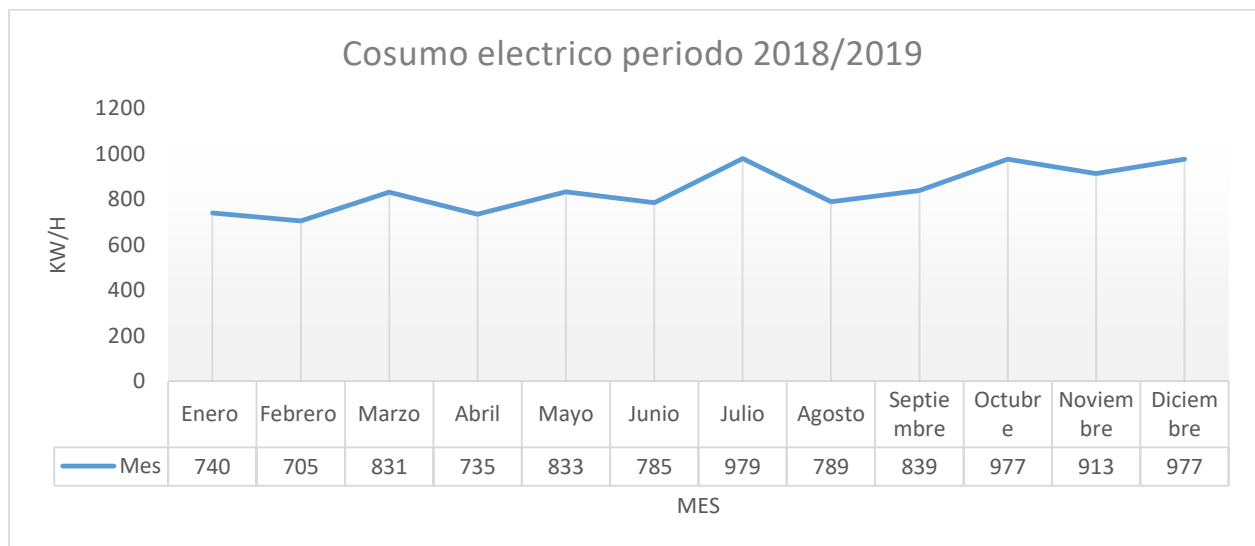


TABLA 3. CONSUMO ELÉCTRICO DE LA EMPRESA EN EL ÚLTIMO AÑO.

Fuente: Elaboración propia.

Además, se agregará un gráfico de las horas solares pico de cada mes para la ubicación de la empresa. Se tomará en cuenta el año 2018 de los últimos cuatro años por ser, en promedio, el más bajo de los últimos años, como se puede observar en la tabla 1. Se puede apreciar que el mes de menores horas solares pico es octubre, con 3.64 horas solares pico.

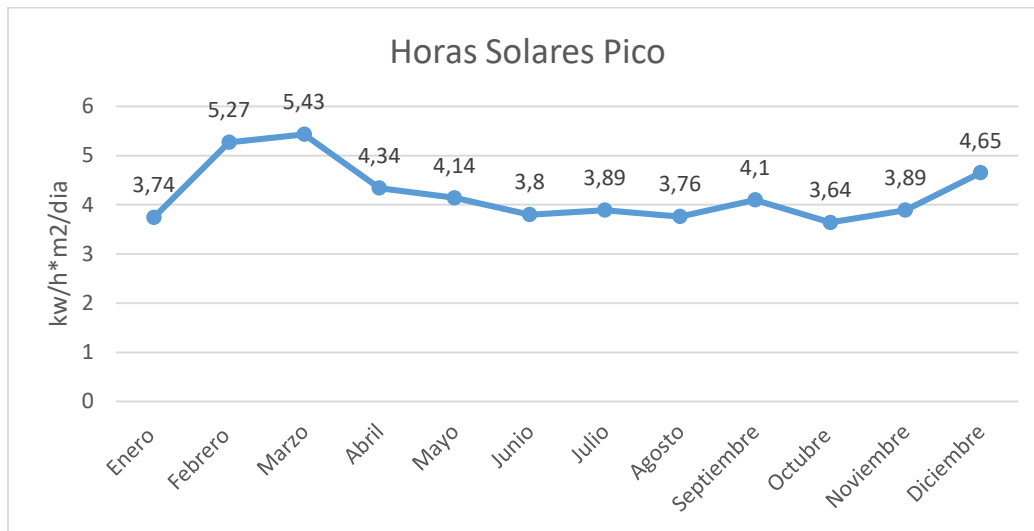


TABLA 4. HORAS SOLARES PICO

Fuente: <https://power.larc.nasa.gov>

Para eso se realizan seis propuestas, una que cubra en su totalidad la demanda energética de la empresa con la inclusión de paneles fotovoltaicos, además de la selección del adecuado panel solar. Una vez realizados estos diseños fotovoltaicos se hace un análisis financiero para evaluar la rentabilidad de las propuestas.

Selección del panel solar

Para comenzar a establecer algunos parámetros que quedan bajo la selección del diseñador, como la selección del panel solar, se compararon tanto ficha técnica como precios para seleccionar el panel solar adecuado. Dichos paneles podemos observar en los apéndices D y L. Se seleccionó

un panel solar con una potencia pico de 320 W de la marca Jinko Solar. Esto debido a que si se utilizara una mayor potencia pico se necesitarían menos paneles fotovoltaicos y eso asegura un menor uso del área de los techos además de su buena eficiencia en zonas nubladas.

Caso 1

Cálculo de paneles solares

Para determinar el número de paneles fotovoltaicos necesarios para cubrir la demanda se considera la toma del mes con mayor consumo eléctrico y la del mes de menores horas solares pico. El mes con mayor consumo eléctrico sería julio, con 979 kW/h, y el mes de menor HPS es de octubre, con 3,64.

La siguiente fórmula por utilizar se encuentra en el marco teórico como número de paneles necesarios y es la siguiente:

$$\text{Número de paneles} = \frac{E}{0.9 * W_p * HSP}$$

Donde:

E = Consumo energético por día, expresado en Watts por hora al día (Wh/día)

W_P = Potencia pico del panel, expresado en Watts (W)

HSP = Horas solares pico

0,9 = Coeficiente de rendimiento del panel que contempla 10% de pérdidas.

Para la aplicación de esta fórmula se tiene como consumo energético por día el mayor consumo del área común por mes, de 979 kWh en el mes de julio, por lo cual simplemente se toman los 979 kWh por mes y se dividen entre los 31 días de julio, para obtener los kilowatts por hora al

día. La potencia pico del panel corresponde a 320 watts con un panel de Jinko Solar, y las horas solares pico corresponden a 3,64 HSP. Con esto se aplica la fórmula:

$$\text{Número de paneles} = \frac{\left(\frac{979 \text{ kWh} - \text{mes}}{31 \text{ días}}\right)}{0,9 * 320\text{W} * 3,64 \text{ HSP}}$$

$$\text{Paneles} = 30.12$$

$$\text{Número de paneles} = 31 \text{ paneles solares}$$

Con estos 31 paneles se puede conocer la cantidad total de potencia generada por ellos en un día, mediante una multiplicación entre el número de paneles y la potencia pico del panel. Por lo tanto, serán 31 paneles multiplicados por 320 W.

$$31 \text{ paneles} * 320 \text{ W} = 9920 \text{ Watts por hora}$$

Para obtener la potencia generada por los paneles solares de cada mes del año se multiplican los 9.9 kWh por los días y horas solares pico del mes correspondiente del que se desea conocer la generación de energía eléctrica. Por ejemplo, para el mes de enero:

$$9.92 \text{ kWh} * 31 \text{ días} * 3.74 \text{ HSP} = 1150.12 \text{ kiloWatts por mes}$$

Cabe destacar que esta potencia corresponde a la potencia total posible de generar por todos los paneles fotovoltaicos en un único mes. Si se desea obtener esta potencia total, pero en el periodo de un año, simplemente se debe sumar cada potencia total generable de todos los meses constituyentes de un año. Esta información será recopilada en la siguiente tabla:

Energía generada por mes por los paneles con una potencia de 9.92kw/h			
Mes	Días del mes	HPS	Potencia generada
Enero	31	3.74	1150,1248
Febrero	28	5.27	1463,7952
Marzo	31	5.43	1669,8336
Abril	30	4.34	1291,584
Mayo	31	4.14	1273,1328
Junio	30	3.80	1130,88
Julio	31	3.89	1196,2528
Agosto	31	3.76	1156,2752
Septiembre	30	4.10	1220,16
Octubre	31	3.64	1119,3728
Noviembre	30	3.89	1157,664
Diciembre	31	4.65	1429,968
Total	365		15259,043

TABLA 5. POTENCIA GENERADA POR MES DEL SISTEMA DE PANELES SOLARES CON POTENCIA DE 9.92 kW/H

Fuente: Elaboración propia

En los datos obtenidos en la tabla 3 se observa el número total de kWh al año, que son 15.259 kW/h. En la tabla 1 se presentan los consumos, que en total son 10103 kW/h.

Para conocer la relación entre ellas se divide:

$$\text{Relación entre potencia generada y consumida} = \frac{15259 \text{ kWh}}{10103 \text{ kWh}} = 1.51$$

Este número significa que la potencia generada por el sistema fotovoltaico es 1,51 veces mayor que la potencia consumida.

Debido a los cálculos realizados hasta el momento se encuentra que se tiene una sobreproducción de energía. Debido a esto se realizará un ajuste en la fórmula del cálculo de número de paneles solares sin sobrepasar la demanda. Esto con el fin de no producir más de lo necesario, por lo que el número de paneles será menor y el costo va a disminuir.

La fórmula se ajusta para calcular la potencia generada por los paneles que cubra 100% del consumo, para lo cual se dividirá el consumo de potencia total de la empresa entre una sumatoria, que consiste en la multiplicación de los días de un mes con su hora solar pico correspondiente, para un periodo de 12 meses. Para una mejor comprensión se desarrolla esta fórmula, que corresponde a la potencia generada por los paneles solares utilizando el parámetro de horas solares pico de cada mes:

$$P_{Generada-Paneles} = \frac{\text{Consumo total (kWh)}}{\sum(\#días * HSP/mes)}$$

$$= (31 * 3.74) + (28 * 5.27) + (31 * 5.43) + (30 * 4.34) + (31 * 4.14) + (30 * 3.80) + (31 * 3.89) + (31 * 3.76) + (30 * 4.10) + (31 * 3.64) + (30 * 3.89) + (31 * 4.65)$$

$$\sum(\#días * HSP/mes) = 1538.21$$

$$P_{Generada-Paneles} = \frac{10103kWh}{1538.21} = 6568 Wh$$

Con esto se obtiene la nueva potencia de los paneles para completar 100% de la demanda.

Para obtener una cantidad de paneles solares se divide esta potencia generable de los paneles entre la potencia pico del panel por utilizar.

$$\text{Número de paneles nuevo} = \frac{6568 \text{ Wh}}{320 \text{ W}} = 20.52 = 21 \text{ paneles solares}$$

Para cubrir 100% de la demanda se obtiene un resultado de 21 paneles solares en total con una potencia pico de 320 W. Para evaluar esto se presenta la siguiente tabla:

Generación Fotovoltaica con el sistema de 6.72kWh en relación con los consumos actuales.			
Mes	Energía		
	Energía Generada (kW/h)	Consumo (kW/h)	Exceso o Faltante
Enero	779,11	740	39.11
Febrero	991,6	705	286.6
Marzo	1131,17	831	300.17
Abril	874,94	735	139.34
Mayo	862,44	833	29.44
Junio	766	785	-19
Julio	810,36	979	-168.64
Agosto	783,28	789	-5.72
Setiembre	826,56	839	-13
Octubre	758,28	977	-218.72
Noviembre	784,22	913	-128.78
Diciembre	968,68	977	-8.32
Total:	10336,77	10103	

Tabla 6. Generación fotovoltaica con sistema de 6.72 kWh y su relación con el consumo actual.

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se pueden ver los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo, y que se tiene una sobreproducción de energía que está almacenada en la red. De ese sobrante se tomará para los meses siguientes que tienen faltantes de energía. Pero, según las normas de AR-NT-POASEN, de toda la energía subida a la red solo se puede bajar 49%. Por lo tanto, de los 728.32 kW/h solo se pueden utilizar 364.16 kW/h, por lo que se tendría un faltante de 198 kW/h. Los 198 KW/h serán suministrados por la JASEC, lo que generaría un cobro normal.

Selección del inversor

Este sistema, conformado por 21 paneles solares, generaría una potencia de 6.72kW/h; por lo cual se necesitará un inversor mayor, que soporte una potencia superior a 6.72 kW/h. Debido a que se trabajará con 21 paneles solares se elige un inversor central, que corresponde a un inversor de 6.8 kW/h. Sería el Schneider Conext XW+6848 NA 6800W.

Caso 2

Para este caso el objetivo será cubrir 100% de la demanda energética, de igual manera que en el caso anterior, pero con el cambio de utilizar microinversor. Esto se hace para realizar una comparación de costos. Por lo tanto, el número de paneles solares para este caso es igual al del caso 1, de 21 paneles solares.

Para este caso se tendrá la misma potencia de generación que en el caso 1. Por eso esta será de 6.72 kW/h y por eso se tendrá la misma colocación en el techo que en el caso 1.

Selección del microinversor

El diseño de este sistema está conformado por 21 paneles y genera una potencia de 6.72 kW/h. Por eso se necesitará colocar 21 microinversores para cada uno de estos paneles fotovoltaicos. El microinversor tiene que soportar una potencia de entrada, como mínimo, de 320 W. Para este caso se elige un microinversor Microinversor Enphase Energy IQ7X-96-2-US, cuya potencia máxima es de 320W.

Caso 3

Para el siguiente caso se utilizará 100% del área disponible para instalar los paneles solares en las instalaciones de Coopeinsermu. Además, se instalarán con un inversor central.

Se desea colocar la máxima cantidad de paneles en el techo de la empresa, por lo que se debe conocer cuál es el área disponible, para asegurar su óptimo funcionamiento. Se tomaron medidas del techo. Además, se tomaron en cuenta las áreas de penumbra pero el área que se va a utilizar es un espacio muy despejado que no tiene zonas de penumbra importantes lo que no afecta el diseño.

La utilización de 100% del área disponible del techo, tomando una distancia de 1.5 entre fila de paneles para dar un óptimo uso de los paneles y su mantenimiento, además sin sombras incidentes entre sus estructuras.

Con esta cantidad de paneles solares, de 320 W cada uno, se puede saber cuál es la potencia total generada y multiplicar la cantidad de paneles por su potencia pico:

$$100 \text{ paneles} * 320 \text{ W} = 32 \text{ kilowatts por hora}$$

Con esta potencia se elabora una tabla similar a la 4 para conocer la potencia generada por mes por este sistema de paneles solares con 32 kW/h, para compararla luego con la del consumo actual.

Generación Fotovoltaica con el sistema de 32kWh en relación con los consumos actuales.			
Mes	Energía		
	Energía generada (kW/h)	Consumo (kW/h)	Exceso o faltante
Enero	3710,08	740	2970
Febrero	4721,92	705	4016.92
Marzo	5386,56	831	4555.56
Abril	4166,4	735	3431.4
Mayo	4106,88	833	3273.88
Junio	3648	785	2863
Julio	3858,88	979	2879.88
Agosto	3729,92	789	2940.92
Setiembre	3936	839	3097
Octubre	3610,88	977	2633.88
Noviembre	3734,4	913	2821.4
Diciembre	4612,8	977	3635.8
Total:	49222,72	10103	

TABLA 6. GENERACIÓN FOTOVOLTAICA CON SISTEMA DE 32 kW/H Y SU RELACIÓN CON EL CONSUMO ACTUAL.

Fuente: Elaboración propia

En la sección del inversor central se van a conectar cuatro inversores en paralelo, un inversor para cada fila de 25 paneles solares con una potencia de 320 W cada uno. Por lo tanto, se realiza una multiplicación y se obtiene una potencia de cada fila y son 8 KW/h. Con esto se elige un inversor central, el InversorSunny Tripower 15000TL / 20000TL / 25000TL. En este caso se va a analizar igual que en el caso 1, según las normas de AR-NT-POASEN.

Caso 4

Con este diseño se busca utilizar 100% del área del techo disponible para la colocación de los paneles solares, pero con la instalación de microinversor. Se utilizarán los calculados en el caso

3, por lo cual para el número de paneles se utilizarán los mismos 100 paneles solares del caso 3. Esto se hará para dar realizar una comparación de costos. Por lo tanto, el número de paneles solares en este caso es igual al del caso 3.

Para los 100 paneles se necesitarían 100 Microinversor Enphase Energy IQ7X-96-2-US, cuya potencia máxima es de 320W.

Caso 5

Este caso se va a analizar igual que el 1, según las normas de AR-NT-POASEN. Además, se harán los ajustes necesarios para cumplir tanto con la carga demandada como con las normas de AR-NT-POASEN.

Se trabajará mediante la neta sencilla, que consiste en una alternativa para que los abonados generen electricidad mediante fuentes renovables con el propósito de satisfacer sus necesidades. Funciona en paralelo con la red de distribución eléctrica y bajo el concepto de depósito y devolución de energía.

A diferencia del caso número 1, se busca respetar las normas de AR-NT-POASEN haciendo que el proyecto dependa 100% de la generación de energía de los paneles y no tener que bajar energía de la red por falta de energía que no se generó.

Datos del consumo eléctrico de un año						
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Potencia actual (KW/h)	740	705	831	735	833	785
Potencia con paneles (KW/h)	816,2	1038,8	1185	916,6	903,5	802,5
Potencia subida a la red(W/h)	76,2	333,8	354	181,6	70,5	17,5
Total de energía almacenada	76,2	410	764	945,6	1016,1	1033,6
Energía bajada (49%)(W/h)						
Energía suministrada por la red(W/h)						
Facturación sin paneles	₡85 486	₡84 742	₡100 129	₡88 502	₡99 737	₡93 958
Facturación con paneles	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -

Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
979	789	839	977	913	977
848,9	820,5	865,9	794,3	821,5	1014,8
-130,1	31,5	26,9	-182,7	-91,5	37,8
903,5	935	961,9	779,2	687,7	725,5
130,1			182,7	91,5	
₡117 459	₡95 898	₡101 846	₡118 419	₡109 844	₡117 665
₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡0

TABLA 7. ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÉTICO EN EL PERIODO DE UN AÑO.

Fuente: Elaboración propia

Con esta cantidad de paneles solares, de 320 W cada uno, se puede saber cuál es la potencia total generada, multiplicando la cantidad de paneles por su potencia pico.

$$22 \text{ paneles} * 320 \text{ W} = 7.04 \text{ kilowatts por hora}$$

En la siguiente tabla se muestra la carga demanda con un recálculo con 22 paneles.

Generación fotovoltaica con el sistema de 7.040kWh en relación con los consumos actuales.			
Mes	Energía		
	Energía Generada (kW/h)	Consumo (kW/h)	Exceso o Faltante
Enero	816,2	740	76,2
Febrero	1038,8	705	333,8
Marzo	1185	831	354
Abril	916,6	735	181,6
Mayo	903,5	833	70,5
Junio	802,5	785	17,5
Julio	848,9	979	-130,
Agosto	820,5	789	31,5

Setiembre	865,9	839	26,9
Octubre	794,3	977	-182,6
Noviembre	821,5	913	-91,4
Diciembre	1014,8	977	37,8
Total:	10828,9984	10103	Exceso: 1130 Faltante: 403.6

TABLA 8. GENERACIÓN FOTOVOLTAICA CON SISTEMA DE 7.040 KW/H Y SU RELACIÓN CON EL CONSUMO ACTUAL.

Fuente: Elaboración propia

Para la sección del inversor central se requieren 22 paneles solares con una potencia de 320 W cada uno. Por lo tanto, se realiza una multiplicación y se obtiene una potencia de 7.04 KW/h. Con esto se elige un inversor central de Inversor Sunny Tripower 15000TL / 20000TL / 25000TL. Se eligió inversor por motivos de potencia, precio y crecimiento futuro de las instalaciones. Este caso se va a analizar igual que el caso 1, según las normas de AR-NT-POASEN.

De acuerdo con los datos obtenidos la energía producida en exceso es de 1130 KW/h, por lo que solo se pueden utilizar 565 KW/h según las leyes de cogeneración de energía, pero es suficiente energía para tener para los meses faltantes. De los 565 KW/h se hará uso de 403.6 KW/h, por lo que habría un sobrante de 161.4 KW/h. Para la selección del inversor es el mismo que en el caso 1.

Caso 6

Este caso se resolverá con los datos del caso 5. Esto se hace para dar realizar una comparación de costos por el cambio de tecnología que se va a aplicar. Por lo tanto, el número de paneles solares es de 22.

Selección del microinversor

Se tiene que el diseño de este sistema, conformado por 22 paneles, genera una potencia de 7.040 kW/h. Por eso se necesitará instalar 22 microinversores para cada uno de estos paneles fotovoltaicos. El microinversor tiene que soportar una potencia de entrada, como mínimo, de 320 W. Para este caso 7 se elige un microinversor Microinversor Enphase Energy IQ7X-96-2-US cuya potencia máxima es de 320W.

Resumen para cada uno de los casos						
	Caso #1	Caso #2	Caso #3	Caso #4	Caso #5	Caso #6
Cantidad de paneles	21	21	100	100	22	22
Potencia del inversor (KW)	6.8		15		15	
Cantidad de microinversores		21		100		22
Potencia generada(KW)	10336,77	10336,77	49222,72	49222,72	10828	10828

TABLA 9. RESUMEN DE CADA UNO DE LOS CASOS

Fuente: Elaboración propia

Análisis financiero

Para realizar los siguientes análisis financieros se hacen las siguientes consideraciones generales de cada uno de los casos.

- Según se logró investigar en fuentes digitales e información de la sucursal se estima un aumento anual de los servicios eléctricos que presta la JASEC de 6,78 %
- Se hizo una evaluación de algunas opciones de tasas de interés en el Sistema Bancario Nacional y se logró encontrar dos opciones financieras para desarrollar el proyecto, una con la Mucap de 20 % anual y otra con el Banco Nacional de Costa Rica con 15,9% anual. Se utilizará el 15,9% del Banco Nacional.
- Se consultó a la empresa Go Solar sobre el alcance y los costos de un posible mantenimiento básico para sistemas de paneles solares, como los de este alcance. Con la información que suministraron se pudo establecer un precio aproximado de mantenimiento de los paneles en cada caso.

Análisis financiero del diseño fotovoltaico, caso 1

En este apartado se hará el cálculo de la rentabilidad y viabilidad del proyecto. Aquí se encontrarán los precios de las facturas proforma emitidas por los distribuidores de los equipos, los costos de equipos, tarifas de las normas de generación distribuida establecidas por la POASEN y los precios regulados por la JASEC. Dichas normas serán tomadas en consideración en este apartado para realizar los cálculos necesarios.

Datos del consumo eléctrico de un año					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Potencia actual (KW/h)	740	705	831	735	833
Potencia con paneles (KW/h)	779,11	991,6	1131,17	874,94	862,44
Potencia subida a la red(W/h)	39,11	286,6	300,17	139,94	29,44
Total de energía almacenada	39,11	325,71	625,88	765,82	795,26
Energía bajada (49%)(W/h)					
Energía suministrada por la red(W/h)					
Facturación sin paneles	₡85 486	₡84 742	₡100 129	₡88 502	₡99 737
Facturación con paneles	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -

Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
785	979	789	839	977	913	977
766	810,36	783,28	826,56	758,28	784,22	968,68
-19	-168,64	-5,72	-12,44	-218,72	-128,78	-8,32
0	0	0	0	0	0	0
19	168,6	5,72	12,44	183,91		
				34,81	128,78	8,32
₡93 958	₡117 459	₡95 898	₡101 846	₡118 419	₡109 844	₡117 665
₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ 4 219	₡ 15 493	₡1 002

TABLA 10. ANÁLISIS DE CONSUMO ENERGÉTICO EN EL PERIODO DE UN AÑO.

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestran los datos necesarios para realizar el análisis financiero, como los cargos fijos que constituyen parte de la facturación eléctrica de la JASEC. Se pueden obtener de sumar la totalidad del costo de alumbrado público y el tributo a los bomberos. La tasa de interés de aumento aproximado de la facturación de la JASEC corresponde a 6,78%. Se busca financiar este proyecto mediante bancos estatales. Se buscó la tasa más competitiva para el caso. Además, se incluye en la inversión inicial el mantenimiento, ya que las empresas lo consideran como una inversión extra futuro. La tasa de interés corresponde a la tasa BN Eco Tecnología, de 15,9%.

Resumen de datos inversión inicial		
Cambio de Dólar (1)	₡	587
Cargos Fijos	₡	26 873
Interconexion	₡	235 000
Tasa Interes Banco		15,90%
Tasa Aumento Anual		6,78%
Inversion Inicial:		
Panales Solares	₡	1 858 500
Inversor central	₡	1 998 330
Estructura Regulable	₡	2 303 950
Mantenimiento	₡	75 000
Total de la inversion	₡	6 235 780
Notas: 1 El cambio del dólar se toma del banco central el día 25/6/2019		

TABLA 11. RESUMEN DE DATOS PARA INVERSIÓN INICIAL.

Fuente: Elaboración propia

Después de obtener los datos de los costos de la inversión inicial en el sistema para suplirlo por el sistema de paneles solares que se muestra en la tabla anterior, se procede a estimar la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN) para conocer la rentabilidad del proyecto.

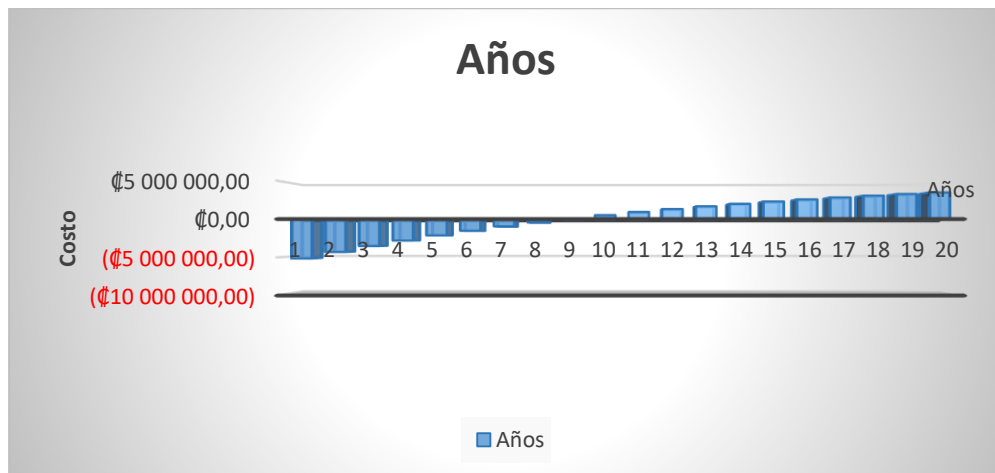


ILUSTRACIÓN 1. RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN A 20 AÑOS.

Fuente: Elaboración propia

TIR	24% Costo de capital	15,9%	Recupera
VAN ahorros		¢9 763 044,81	Año 8 y 10 meses
inversion		6160780	
VAN		¢3 602 264,81	

TABLA 12. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO.

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior representa los resultados del valor actual neto de ¢9 763 044 y una tasa interna de retorno de 24%. También cabe destacar que la recuperación de la inversión inicial ocurre a los ocho años y diez meses y luego se comienza con ganancias.

Análisis financiero del diseño fotovoltaico, caso 2

Como se mencionó anteriormente en el diseño fotovoltaico del caso 2, se hará un cambio de tecnología para comparar costos.

Resumen de datos inversión inicial	
Cambio de Dólar (1)	¢ 587
Cargos Fijos	¢ 26 873
Interconexion	¢ 235 000
Tasa Interes Banco	15,90%
Tasa Aumento Anual	6,78%
Inversion Inicial:	
Panales Solares	¢ 1 858 500
Micro Inversores	¢ 1 932 840
Estructura Regulable	¢ 2 303 950
Materiales de intalacion	¢ 250 000
Mantenimiento	¢ 75 000
Total de la inversion	¢ 6 420 290

Notas: 1 El cambio del dólar se toma del banco central el día 25/6/2019

TABLA 13. RESUMEN DE DATOS PARA LA INVERSIÓN INICIAL.

Fuente: Elaboración propia

TIR	23,9%	Costo de capital	15,9%	Recupera	
VAN ahorros inversion			¢9 777 283,69	Año 8 y 10 me	¢5 793 667,72
			6160780		
VAN			¢3 616 503,69		

TABLA 14. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO.

Fuente: Elaboración propia

En las anteriores tablas únicamente se cambia lo de la inversión inicial, los demás aspectos por evaluar se mantienen similares debido a que sus costos no varían en grandes cantidades. La tabla anterior representa los resultados del valor actual neto de ¢9 777 283.69 y una tasa interna de retorno de 23,9%. También cabe destacar que la recuperación de la inversión inicial ocurre a los ocho años.

Análisis financiero del diseño fotovoltaico del caso 3

Para el siguiente caso se utilizará 100% del área disponible para instalar los paneles solares en las instalaciones de Coopeinsermu. Además, se realizará con un inversor central. Se colocarán 100 paneles en el área disponible, para una potencia de 32KW/h. Se compara la energía generada con la de los paneles, contra el consumo eléctrico de la empresa.

Resumen de datos inversión inicial	
Cambio de Dólar (1)	¢ 587
Cargos Fijos	¢ 26 873
Interconexion	¢ 235 000
Tasa Interes Banco	15,90%
Tasa Aumento Anual	6,78%
Inversion Inicial:	
Paneles Solares	¢ 8 850 000
Inversores	¢ 5 182 560
Estructura Regulable	¢ 9 215 800
Materiales de intalacion	¢ 1 000 000
Mantenimiento	¢ 100 000
Total de la inversion	¢ 24 348 360
Notas: 1 El cambio del dólar se toma del banco central el dia 25/6/2019	

TABLA 15. RESUMEN DE DATOS PARA LA INVERSIÓN INICIAL.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la tabla de resumen, los costos de inversión inicial aumentan, ya que tanto la cantidad de paneles como los inversores y las estructuras se cuadruplican por el espacio disponible por instalar.

Datos del consumo eléctrico de un año					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Potencia actual (KW/h)	740	705	831	735	833
Potencia con paneles (KW/h)	3710,08	4721,92	5386,56	4166,4	4106,88
Potencia subida a la red(W/h)	2970,08	4016,92	4555,56	3431,4	3273,88
Total de energía almacenada	2970,08	6987	11542,56	14973,96	18247,84
Energía bajada (49%)(W/h)					
Energía suministrada por la red(W/h)					
Facturación sin paneles	€85 486	€84 742	€100 129	€88 502	€99 737
Facturación con paneles	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -

Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
785	979	789	839	977	913	977
3648	3858,88	3729,92	3936	3610,88	3734,4	4612,8
2863	2879,88	2940,92	3097	2633,88	2821,4	3635,8
21110,84	23990,72	26931,64	30028,64	32662,52	35483,92	39119,72
€93 958	€117 459	€95 898	€101 846	€118 419	€109 844	€117 665
€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -

TABLA 16. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO.

Fuente: Elaboración propia

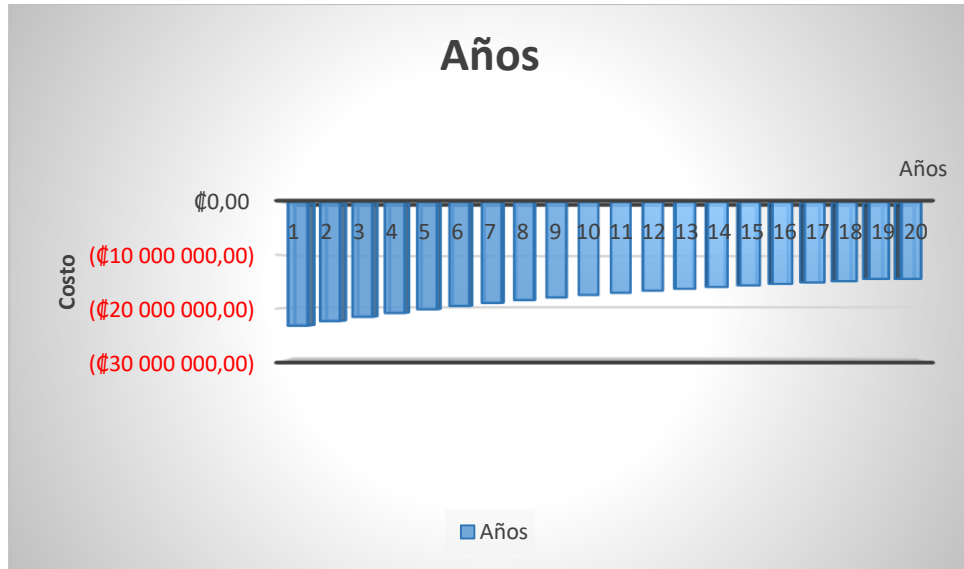


TABLA 17. RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN A 20 AÑOS.

Fuente: Elaboración propia

TIR	5,3%	Costo de capital	15,9%	
VAN ahorros			€9 784 806,59	No se recupera dentro de los 20 años analizados
inversion			24248360	
VAN			(€14 463 553,41)	

TABLA 18. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en las tablas anteriores hay un ahorro anual de €1 086 812, pero a pesar de ese ahorro anual la inversión no se recupera dentro de los 20 años analizados.

Análisis financiero del diseño fotovoltaico, caso 4

Con este diseño se busca utilizar 100% del área del techo disponible para la colocación de paneles solares, pero con la instalación de microinversor.

Resumen de datos inversión inicial	
Cambio de Dólar (1)	₡ 587
Cargos Fijos	₡ 26 873
Interconexion	₡ 235 000
Tasa Interes Banco	15,90%
Tasa Aumento Anual	6,78%
Inversion Inicial:	
Panales Solares	₡ 8 850 000
Inversores	₡ 9 204 000
Estructura Regulable	₡ 9 215 800
Materiales de instalacion	₡ 1 000 000
Mantenimiento	₡ 100 000
Total de la inversion	₡ 28 369 800
Notas: 1 El cambio del dólar se toma del banco central el día 25/6/2019	

TABLA 19. RESUMEN DE DATOS PARA INVERSIÓN INICIAL.

Fuente: Elaboración propia

TIR	3,9%	Costo de cap	15,9%	
VAN ahorros inversion			₡9 784 806,59	No se recupera dentro de los 20 años
			28369800	
VAN			(₡18 584 993,41)	

TABLA 20. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO.

Fuente: Elaboración propia

Al igual que en el caso anterior, la inversión no se recupera dentro de los 20 años. En este caso la inversión se recupera mucho más tarde.

Análisis financiero del diseño fotovoltaico, caso 5

Este caso se va a analizar igual que en el caso 1, según las normas de AR-NT-POASEN. Además, se harán los ajustes necesarios para cumplir tanto con la carga demandada como con las normas de AR-NT-POASEN.

Resumen de datos inversión inicial	
Cambio de Dólar (1)	₡ 587
Cargos Fijos	₡ 26 873
Interconexion	₡ 235 000
Tasa Interes Banco	15,90%
Tasa Aumento Anual	6,78%
Inversion Inicial:	
Panales Solares	₡ 1 947 000
Inversor central	₡ 1 295 640
Estructura Regulable	₡ 2 303 950
Mantenimiento	₡ 75 000
Total de la inversion	₡ 5 621 590
Notas: 1 El cambio del dólar se toma del banco central el dia 25/6/2019	

TABLA 21. RESUMEN DE DATOS PARA LA INVERSIÓN INICIAL.

Fuente: Elaboración propia

Datos del consumo eléctrico de un año					
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Potencia actual (KW/h)	740	705	831	735	833
Potencia con paneles (KW/h)	816,2	1038,8	1185	916,6	903,5
Potencia subida a la red(W/h)	76,2	333,8	354	181,6	70,5
Total de energía almacenada	76,2	410	764	945,6	1016,1
Energía bajada (49%)(W/h)					
Energía suministrada por la red(W/h)					
Facturación sin paneles	₡85 486	₡84 742	₡100 129	₡88 502	₡99 737
Facturación con paneles	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -

Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
785	979	789	839	977	913	977
802,5	848,9	820,5	865,9	794,3	821,5	1014,8
17,5	-130,1	31,5	26,9	-182,7	-91,5	37,8
1033,6	903,5	935	961,9	779,2	687,7	725,5
	130,1			182,7	91,5	
₡93 958	₡117 459	₡95 898	₡101 846	₡118 419	₡109 844	₡117 665
₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡ -	₡0

TABLA 22. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO.

Fuente: Elaboración propia

Después de obtener los datos de los costos de la inversión inicial del sistema de paneles solares que se muestra en la tabla anterior, se procede a estimar la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN) para conocer la rentabilidad del proyecto.

TIR	26,2%	Costo de cap	15,9%		Recupera	
VAN ahorros inversion			5571590		Año 7 y 3 meses	¢5 902 887,70
VAN			¢9 960 306,09			
			¢4 388 716,09			

TABLA 23. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO.

Fuente: Elaboración propia

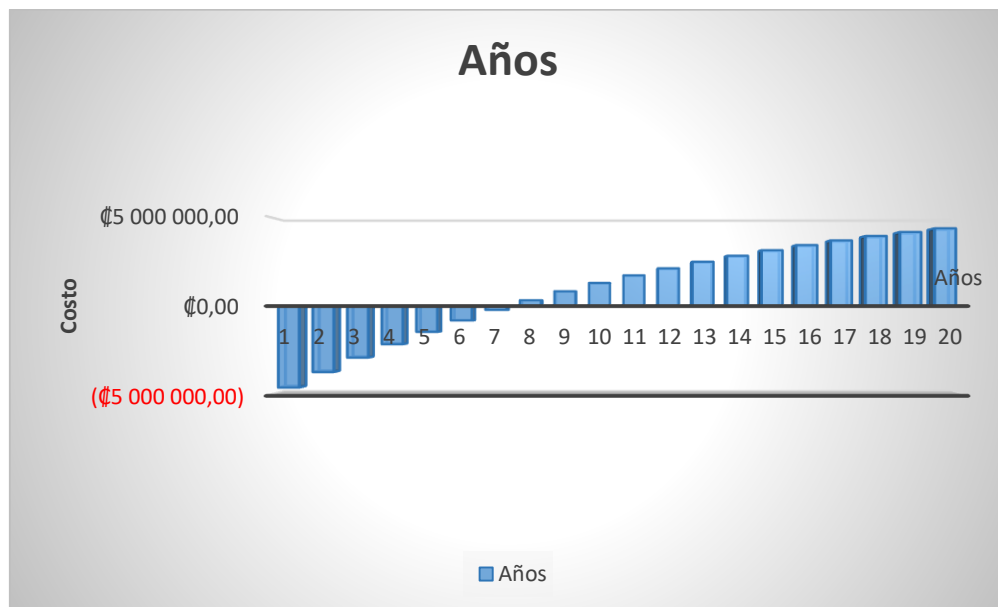


TABLA 24. RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN A 20 AÑOS.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del valor actual neto de ¢9 960 306 y una tasa interna de retorno de 26,2%. También cabe destacar que la recuperación de la inversión inicial ocurre a los 7 años y tres meses.

Análisis financiero del diseño fotovoltaico, caso 6

Este caso se analizará con los datos del caso 5. Esto se hace para realizar una comparación de costos por el cambio de tecnología por aplicar. Además, el número de paneles solares es de 22.

Resumen de datos inversión inicial	
Cambio de Dólar (1)	₡ 587
Cargos Fijos	₡ 26 873
Interconexion	₡ 235 000
Tasa Interes Banco	15,90%
Tasa Aumento Anual	6,78%
Inversion Inicial:	
Panales Solares	₡ 1 947 000
Micro Inversores	₡ 2 024 880
Estructura Regulable	₡ 2 303 950
Mantenimiento	₡ 75 000
Total de la inversion	₡ 6 350 830
Notas: 1 El cambio del dólar se toma del banco central el día 25/6/2019	

TABLA 25. RESUMEN DE DATOS PARA LA INVERSIÓN INICIAL.

Fuente: Elaboración propia

TIR	23,7%	Costo de capital	15,9%	Recupera
VAN ahorros inversion			₡9 960 306,09	Año 8 y 9 meses
			6300830	
VAN			₡3 659 476,09	

TABLA 26. RESULTADOS DEL ANÁLISIS FINANCIERO.

Fuente: Elaboración propia

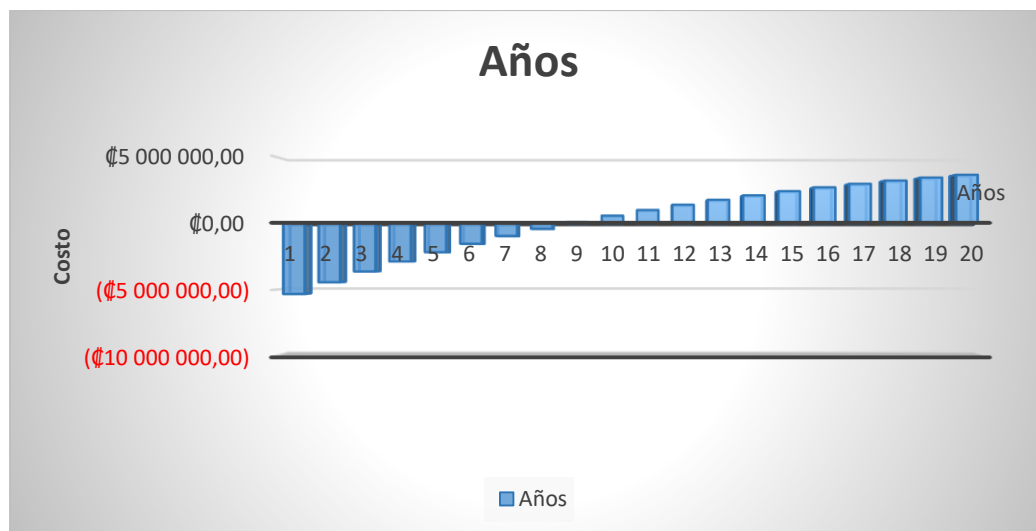


TABLA 27. RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN A 20 AÑOS.

Fuente: Elaboración propia

El resultado del valor actual neto es de €9 960 306 y la tasa interna de retorno de 23,6%. También cabe destacar que la recuperación de la inversión inicial ocurre a los ocho años y nueve meses.

Tabla de resumen para el análisis financiero

Resumen				
	Costo de la Inversión	Año de recuperación de la inversión	TIR	VAN
Caso 1	€ 6 235 780	8 y 10 meses	23,70%	€ 3 616 504
Caso 2	€ 6 420 290	8 y 10 meses	23,90%	€ 3 616 504
Caso 3	€ 24 348 360	No se recupera en los 20 años analizados	5,30%	-€ 14 463 553
Caso 4	€ 28 369 800	No se recupera en los 20 años analizados	3,90%	-€ 18 584 993
Caso 5	€ 5 621 590	7 y 3 meses	26,20%	€ 4 388 716
Caso 6	€ 6 350 830	8 y 9 meses	23,70%	€ 3 659 476

TABLA 28. TABLA DE RESUMEN DE CADA UNO DE LOS CASOS.

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de los conductores y las protecciones contra sobretensión

En este apartado se aplicará un procedimiento para realizar los cálculos de los conductores y la protección contra la sobretensión en los circuitos, tanto DC como en AC. Para el cálculo y el dimensionamientos de los conductores y protecciones se utilizará el Código Eléctrico Nacional (NEC) 2008.

Conductores en corriente directa (DC)

Los paneles que van a estar en conexión en serie en la corriente del circuito son iguales a los de la corriente máxima de un solo panel que según la ficha técnica es de 8,56 amperios en corriente directa. Según el Código Eléctrico Nacional (NEC) 2008, artículo 690.8 (B) (1) - “Dimensionamiento de los conductores y los dispositivos de protección contra sobre corriente “, se tiene que:

Corriente circuito DC

Para la corriente calculada para el circuito DC se tiene que el cable número 10 AWG THHN cumple con las especificaciones necesarias, ya que la corriente máxima que soporta es de 35 A, según la tabla 310.16 del NEC 2008.

Para el inversor central se debe colocar una protección o disyuntor para proteger los equipos en caso de un fallo o sobrecarga del sistema. Para esto hay que volver al artículo 690, específicamente el artículo 690.10 (B) del Código Eléctrico Nacional, el cual indica que se debe tomar el valor nominal de la salida del inversor para dimensionar la protección que se coloca. El inversor central indica que su corriente pico es de 27 a 240 V. Según el artículo 240, el cual indica la protección contra sobrecorriente, utilizando el artículo 240.6 (A) se utilizaría una protección o disyuntor de 30 A en la salida del inversor central.

Conductor en corriente alterna (AC)

En el NEC 2008 se especifica, en el artículo 690.10 inciso (B), que la corriente del circuito AC debe ser igual a la corriente nominal de la salida del inversor por utilizar. Además, según el artículo 690.8 (B) (1) para el dimensionamiento del conductor, dicho dimensionamiento debe tener la capacidad de llevar una corriente de 125%.

Según la ficha técnica del inversor se tiene que la corriente máxima continua de salida es de 48 A, por lo tanto:

I circuito DC = I_{max} Cont Inv * 1,25

Ecuación: Corriente circuito AC

$$I \text{ circuito DC} = 33 * 1.25 = 41.25$$

Según el cálculo anterior el cable que se debe escoger es un cable de calibre número 6 AWG THHN CU, ya que este soporta un valor de corriente de 70 A a 60 grados centígrados; esto según la tabla 310.16 del Código Eléctrico Nacional (NEC).

Protección sobretensión en AC

Para la protección en AC, según el artículo 240.6 inciso (A), de fusibles e interruptores autónomos de disparo fijo, se establece una protección contra sobretensión en AC de 30A.

Conductor del electrodo de puesto a tierra

De la tabla 250.66 del Código Eléctrico Nacional (NEC) 2008 se tiene que para un calibre de cable menor a 1/0 AW el calibre recomendado para el sistema de puesto a tierra es de # 6 AWG THW CU.

Tubería para instalación eléctrica

Para el cálculo necesario de la tubería que se necesita para la instalación de los sistemas, se realiza el uso de la tabla 5 del Código Eléctrico Nacional (NEC), Según la tabla mencionada anteriormente el calibre de los cables #1/0, # 1/0 y # 6 tienen un área de 143.4mm², 143.4 mm² y 46.4 mm² en ese orden respectivamente, una vez realizado esto, se hace la suma de las dimensiones de los conductores dando como resultado 333.2mm² y con el uso de la tabla 4 artículo 352 del NEC y con la suma de las tres áreas de los conductores se dice que se debe utilizar una tubería de 1 1/4 pulgada conduit metálico intermedio(IMC) para la instalación de los equipos.

Cálculo de caída de tensión

El cálculo se realizará en lo que es el ramal del inversor a los paneles, ya que la distancia del inversor al tablero principal es poca y no es factor por considerar.

$$I = \frac{P}{V}$$

I = corriente(A)

P=Potencia de entrada del inversor

V= Voltaje

$$I = \frac{11500}{240} = 47.91 A$$

Ecuación de caída de tensión

$$1/\phi = 2 * I * L * Rdc$$

Para el cálculo de la caída de tensión se usan las tablas 8 y 9 del Código Eléctrico Nacional (NEC), según el cual el Rdc de la ecuación anterior corresponde a 0.415 ohm/km y a una distancia de 140 metros.

$$1/\phi = 2 * I * L * Rdc$$

$$1/\phi = 2 * 47.81 * 0.14 * 0.415 = 5.55 V$$

El resultado de la caída de potencia es de 2.31%. A este resultado se llega al dividir los 5.55 voltios entre 240. Esto quiere decir que el cable número 1/0 AWG THHN cumple con las especificaciones necesarias.

Capítulo V. CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

1. Como se puede apreciar en la sección de análisis de resultados, se logró determinar con gran exactitud las condiciones de irradiación solar en la zona estudiada, por medio de herramientas como las POWER de la NASA, que detallan mes a mes la radiación pico del área en que se realiza el estudio, y se dan mejores proyecciones de la funcionalidad del sistema fotovoltaico. Por ello se obtuvo un valor promedio de 3.98 horas solares pico y a una altura de 1041,55 metros sobre el nivel del mar en el Valle Central a lo largo del periodo de 2018.
2. Se pudo obtener las cargas del edificio por medio de la empresa distribuidora de energía (JASEC) como también los costos mensuales del cobro eléctrico del edificio. Esto ayuda hacer más preciso la proyección a futuro de los consumos eléctricos anualmente, considerando que el edificio no va a tener cambios respecto al consumo. Donde se trabajó con un promedio de consumo anual de 10103 kW/h y un promedio mensual de 842 kW/h para un costo anual de ₡1.213.685. Tal como se ve en la tabla 2 del análisis de resultados.
3. Al analizar la zona a instalar como el lugar es muy amplio no hay obstáculos que afecten en la instalación de los paneles. Además, tanto el techo como el tablero eléctrico se encuentra en perfectas condiciones. Un detalle a considerar es que el techo no es plano si no que tiene una leve inclinación esto puede ser considerado para el mantenimiento de los paneles y la seguridad a considerar. Tal como se ven en las imágenes del anexo J.
4. Para la selección del mejor diseño fotovoltaico se realizaron seis casos
Primero se realizó un estudio con el 100% de la carga demandada, pero aplicando las normas de AR-NT-POASEN debido que se necesita subir energía a la red y bajarla. Además, de aplicarle un análisis con diferentes tecnologías para poder ver cuál es la mejor opción. También se realizó un análisis del 100% del techo para poder ver la capacidad de carga

generada y otros casos realizando los ajustes necesarios para generar el 100% con energía renovable, pero aplicando las normas de AR-NT-POASEN. Tal y como se logra observar en la tabla 26 se puede concluir que el caso número 5 es el más óptimo para la empresa ya que se está cumpliendo con todos los requisitos requeridos anteriormente además de ser el caso más rentable de los 6. Se recomienda a la empresa utilizar las demás propuestas fotovoltaicas como guía para una futura implementación de sistemas fotovoltaicos en la empresa.

5. La finalidad de este proyecto era percibir ahorros, a la hora de escoger la mejor opción para disminuir costos de energía para la propuesta de paneles solares y gracias a todos los datos obtenidos anteriormente se elaboró de forma efectiva el análisis financiero de cada uno de los posibles casos, dada por concluida exitosamente la selección del mejor escenario posible se ahorra la mayor cantidad de dinero.

Recomendaciones

Se recomienda implementar el caso de diseño cinco ya que los datos mostrados en el análisis financiero son positivos, podemos ver un valor actual neto de ¢4 388 716 y una tasa interna de retorno del 26.2% a 20 años con una tasa de interés del 15.9%, el tiempo de recuperación de la inversión es en el año siete y tres meses. Además, lo que es el caso número tres y cuatro sirvieron para ver la capacidad de carga total, que hay en el área disponible a instalar, ya que este espacio disponible se puede utilizar para ampliar a diferentes locales de Coopeinsermu.

Capítulo VI. Propuesta

Planteamientos de diseño

En este proyecto se plantearon dos propuestas de diseño principales, una con un inversor central y otra con microinversores, mediante un análisis de seis diferentes casos para elegir dentro de ellos. El objetivo principal es abastecer el total de la carga demandada por la institución con energías renovables.

Propuesta de implementación del diseño

Para la implementación de este diseño fotovoltaico cubre el 100% de la demanda de la empresa. Respetando las normas de cogeneración de energía que tiene el país además de buscar un ahorro en la factura eléctrica de la institución, disminuir gastos y generar un menor impacto ecológico por medio del uso de las fuentes de energía renovable, como la energía solar.

Días del Mes	HSP	Paneles (KW/h)	P. Gen(KW/h)
31	3,74	7,04	816,2
28	5,27	7,04	1038,8
31	5,43	7,04	1185,0
30	4,34	7,04	916,6
31	4,14	7,04	903,5
30	3,8	7,04	802,6
31	3,89	7,04	849,0
31	3,76	7,04	820,6
30	4,1	7,04	865,9
31	3,64	7,04	794,4
30	3,89	7,04	821,6
31	4,65	7,04	1014,8
Total de energía generada			10829,0

Para implementar este diseño fotovoltaico se deberá colocar un sistema de 22 paneles solares de 320W cada uno, lo que generan una potencia total de 7.040 kW/h. a continuación se va a mostrar una tabla del cálculo de la generación de energía mes a mes del diseño fotovoltaico.

En la siguiente tabla, en la cual se compara la potencia generada por este sistema con el consumo anual de kilowatts hora de la empresa.

Generación Fotovoltaica con el sistema de 7.040kWh en relación con los consumos actuales.			
Mes	Energía		
	Potencia Generada (kW/h)	Consumo (kW/h)	Exceso o Faltante
Enero	816,2	740	76,2
Febrero	1038,8	705	333,8
Marzo	1185	831	354
Abril	916,6	735	181,6
Mayo	903,5	833	70,5
Junio	802,5	785	17,5
Julio	848,9	979	-130,
Agosto	820,5	789	31,5
Setiembre	865,9	839	26,9
Octubre	794,3	977	-182,6
Noviembre	821,5	913	-91,4
Diciembre	1014,8	977	37,8
Total:	10828,9984	10103	Exceso: 1130 Faltante: 403.6

Para la sección del inversor central para 22 paneles solares con una potencia de 320 W cada uno. Por lo tanto, se realiza una multiplicación y se obtiene una potencia de 7.04 KW/h. Con esto

se elige un inversor central de Inversor Sunny Tripower 15000TL / 20000TL / 25000TL por su calidad y su potencia.

Se mostrará una tabla de resumen donde se indicará cada una de los costos para la inversión inicial del proyecto.

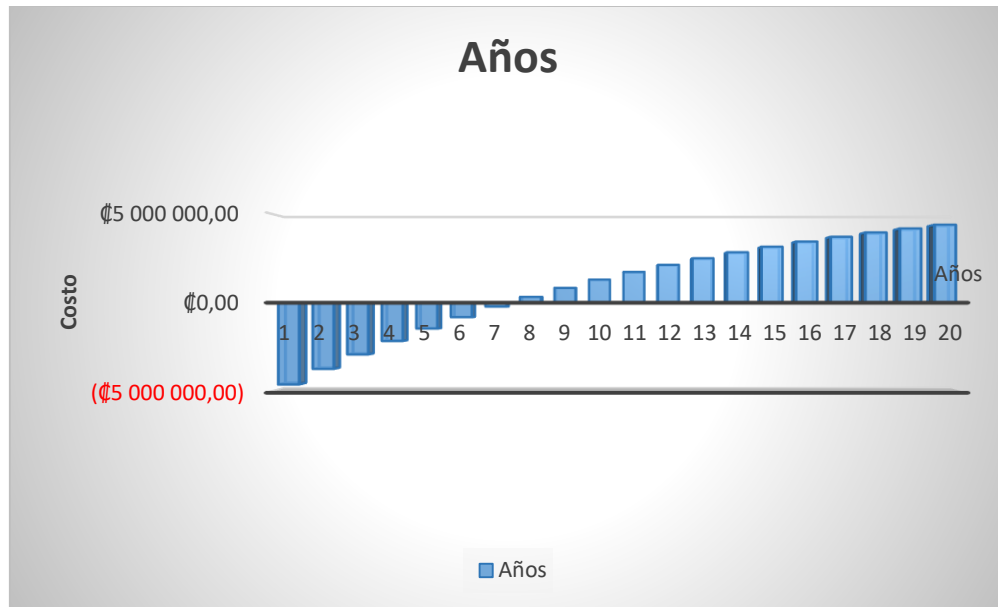
Resumen de datos inversión inicial	
Cambio de Dólar (1)	₺ 587
Cargos Fijos	₺ 26 873
Interconexion	₺ 235 000
Tasa Interes Banco	15,90%
Tasa Aumento Anual	6,78%
Inversion Inicial:	
Panales Solares	₺ 1 947 000
Inversor central	₺ 1 295 640
Estructura Regulable	₺ 2 303 950
Mantenimiento	₺ 75 000
Total de la inversion	₺ 5 621 590
Notas: 1 El cambio del dólar se toma del banco central el día 25/6/2019	

Datos del consumo eléctrico de un año												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Potencia actual (KW/h)	740	705	831	735	833	785	979	789	839	977	913	977
Potencia con paneles (KW/h)	816,2	1038,8	1185	916,6	903,5	802,5	848,9	820,5	865,9	794,3	821,5	1014,8
Potencia subida a la red(W/h)	76,2	333,8	354	181,6	70,5	17,5	-130,1	31,5	26,9	-182,7	-91,5	37,8
Total de energía almacenada	76,2	410	764	945,6	1016,1	1033,6	903,5	935	961,9	779,2	687,7	725,5
Energía bajada (49%)(W/h)							130,1			182,7	91,5	
Energía suministrada por la red(W/h)												
Facturación sin paneles	₺85 486	₺84 742	₺100 129	₺88 502	₺99 737	₺93 958	₺117 459	₺95 898	₺101 846	₺118 419	₺109 844	₺117 665
Facturación con paneles	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺ -	₺0

Después de obtener los datos de los costos de la inversión inicial del sistema supliendo por el sistema de paneles solares que se muestra en la tabla anterior, se procede a estimar la tasa interna de retorno (TIR) y el valor actual neto (VAN) para conocer la rentabilidad del proyecto.

SIN Paneles		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Año		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Mto Prevent		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mto Correct		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Costo de Ele	(1213 885	1295972,8	1383899,8	1477664,1	1577849,8	1684828,0	1799593	1921035,5	2051281,8	2190358,7	2338865,0	2497440,0	2667665,5	2847573,2	3040638,7	3246794,0	3465926,6	3701984,2	3952978,8	4220990,7		
Costos total	1213885	1295972,8	1383899,8	1477664,1	1577849,8	1684828,0	1799593,3	1921035,5	2051281,8	2190358,7	2338865,0	2497440,0	2667665,5	2847573,2	3040638,7	3246794,0	3465926,6	3701984,2	3952978,8	4220990,7		
Inversion																						
Con Paneles																						
-2300/Año		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
-1947000/Mto Prevent		75000,0	77250,0	79575	81954,5	8443,2	8695,6	8953,9	92240,5	9507,8	97858,0	100793,7	103817,5	106932,1	110140,0	113444,2	116847,6	120353,0	123963,6	127682,5	131513,0	
-1295640/Mto Correct		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
-2303991/Costo de Ele		26873,0	26895,0	30640,5	32717,9	34996,2	37304,9	39834,2	42534,9	45438,8	48498,2	51786,4	55297,5	59046,6	63050,0	67324,8	71889,4	76763,5	81968,1	87525,5	93459,7	
-5571591/Costos total		101873,0	105945,0	110208,0	114672,5	119349,4	124250,4	129388,1	134775,5	140426,5	146356,2	152580,1	159115,0	165978,7	173190,0	180769,0	188737,0	197116,5	205931,6	215208,0	224977,7	
Hijos de Caja																						
SIN Paneles																						
		1213885	1295972,84	1383899,802	1477664,14	1577849,769	1684827,983	1799593,321	1921035,54	2051281,75	2190358,66	2338864,97	2497440,02	2667665,45	2847573,22	3040638,68	3246793,98	3465926,61	3701984,24	3952978,77	4220990,73	
Con Paneles																						
		101873	105944,989	110208,097	114672,4612	119349,3731	124250,4431	129388,0811	134775,455	140426,538	146356,604	152580,08	159115,007	165978,701	173190,025	180769,016	188736,983	197116,492	205931,647	215207,989	224977,639	
Inversion		-5571591	1111812	1190027,85	1273631,792	1362991,679	1468501,396	156677,54	166671,24	1766260,09	191085,21	2044002,49	2166294,89	233825,01	250787,75	2674383,19	2859869,66	3058057,02	3268910,12	3496662,59	3737710,78	3996008,04
TIR																						
		26,2%	Costo de cap	15,9%	Recupera																	
VAN ahorros																						
			(13960 306,09		Año 7 y 3 meses (5 902 887,70																	
Inversion																						
			5571590																			
VAN																						
			(14388 716,09																			

TIR	26,2%	Costo de cap	15,9%	Recupera	
VAN ahorros			¢9 960 306,09	Año 7 y 3 meses	¢5 902 887,70
inversion			5571590		
VAN			¢4 388 716,09		



Los resultados del valor actual neto de ¢9 960 306 y una tasa interna de retorno del 26.2%. También cabe destacar que la recuperación de la inversión inicial ocurre a los 7 años y tres meses.

Colocación de los paneles en el tejado de la empresa

Para la colocación de los paneles solares de la empresa, se desea emplear una estructura coplanar, denominada por el proveedor para techo o cubierta plana. Esta estructura de cubierta plana posee triángulos adaptables para la inclinación deseada, lo cual permite adaptar el panel a un ángulo deseado y soportar la colocación de cuatro paneles solares. Únicamente se necesitan dos de

estas estructuras, además de que, comparadas con otras estructuras, estas son más atractivas por su bajo precio en el mercado.

Cálculo de conductores y protecciones contra sobre tensión

En este apartado se realizará el procedimiento para realizar los cálculos de los conductores y la protección contra la sobretensión en los circuitos, tanto DC como en AC, para el cálculo y dimensionamientos de los conductores y protecciones se utilizará el Código Eléctrico Nacional (NEC) 2008.

Conductores en corriente directa (DC)

Los paneles a estar en conexión en serie la corriente del circuito son igual a la corriente máxima de un solo panel que, según la ficha técnica es de 8,56 amperios en corriente directa. Según el Código Eléctrico Nacional (NEC) 2008, artículo 690.8 (B) (1) “Dimensionamiento de los conductores y los dispositivos de protección contra sobre corriente “, se tiene que:

Corriente circuito DC

Para la corriente calculada para el circuito DC se tiene que el cable número 10 AWG THHN cumple con las especificaciones necesarias, ya que la corriente máxima que soporta es de 35 A, según la tabla 310.16 del NEC 2008.

Para el inversor central se debe colocar una protección o disyuntor para proteger los equipos en caso de un fallo o sobrecarga del sistema. Para esto, véase de nuevo el artículo 690,

específicamente el artículo 690.10 (B) del Código Eléctrico Nacional, el cual indica que se debe tomar el valor nominal de la salida del inversor para dimensionar la protección que se coloca. El inversor central indica que su corriente pico es de 27 a 240 V. Según el artículo 240, el cual indica la protección contra sobre corriente, utilizando el artículo 240.6 (A) se utilizaría una protección o disyuntor de 30 A en la salida del inversor central.

Conductor en corriente alterna (AC)

En el NEC 2008, se especifica en el artículo 690.10 inciso (B), que la corriente del circuito AC debe ser igual a la corriente nominal de la salida del inversor por utilizar, además, según el artículo 690.8 (B) (1) para el dimensionamiento del conductor, dicho dimensionamiento debe tener la capacidad de llevar una corriente del 125%.

Según la ficha técnica del inversor se tiene que la corriente máxima continua de salida es de 48 A, por lo tanto:

$I_{\text{circuito DC}} = I_{\text{max Cont Inv}} * 1,25$

Ecuación: Corriente circuito AC

$$I_{\text{circuito DC}} = 33 * 1.25 = 41.25$$

Según el cálculo anterior el cable que se debe escoger es un cable de calibre número 6 AWG THHN CU ya que éste soporta un valor de corriente de 70 A a 60 grados centígrados esto, según la tabla 310.16 del Código Eléctrico Nacional (NEC).

Protección sobre tensión en AC

Para la protección en AC, según el artículo 240.6 inciso (A), de fusibles e interruptores autónomos de disparo fijo, se establece una protección contra sobre tensión en AC de 30A.

Conductor del electrodo de puesto a tierra

De la tabla 250.66 del Código Eléctrico Nacional (NEC) 2008 se tiene que para un calibre de cable menor a 1/0 AW el calibre recomendado para el sistema de puesto a tierra es de # 6 AWG THW CU.

Tubería para instalación eléctrica

Para el cálculo necesario de la tubería que se necesita para la instalación de los sistemas, se realiza el uso de la tabla 5 del Código Eléctrico Nacional (NEC), Según la tabla mencionada anteriormente el calibre de los cables #1/0, # 1/0 y # 6 tienen un área de 143.4mm², 143.4 mm² y 46.4 mm² en ese orden respectivamente, una vez realizado esto, se hace la suma de las dimensiones de los conductores dando como resultado 333.2mm² y con el uso de la tabla 4 artículo 352 del NEC y con la suma de las tres áreas de los conductores se dice que se debe utilizar una tubería de 1 1/4 pulgada conduit metálico intermedio(IMC) para la instalación de los equipos.

Calculo de caída de tención

El cálculo se realizará de lo que es el ramal del inversor a los paneles, ya que del inversor al tablero principal hay poca distancia y no es factor por considerar.

$$I = \frac{P}{V}$$

I = corriente(A)

P=Potencia de entrada del inversor

V= Voltaje

$$I = \frac{11500}{240} = 47.91 A$$

Ecuación de caída de tensión

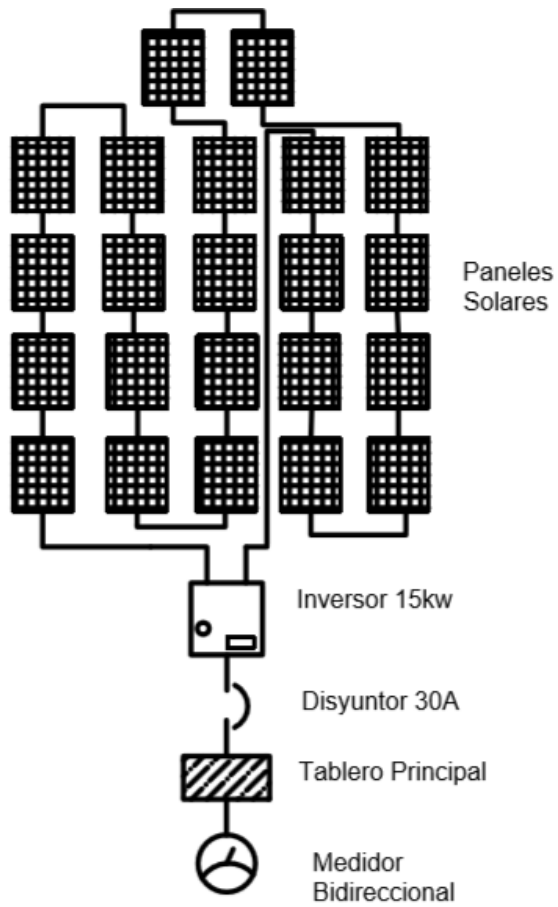
Para el cálculo de la caída de tensión se usan las tablas 8 y 9 del Código Eléctrico Nacional (NEC), según el cual el Rdc de la ecuación anterior corresponde a 0.415 ohm/km y a una distancia de 140 metros considerando la distancia para la colocación del medidor bidireccional. correcciones

$$1/\phi = 2 * I * L * Rdc$$

$$1/\phi = 2 * 47.81 * 0.14 * 0.415 = 5.55 V$$

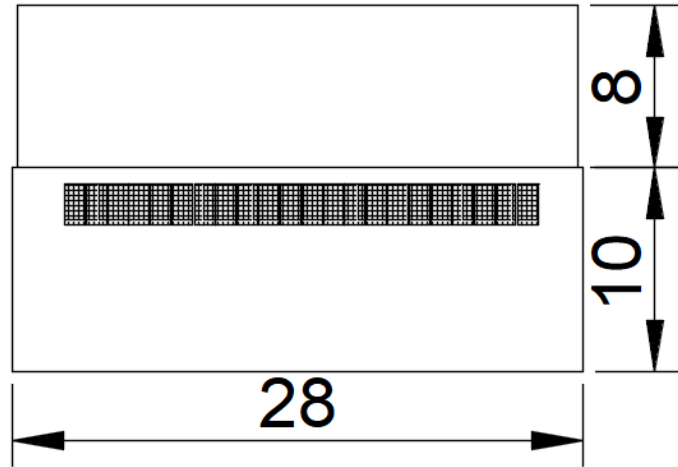
El resultado de la caída de potencia es de 2.31%. A este resultado se llega al dividir los 5.55 voltios entre 240. Esto quiere decir que el cable número 1/0 AWG THHN cumple con las especificaciones necesarias.

Con esta información se puede generar la siguiente representación del diagrama unifilar:

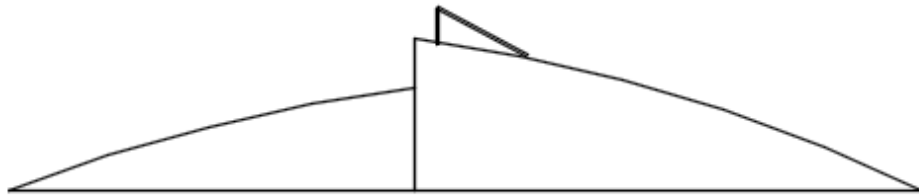


En las siguientes imágenes se presenta la colocación de los paneles en las instalaciones para el diseño fotovoltaico en la empresa. El espacio en el rectángulo de las imágenes es el espacio para el mantenimiento de los paneles.

Caso #5



Techo visto de costado





Bibliografía

Arecep. (2018). *Gaceta 28*.

Ecologica, E. (Recuperado en junio 2019). <https://energia-ecologica.com/energia-solar/como-funcionan-los-paneles-solares/>.

Serrano, J. C. (2016). *Configuracion de instalaciones Solares fotovoltaicos* .

SL, S. S. (2015). *SFE Solar Logistic S*.

Solar, D. (Recuperado Junio 2019). https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-suscomponentes/conexion-paneles-solares-en-serie-en-paralelo_1.

Solar, S. (Recuperado Junio 2019). <http://www.sitiosolar.com/los-paneles-solares-fotovoltaicos/>.

UCR. (2017). *Aporte de la UCR permitirá avanzar hacia la integración de la energía solar en el esquema energético costarricense*.

Vilora, J. R. (2013). *Energias renovables* .

Apendices

APÉNDICE A. IMAGEN DEL AÉREA DE LA UBICACIÓN DE LA EMPRESA.



APÉNDICE B. COPIA DE FACTURA DE LA EMPRESA.

Medidor 03187506

228	21/06/2018	13963564	93,958.00	PAGO JASEC 03187506/COOPEINSERMU R.L
228	20/07/2018	17424679	117,459.00	PAGO JASEC 03187506/COOPEINSERMU R.L
228	22/08/2018	11194331	95,898.00	PAGO JASEC 03187506/COOPEINSERMU R.L
228	18/09/2018	14462370	101,846.00	PAGO JASEC 03187506/COOPEINSERMU R.L
228	22/10/2018	18473017	118,419.00	PAGO JASEC 03187506/COOPEINSERMU R.L
228	21/11/2018	12180417	109,844.00	PAGO JASEC 03187506/COOPEINSERMU R.L
228	24/12/2018	16581774	117,665.00	22-12-18 PAGO JASEC 03187506/COOPEINSERMU R.L
228	21/01/2019	19970726	85,486.00	PAGO JASEC 03187506/COOPEINSERMU R.L
228	20/02/2019	13751249	84,742.00	PAGO JASEC 03187506/COOPEINSERMU R.L
228	22/03/2019	17679299	100,129.00	PAGO JASEC 03187506/COOPEINSERMU R.L
228	25/04/2019	11587641	88,502.00	PAGO JASEC 03187506/COOPEINSERMU R.L
228	20/05/2019	14887507	99,737.00	PAGO JASEC 03187506/COOPEINSERMU R.L

Consumo de Junio 2018 a Mayo 2019 **₡1,213,685.00**

APÉNDICE C. TARIFAS DE ACCESO (TA) PARA DISTINTAS EMPRESAS.

Cuadro 4.3.: Tarifas de acceso a la red

Empresa	Tarifa (col/ <i>kWh</i>)
ICE	28,44
CNFL	17,92
JASEC	14,68
ESPH	8,48
COOPELESCA	9,50
COOPEGUANACASTE	15,98
COOPESANTOS	27,13
COOPEALFARO RUIZ	17,96

Cuadro 4.4.: Costo de interconexión para generadores tipo autoconsumo

Tipo de medidor	Cargo por interconexión (col)
Medidor monofásico	48687
Medidor trifásico	542004
Medidor trifásico con registro	1286240

APÉNDICE D. FICHA TÉCNICA DE PANEL SOLAR JINKO SOLAR DE 320W

www.jinkosolar.com



Principales características



Célula solar 4 bus bar:

La célula solar 4 bus bar adopta una nueva tecnología para mejorar la eficiencia de los módulos, ofrece un mejor aspecto estético, lo que es perfecto para su instalación en los tejados.



Potencia Elevada:

Los módulos de 72 células policristalinas alcanzan potencias de hasta 320Wp.



Garantía Anti-Degradación Potencial Inducida (PID):

Se garantiza una degradación limitada de la potencia del módulo Eagle causado por la Degradación Potencial Inducida (PID por sus siglas en inglés) bajo condiciones de 40°C/85% de humedad relativa para la producción en masa.



Rendimiento con baja irradiación lumínica:

El avanzado cristal y el texturado de la superficie de la célula fotovoltaica permiten un resultado excelente en condiciones de baja irradiación lumínica.



Resistencia en condiciones climatológicas adversas:

Certificado para soportar rachas de viento (2.400 Pascal) y cargas de nieve (3.400 Pascal).



Resistencia en condiciones ambientales extremas:

Alta resistencia a la salina marina y al amoníaco, certificado por TÜV NORD.

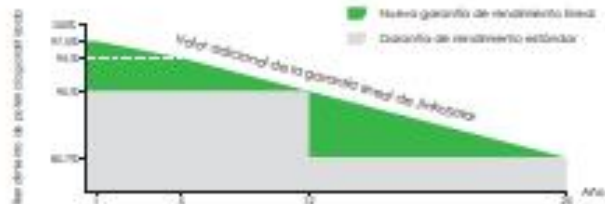


Coefficiente de Temperatura:

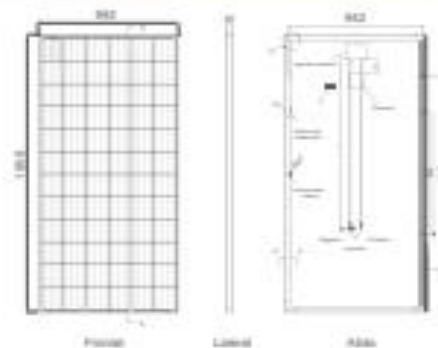
El coeficiente de temperatura mejorado reduce la pérdida de potencia en altas temperaturas.

GARANTÍA DE RENDIMIENTO LINEAL

10 Años de garantía de producto - 25 Años de garantía de potencia lineal



Dibujos técnicos

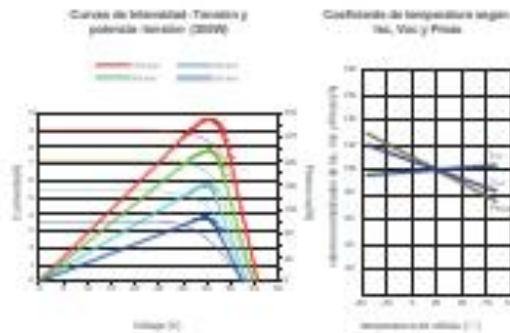


Embalaje

Dimensiones del embalaje

25 pzs./caja, 50 pzs./caja, 100 pzs./caja, 140 pzs./caja

Rendimiento eléctrico y dependencia de la temperatura



Características mecánicas

Tipo de célula	Policristalina 156x156 mm (6 pulgadas)
Nº de células	72 (6x12)
Dimensiones	1956x960x40mm (77.83x38.05x1.57 pulgadas)
Peso	26,5 kg (58,4 libras)
Vida útil	40 años, alta resistencia, bajo consumo en fase de vida útil prolongado
Estructura	Aluminio de aleación anodizado
Caja de conexión	Clase IP67
Cables de salida	50V 1x40mm, longitud 900mm

ESPECIFICACIONES

Tipo de módulo	300W(3PP)		330W(3PP)		360W(3PP)		390W(3PP)	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potencia nominal (Pmax)	300Wp	330Wp	330Wp	330Wp	360Wp	360Wp	390Wp	390Wp
Tensión en el punto Pmax (Vmp)	36.8V	33.8V	37.0V	33.9V	37.2V	34.3V	37.4V	34.7V
Corriente en el punto Pmax (Imp)	8.15A	8.75A	8.38A	8.81A	8.48A	8.94A	8.96A	8.96A
Tensión en circuito abierto (Voc)	43.8V	42.2V	44.6V	42.7V	45.2V	43.2V	46.4V	44.7V
Corriente de cortocircuito (Isc)	8.81A	7.23A	8.86A	7.26A	8.91A	7.26A	8.95A	7.30A
Eficiencia del módulo (%)	16.7%		16.96%		16.23%		16.46%	
Temperatura de funcionamiento (°C)					-40°C ~ +85°C			
Tensión máxima del sistema					1000VDC (IEC)			
VALORES máximos recomendados de los fusibles					15A			
Tolerancia de potencia nominal (%)					0 ~ +5%			
Coefficiente de temperatura de Pmax					-0.40%/°C			
Coefficiente de temperatura de Voc					-0.36%/°C			
Coefficiente de temperatura de Isc					0.01%/°C			
TEMPERATURA operacional nominal de célula					45±2°C			

STC: ☀️ Radiación 1000 W/m² 🏠 Célula módulo 25°C ☁️ AM=1.5

NOCT: ☀️ Radiación 800 W/m² 🏠 Ambiente módulo 20°C ☁️ AM=1.5 🌬️ Velocidad del viento 1m/s

* TOLERANCIA de medición de potencia: ± 3%

La empresa se reserva el derecho final de explicación de toda la información presentada por este medio: EP-MKT-325PP_rev2018

Conext XW+ NA hybrid inverter/charger

One solution for global power needs

Conext™ XW+ is an adaptable single-phase and three-phase inverter/charger system with grid-tie functionality and dual AC power inputs. Available solar charge controllers, monitoring, and automated generator control modules enable further adaptability. From a single Conext XW+ unit to clusters up to 102 kW, the Conext XW+ is a scalable system that allows for the integration of solar capacity as required. Adaptable and scalable, the Schneider Electric™ Conext XW+ system is the one solution for grid-interactive and off-grid, residential and commercial, solar and backup power applications.

Why choose Conext XW+ NA?



Higher return on investment

- Excellent load starting with high 30-minute and 5-second power
- Performs in hot environments up to 70°C
- Intelligent functionality enables solar prioritization, load shifting, peak shaving, and assists small generators with heavy loads
- Backup power with grid-tie functionality converts external DC power to AC power for export to the utility grid



Flexible

- Single or three phase systems from 7.0 kW to 102 kW
- Supports DC coupled and AC coupled off-grid and grid-tie architectures
- Supports charging of Lithium Ion battery packs



Easy to service

- Field serviceable with replacement boards and spare parts
- Monitor, troubleshoot or upgrade firmware with Conext ComBox



Designed for reliability

- Extensive quality and reliability testing
- Highly Accelerated Life Testing (HALT)
- Globally proven and recognized field performance



Easy to install

- System configures quickly into compact wall-mounted system
- Integrates both grid and generator power with dual AC inputs
- Balance-of-system components integrates battery bank, solar charge controllers and generators
- Commission the entire system with PC software tool and Conext ComBox



Product applications



Residential grid-tie solar with backup power



Self-consumption



Off-grid solar



Backup power



Community electrification

solar.schneider-electric.com



Conext XW series (120/240V)

Device short name	XW+ 5548 NA	XW+ 6848 NA
Inverter AC output		
Output power (continuous) at 25°C	5500 W	6800 W
Overload 30 min / 60 sec at 25°C	7000 W / 9500 W	8500 W / 12000 W
Output power (continuous) at 40°C	4500 W	6000 W
Maximum output current 60 seconds (rms)	82 A (120 V); 41 A (240 V)	102 A (120 V); 52 A (240 V)
Output frequency (selectable)	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Output voltage	L-N: 120 V +/- 3%; L-L: 240 V +/- 3%	L-N: 120 V +/- 3%; L-L: 240 V +/- 3%
Total harmonic distortion (THD) at rated power	< 5%	< 5%
Idle consumption search mode	< 8 W	< 8 W
Input DC voltage range	42 to 60 V (48 V Nominal)	42 to 60 V (48 V Nominal)
Maximum input DC current	150 A	180 A
Charger DC output		
Maximum output charge current	110 A	140 A
Output voltage range	40 - 64 V (48 V Nominal)	40 - 64 V (48 V Nominal)
Charge control	Three stage, two stage, boost, custom	Three stage, two stage, boost, custom
Charge temperature compensation	Battery temperature sensor included	Battery temperature sensor included
Power factor corrected charging	0.98	0.98
Compatible battery types	Flooded (default), Gel, AGM, LiFePO4, custom*	Flooded (default), Gel, AGM, LiFePO4, custom*
Batter bank range (scaled to PV array size)	440 - 10000 Ah	440 - 10000 Ah
AC input		
AC 1 (grid) input current (selectable limit)	3 - 60 A (60 A default)	3 - 60 A (60 A default)
AC 2 (generator) input current (selectable limit)	3 - 60 A (60 A default)	3 - 60 A (60 A default)
Automatic transfer relay rating / typical transfer time	60 A / 8 ms	60 A / 8 ms
AC input voltage limits (bypass/charge mode)	L-N: 78 - 140 V (120 V nominal) L-L: 160 - 270 V (240 V nominal)	L-N: 78 - 140 V (120 V nominal) L-L: 160 - 270 V (240 V nominal)
AC input frequency range (bypass/charge mode)	55 - 65 Hz (default); 52 - 68 Hz (allowable)	55 - 65 Hz (default); 52 - 68 Hz (allowable)
AC grid-tie output		
Grid sell current range on AC1 (selectable limit)	0 to 40 A (120 V) / 0 to 20 A (240 V)	0 to 48 A (120 V) / 0 to 27 A (240 V)
Grid sell voltage range on AC1 (auto adjusts entering sell mode)	L-N: 105.5 to 132 +/- 1.5 V L-L: 211 to 264 +/- 3.0 V	L-N: 105.5 to 132 +/- 1.5 V L-L: 211 to 264 +/- 3.0 V
Grid sell frequency range on AC1 (auto adjust entering sell mode)	59.4 to 60.4 +/- 0.05 Hz	59.4 to 60.4 +/- 0.05 Hz
Efficiency		
Peak	95.7%	95.7%
CEC weighted efficiency	93.0%	92.5%
General specifications		
Part number	865-5548-01	865-6848-01
Product / shipping weight	53.5 kg (118.0 lb) / 75.0 kg (165.0 lb)	55.2 kg (121.7 lb) / 76.7 kg (169.0 lb)
Product dimensions (H x W x D)	58 x 41 x 23 cm (23 x 16 x 9 in)	58 x 41 x 23 cm (23 x 16 x 9 in)
Shipping dimensions (H x W x D)	71.1 x 57.2 x 39.4 cm (28.0 x 22.5 x 15.5 in)	71.1 x 57.2 x 39.4 cm (28.0 x 22.5 x 15.5 in)
IP degree of protection	NEMA Type 1 Indoor	NEMA Type 1 Indoor
Operating air temperature range	-25°C to 70°C (-13°F to 158°F) (power derated above 25°C (77°F))	-25°C to 70°C (-13°F to 158°F) (power derated above 25°C (77°F))
Warranty (Depending on the country of installation)	2 or 5 years	2 or 5 years
Features		
System monitoring and network communications	Available	Available
Intelligent features	Grid sell, peak load shave, generator support, prioritized consumption of battery or external DC energy	Grid sell, peak load shave, generator support, prioritized consumption of battery or external DC energy
Auxiliary port	0 to 12 V, maximum 250 mA DC output, selectable triggers	0 to 12 V, maximum 250 mA DC output, selectable triggers
Off-grid AC coupling	Frequency control	Frequency control
Regulatory approval		
Safety	UL1741, CSA 107.1	UL1741, CSA 107.1
EMC directive	FCC and Industry Canada Class B	FCC and Industry Canada Class B
Interconnect	IEEE 1547 and CSA 107.1	IEEE 1547 and CSA 107.1
Compatible products		
Conext XW+ Power Distribution Panel	865-1014-01	865-1014-01
Conext System Control Panel	865-1050	865-1050
Conext Automatic Generator Start	865-1060	865-1060
Conext MPPT 60 150	865-1030-1	865-1030-1
Conext MPPT 60 600	865-1032	865-1032
Conext ComBox	865-1058	865-1058
Conext Battery Monitor	865-1080-01	865-1080-01
Conext Battery Fuse Combiner Box	865-1021-01	865-1021-01
Conext Portable Installation and Configuration Tool	Product no. 865-1155-01	Product no. 865-1155-01

Specifications are subject to change without notice.

SUNNY TRIPOWER
15000TL / 20000TL / 25000TL



STP 15000TL, 20 / STP 20000TL, 26 / STP 25000TL, 30

<p>Rentable</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rendimiento máximo del 98,4 % 	<p>Seguro</p> <ul style="list-style-type: none"> • Descargador de sobretensión de CC integrado (DPS tipo II) 	<p>Flexible</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tensión de entrada de CC hasta 1000 V • Diseño de plantas perfecto gracias al concepto de multistring • Pantalla opcional 	<p>Innovador</p> <ul style="list-style-type: none"> • Innovadoras funciones de gestión de red gracias a Integrated Plant Control • Suministro de potencia reactiva las 24 horas del día (Q on Demand 24/7)
--	--	--	---

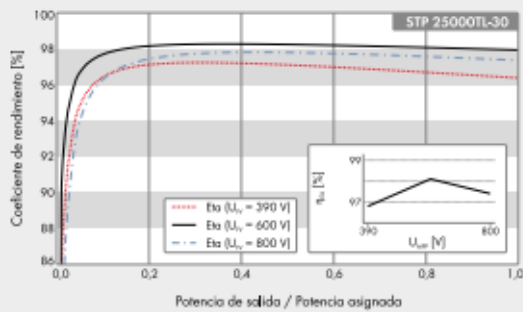
SUNNY TRIPOWER
15000TL / 20000TL / 25000TL

El especialista flexible para plantas comerciales y centrales fotovoltaicas de gran tamaño

El Sunny Tripower es el inversor ideal para plantas de gran tamaño en el sector comercial e industrial. Gracias a su rendimiento del 98,4 %, no solo garantiza unas ganancias excepcionalmente elevadas, sino que a través de su concepto de multistring combinado con un amplio rango de tensión de entrada también ofrece una alta flexibilidad de diseño y compatibilidad con muchos módulos fotovoltaicos disponibles.

La integración de nuevas funciones de gestión de energía como, por ejemplo, Integrated Plant Control, que permite regular la potencia reactiva en el punto de conexión a la red tan solo por medio del inversor, es una firme apuesta de futuro. Esto permite prescindir de unidades de control de orden superior y reducir los costes del sistema. El suministro de potencia reactiva las 24 horas del día (Q on Demand 24/7) es otra de las novedades que ofrece.

Curva de rendimiento



Accesorios

- Interfaz RS485 DM-485CB-10
 - Descargador de sobretensión de CC tipo II, entradas A y B DCS-PDK1D-10
 - Relé multifunción MFR01-10
 - Power Control Module PWCMCO-10
- De serie ○ Opcional — No disponible
 Datos en condiciones nominales
 Actualizado: octubre de 2017

	Sunny Tripower 20000TL	Sunny Tripower 25000TL
Datos técnicos		
Entrada (CC)		
Potencia máx. del generador fotovoltaico	36000 Wp	45000 Wp
Potencia asignada de CC	20440 W	25550 W
Tensión de entrada máx.	1000 V	1000 V
Rango de tensión MPP/tensión asignada de entrada	320 V a 800 V/600 V	390 V a 800 V/600 V
Tensión de entrada mín./de inicio	150 V/188 V	150 V/188 V
Corriente máx. de entrada, entradas A/B	33 A/33 A	33 A/33 A
Número de entradas de MPP independientes/strings por entrada de MPP	2/A-3; B-3	2/A-3; B-3
Salida (CA)		
Potencia asignada (a 230 V, 50 Hz)	20000 W	25000 W
Potencia máx. aparente de CA	20000 VA	25000 VA
Tensión nominal de CA	3 / N / PE, 220 V / 380 V 3 / N / PE, 230 V / 400 V 3 / N / PE, 240 V / 415 V	3 / N / PE, 220 V / 380 V 3 / N / PE, 230 V / 400 V 3 / N / PE, 240 V / 415 V
Rango de tensión de CA	180 V a 280 V	180 V a 280 V
Frecuencia de red de CA/rango	50 Hz/44 Hz a 55 Hz 60 Hz/54 Hz a 65 Hz	50 Hz/44 Hz a 55 Hz 60 Hz/54 Hz a 65 Hz
Frecuencia asignada de red/tensión asignada de red	50 Hz/230 V	50 Hz/230 V
Corriente máx. de salida/corriente asignada de salida	29 A/29 A	36,2 A/36,2 A
Factor de potencia a potencia asignada/factor de diseño ajustable	1/0 inductivo a 0 capacitivo	1/0 inductivo a 0 capacitivo
THD	≤ 3%	≤ 3%
Fases de inyección/conexión	3/3	3/3
Rendimiento		
Rendimiento máx./europeo	98,4%/98,0%	98,3%/98,1%
Dispositivos de protección		
Punto de desconexión en el lado de entrada	●	●
Monitorización de toma a tierra/de red	● / ●	● / ●
Descargador de sobretensión de CC, DPS tipo II	○	○
Protección contra polarización inversa de CC/resistencia al cortocircuito de CA con separación galvánica	● / ● / -	● / ● / -
Unidad de seguimiento de la corriente residual sensible a la corriente universal	●	●
Clase de protección (según IEC 62109-1)/categoría de sobretensión (según IEC 62109-1)	I / AC; II; DC; II	I / AC; II; DC; II
Datos generales		
Dimensiones (ancho/alto/fondo)	661/682/264 mm (26,0/26,9/10,4 in)	661/682/264 mm (26,0/26,9/10,4 in)
Peso	61 kg (134,48 lb)	61 kg (134,48 lb)
Rango de temperatura de servicio	-25 °C a +60 °C (-13 °F a +140 °F)	-25 °C a +60 °C (-13 °F a +140 °F)
Emisión sonora, típica	51 dB(A)	51 dB(A)
Autoconsumo nocturno	1 W	1 W
Topología/principio de refrigeración	Sin transformador/OptiCool	Sin transformador/OptiCool
Tipo de protección (según IEC 60529)	IP65	IP65
Clase climática (según IEC 60721-3-4)	4K4H	4K4H
Valor máximo permitido para la humedad relativa (sin condensación)	100%	100%
Equipamiento / función / accesorios		
Conexión de CC/CA	SUNCLIX/Borne de conexión por resorte	SUNCLIX/Borne de conexión por resorte
Pantalla	○	○
Interfaz: RS485, Speedwire/Webconnect	○ / ●	○ / ●
Interfaz de datos: SMA Modbus / SunSpec Modbus	● / ●	● / ●
Relé multifunción/Power Control Module	○ / ○	○ / ○
OptiTrac: Global Peak/Integrated Plant Control/Q on Demand 24/7	● / ● / ●	● / ● / ●
Compatible con redes aisladas/con SMA Fuel Save Controller	● / ●	● / ●
Garantía: 5/10/15/20 años	● / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○
Certificados y autorizaciones (píalos a petición)		
* No es válido para todas las ediciones nacionales de la norma EN 50438		
Modelo comercial	STP 20000TL-30	STP 25000TL-30

APÉNDICE G. REPRESENTACIÓN DE ESTRUCTURA POR UTILIZAR PARA LOS PANELES.



Características:

- Estructura de aluminio compuesta de los siguientes elementos:

4 x Ángulos regulables de 30 a 45 grados.

8 x Conectores para creuamiento de carriles.

2 x Carriles de 350 cm + 2 x Carriles de 200 cm.

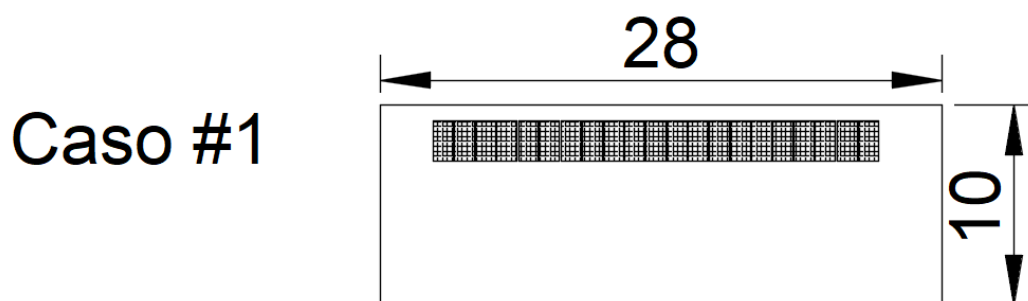
4 x Juntacarriles.

4 x pinzas externas.

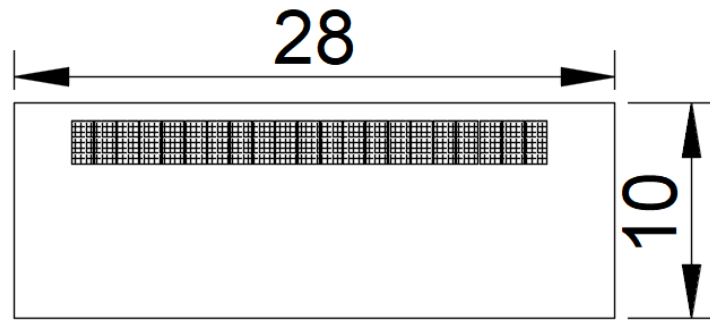
8 x pinzas internas.

8 x piezas bracket de unión entre tejado y estructura.

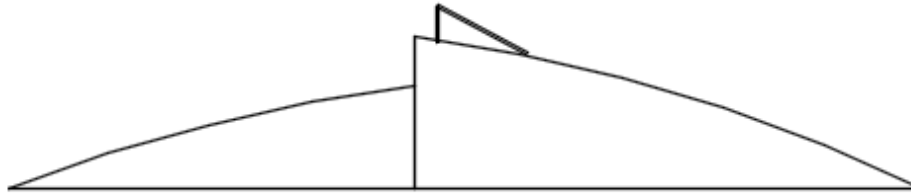
APÉNDICE H. CAPTURA DE PLANO DEL TECHO DE LA EMPRESA Y CADA UNO DE SUS CASOS.



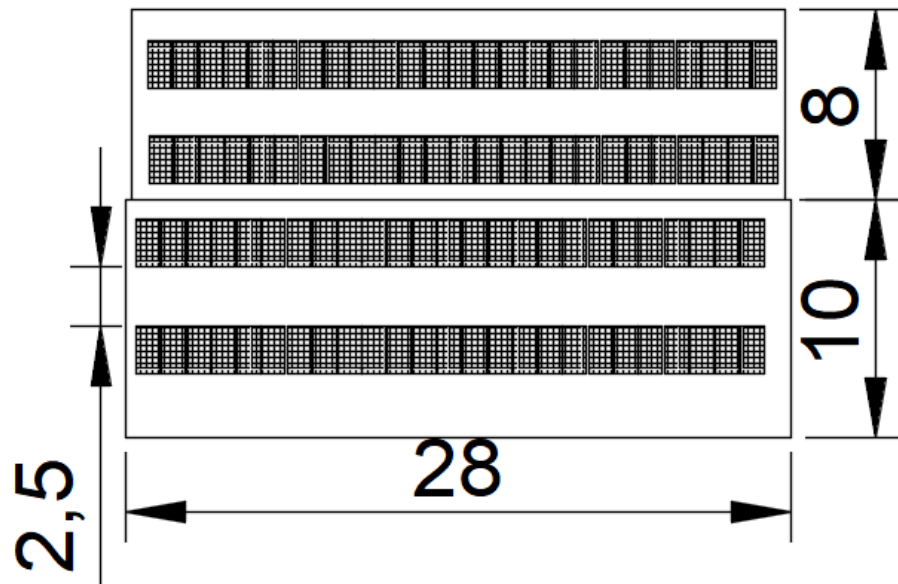
Caso #2



Techo visto de costado

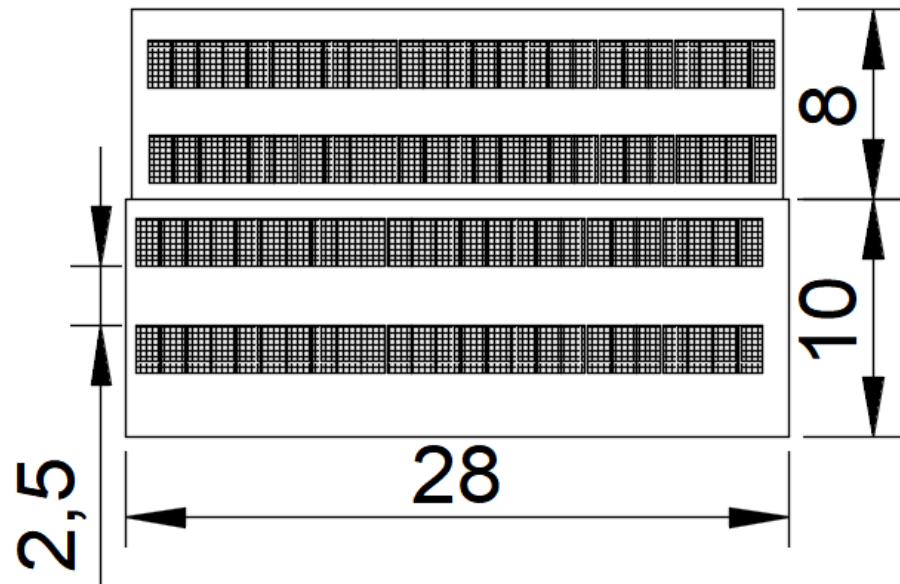


Caso #3

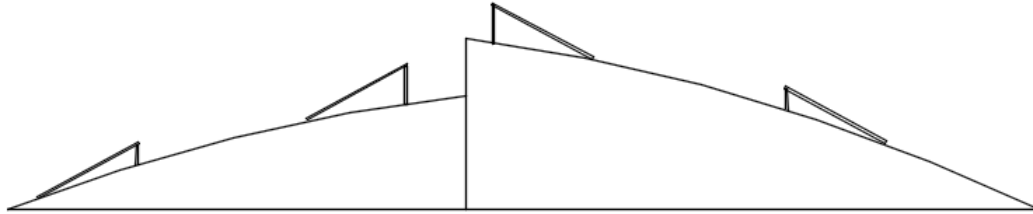


Artiv.

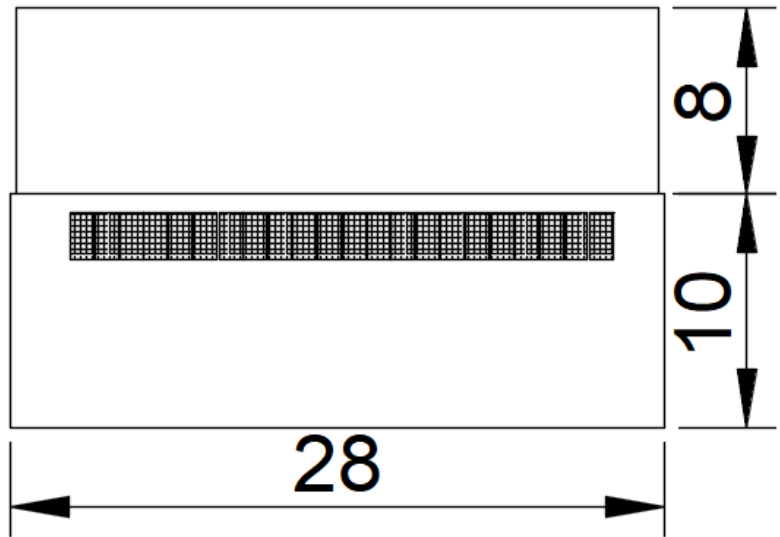
Caso #4



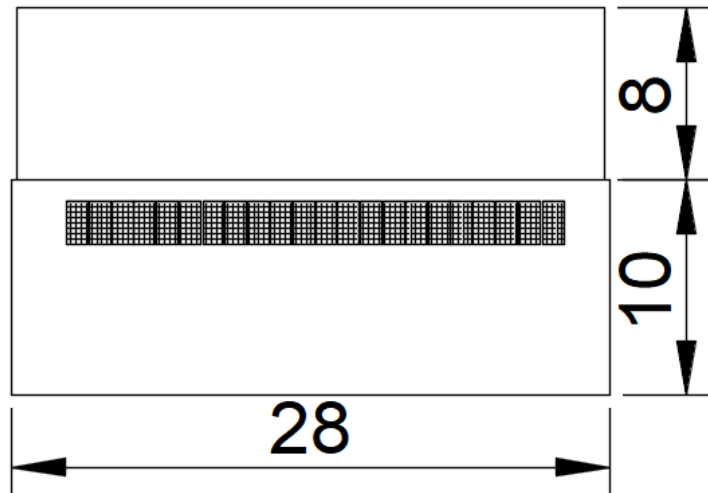
Techo visto de costado



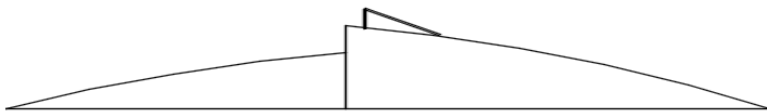
Caso #5



Caso #6



Techo visto de costado



BN Soluciones: Financiamiento para Créditos Personales

BN Soluciones Eco tecnología es una solución financiera con tasa preferencial para invertir en tecnologías limpias (paneles y calentadores solares, aerogeneradores, ahorradores de agua, gas y energía, aislantes térmicos, etc), las cuales tienen como objetivo disminuir el consumo de energías eléctricas originadas de forma tradicional.



- **Garantías, Montos y Plazos****

De acuerdo a la garantía que el cliente ofrezca,

- ≈ **Garantía back to back o hipoteca sobre la vivienda del deudor**

Desde €300 mil Hasta €100 millones de colones

Plazo: Colones: Hasta 20 años

- ≈ **Otros tipos de hipotecas**

Desde €300 mil Hasta €65 millones de colones

Plazo: Colones: Hasta 20 años

- ≈ **Fianza**

Desde €300 mil Hasta €15 millones de colones

Plazo: Colones: Hasta 8 años

** En cualquiera de los casos el cliente deberá tener capacidad de pago, aprobar los estudios crediticios internos y la garantía estar a satisfacción del BNCR)

Requisitos:

Documento de identificación (original y copia).

Constancia salarial y/o Certificación de Ingresos (trabajador independiente).

Orden patronal (asalariados) (original y copia).

Recibo de servicio público donde se puede confirmar la dirección (original y copia).

Para garantías hipotecarias: Informe registral, plano catastro (original y copia)

Factura Proforma

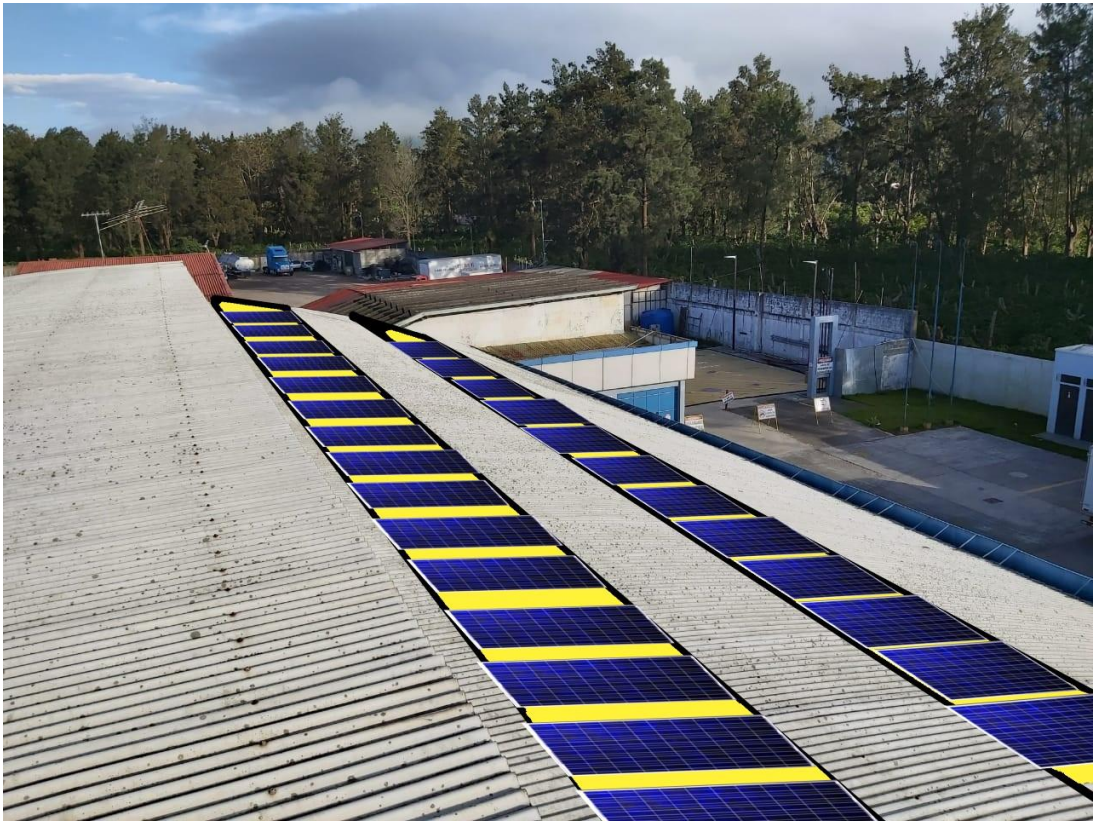
- **Tasa de interés Preferencial para ecologías limpias :** (a hoy)

PRODUCTOS	TASAS COLONES
BN Soluciones Ecotecnología	Tbbccr+10.05 % =15.5%

APÉNDICE J. IMÁGENES DE LOS TECHOS DE LA EMPRESA



APÉNDICE K. IMÁGENES DEL DISEÑO FOTOVOLTAICO DE LOS TECHOS DE LA EMPRESA



Data Sheet
Enphase Microinverters
Region: AMERICAS

Enphase IQ 7X Microinverter

The high-powered smart grid-ready **Enphase IQ 7X Micro™** dramatically simplifies the installation process while achieving the highest system efficiency for systems with 96-cell modules.

Part of the Enphase IQ System, the IQ 7X Micro integrates with the Enphase IQ Envoy™, Enphase IQ Battery™, and the Enphase Enlighten™ monitoring and analysis software.

The IQ Series Microinverters extend the reliability standards set forth by previous generations and undergo over a million hours of power-on testing, enabling Enphase to provide an industry-leading warranty of up to 25 years.



To learn more about Enphase offerings, visit enphase.com

Easy to Install

- Lightweight and simple
- Faster installation with improved, lighter two-wire cabling
- Built-in rapid shutdown compliant (NEC 2014 & 2017)

Efficient and Reliable

- Optimized for high powered 96-cell* modules
- Highest CEC efficiency of 97.5%
- More than a million hours of testing
- Class II double-insulated enclosure
- UL listed

Smart Grid Ready

- Complies with advanced grid support, voltage and frequency ride-through requirements
- Remotely updates to respond to changing grid requirements
- Configurable for varying grid profiles
- Meets CA Rule 21 (UL 1741-SA)

*The IQ 7X is required to support 96-cell modules.



Enphase IQ 7X Microinverter

INPUT DATA (DC)		IQ7X-96-2-US and IQ7X-96-B-US	
Commonly used module pairings ¹	320 W - 460 W +		
Module compatibility	96-cell PV modules		
Maximum input DC voltage	80 V		
Peak power tracking voltage	53 V - 64 V		
Operating range	25 V - 80 V		
Min/Max start voltage	30 V / 80 V		
Max DC short circuit current (module Isc)	10 A		
Overvoltage class DC port	II		
DC port backfeed current	0 A		
PV array configuration	1 x 1 ungrounded array; No additional DC side protection required; AC side protection requires max 20A per branch circuit		
OUTPUT DATA (AC)			
Peak output power	320 VA		
Maximum continuous output power	315 VA		
Nominal (L-L) voltage/range ²	240 V / 211-264 V	208 V / 183-229 V	
Maximum continuous output current	1.31 A (240 VAC)	1.51 A (208 VAC)	
Nominal frequency	60 Hz		
Extended frequency range	47 - 68 Hz		
AC short circuit fault current over 3 cycles	5.8 Arms		
Maximum units per 20 A (L-L) branch circuit ³	12 (240 VAC)	10 (208 VAC)	
Overvoltage class AC port	III		
AC port backfeed current	0 A		
Power factor setting	1.0		
Power factor (adjustable)	0.7 leading ... 0.7 lagging		
EFFICIENCY		@240 V	@208 V
CEC weighted efficiency	97.5 %	96.5 %	
MECHANICAL DATA			
Ambient temperature range	-40°C to +60°C		
Relative humidity range	4% to 100% (condensing)		
Connector type (IQ7X-96-2-US)	MC4 (or Amphenol H4 UTX with additional Q-DCC-5 adapter)		
Connector type (IQ7X-96-B-US)	Friends PV2 (MC4 interchangeable). Adaptors for modules with MC4 or UTX connectors: - PV2 to MC4: order ECA-S20-S22 - PV2 to UTX: order ECA-S20-S25		
Dimensions (WxHxD)	212 mm x 175 mm x 30.2 mm (without bracket)		
Weight	1.08 kg (2.38 lbs)		
Cooling	Natural convection - No fans		
Approved for wet locations	Yes		
Pollution degree	PD3		
Enclosure	Class II double-insulated, corrosion resistant polymeric enclosure		
Environmental category / UV exposure rating	NEMA Type 6 / outdoor		
FEATURES			
Communication	Power Line Communication (PLC)		
Monitoring	Enlighten Manager and MyEnlighten monitoring options Compatible with Enphase IQ Envoy		
Disconnecting means	The AC and DC connectors have been evaluated and approved by UL for use as the load-break disconnect required by NEC 690.		
Compliance	CA Rule 21 (UL 1741-SA) UL 62109-1, UL1741/IEEE1547, FCC Part 15 Class B, ICES-0003 Class B, CAN/CSA-C22.2 NO. 107.1-01 This product is UL Listed as PV Rapid Shut Down Equipment and conforms with NEC-2014 and NEC-2017 section 690.12 and C22.1-2015 Rule 64-218 Rapid Shutdown of PV Systems, for AC and DC conductors, when installed according manufacturer's instructions.		

1. No enforced DC/AC ratio. See the compatibility calculator at <https://enphase.com/en-us/support/module-compatibility>

2. Nominal voltage range can be extended beyond nominal if required by the utility.

3. Limits may vary. Refer to local requirements to define the number of microinverters per branch in your area.

To learn more about Enphase offerings, visit enphase.com



© 2018 Enphase Energy. All rights reserved. All trademarks or brands used are the property of Enphase Energy, Inc.
2018-05-24

APÉNDICE M. TASAS DE INTERÉS DE DIFERENTES BANCOS PARA CRÉDITOS VERDES

Entidad	Oferta de crédito	Oferta
Mucap	Crédito sostenible o verde. Financia el desarrollo de proyectos residenciales, compra o mejoramiento de vivienda, y a pymes que desean invertir en actividades de eficiencias energética, reducción de impacto ambiental o producción de energía renovable.	Pymes: Colones, financiamiento del 80% del valor de la garantía, plazo según el plan de inversión. Tasa desde TBP +4,30 p.p. Proyectos habitacionales: Colones y dólares, financiamiento hasta el 60%, plazo hasta seis años. Compra de casa o mejoramiento. Colones y dólares, financiamiento hasta el 85%, hasta 30 años plazo. Tasa desde TBP +3,85 pp. Garantía hipotecaria para todos.
Grupo Mutual	Compra de lote y construcción, compra de vivienda, construcción en lote propio, mejoras, reparación y ampliación. También, préstamos personales sostenibles.	Lote, casa, remodelación: Colones, tasa 11% anual, plazo máximo de 30 años. Garantía: hipotecaria. Préstamos fiduciarios sostenibles. Asalariados: Tasa inicial 20,75% anual, plazo de 5 a 8 años. No asalariados: Tasa inicial 21,75% anual, plazo 5-8 años. Garantía: fiduciaria.
Promerica	Proyectos bajo tres ejes: energía renovable, eficiencia energética y reducción de impacto ambiental. Pymes, crédito hipotecario y certificado de inversión.	No detalló oferta. Garantía: mobiliaria, el equipo responde por el financiamiento.
Scotiabank	Vehículos para el Programa de Adquisición de Vehículos Eficientes (PAVE) del MINAE.	Vehículo PAVE Nuevo: Tasa Fija 2 años 7.45%, resto del plazo NYPR + 4.50pp Vehículo PAVE Usado: Tasa Fija 2 años 7.55%, resto del plazo NYPR + 5.00pp Garantía: prendaria sobre el vehículo.
Banco Nacional	Vivienda, vehículos, proyectos de banca de desarrollo (pymes verdes) y consumo.	No detalló oferta.



SUPERPOWER CS6K-290 | 295 | 300MS

Canadian Solar's new SuperPower modules with Mono-PERC cells significantly improve efficiency and reliability. The innovative technology offers superior low irradiance performance in the morning, in the evening and on cloudy days, increasing the energy output of the module and the overall yield of the solar system.

KEY FEATURES

-  11 % more power than conventional modules
-  Excellent performance at low irradiance: 97.5 %
-  High PTC rating of up to 91.87 %
-  Improved energy production due to low temperature coefficients
-  IP67 junction box for long-term weather endurance
-  Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa



25 years linear power output warranty

10 years product warranty on materials and workmanship

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2008 / Quality management system
 ISO 14001:2004 / Standards for environmental management system
 OHSAS 18001:2007 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730: VDE / CE / MCS / CEC AUJ
 UL 1703 / IEC 61215 performance: CEC listed (US)
 UL 1703: CSA / IEC 61701 ED2: VDE / IEC 62716: VDE / Take-e-way
 UNE 9177 Reaction to Fire: Class 1



* As there are different certification requirements in different markets, please contact your local Canadian Solar sales representative for the specific certificates applicable to the products in the region in which the products are to be used.

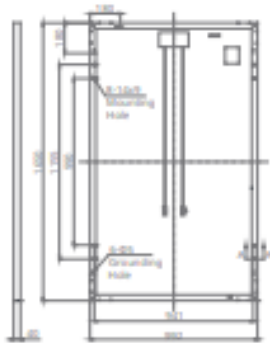
CANADIAN SOLAR INC. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. As a leading PV project developer and manufacturer of solar modules with over 15 GW deployed around the world since 2001, Canadian Solar Inc. (NASDAQ: CSIQ) is one of the most bankable solar companies worldwide.

CANADIAN SOLAR (USA) INC.

2430 Camino Ramon, Suite 240 San Ramon, CA, USA 94583-4385 | www.canadiansolar.com/na | sales.us@canadiansolar.com

ENGINEERING DRAWING (mm)

Rear View



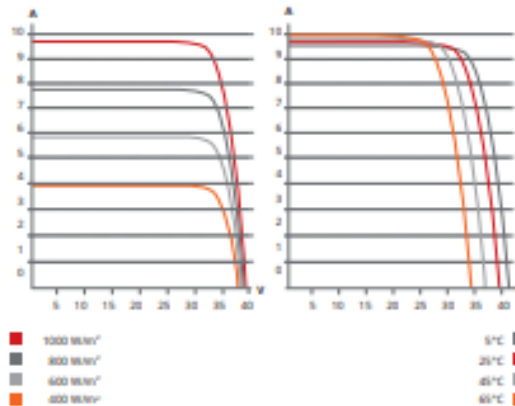
Frame Cross Section A-A



Mounting Hole



CS6K-295MS / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS6K	290MS	295MS	300MS
Nominal Max. Power (P _{max})	290 W	295 W	300 W
Opt. Operating Voltage (V _{mp})	32.1 V	32.3 V	32.5 V
Opt. Operating Current (I _{mp})	9.05 A	9.14 A	9.24 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	39.3 V	39.5 V	39.7 V
Short Circuit Current (I _{sc})	9.67 A	9.75 A	9.83 A
Module Efficiency	17.72 %	18.02 %	18.33 %
Operating Temperature	-40°C – +85°C		
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)		
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)		
Max. Series Fuse Rating	15 A		
Application Classification	Class A		
Power Tolerance	0 – + 5 W		

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NOCT*

CS6K	290MS	295MS	300MS
Nominal Max. Power (P _{max})	210 W	213 W	216 W
Opt. Operating Voltage (V _{mp})	29.0 V	29.2 V	29.4 V
Opt. Operating Current (I _{mp})	7.25 A	7.30 A	7.35 A
Open Circuit Voltage (V _{oc})	36.2 V	36.4 V	36.6 V
Short Circuit Current (I _{sc})	7.74 A	7.83 A	7.92 A

* Under Nominal Operating Cell Temperature (NOCT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE

Excellent performance at low irradiance, average relative efficiency of 97.5 % from an irradiance of 1000 W/m² to 200 W/m² (AM 1.5, 25°C).

The specification and key features described in this datasheet may deviate slightly and are not guaranteed. Due to on-going innovation, research and product enhancement, Canadian Solar Inc. reserves the right to make any adjustment to the information described herein at any time without notice. Please always obtain the most recent version of the datasheet which shall be duly incorporated into the binding contract made by the parties governing all transactions related to the purchase and sale of the products described herein.

Caution: For professional use only. The installation and handling of PV modules requires professional skills and should only be performed by qualified professionals. Please read the safety and installation instructions before using the modules.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	60 (6×10)
Dimensions	1650×992×40 mm (65.0×39.1×1.57 in)
Weight	18.2 kg (40.1 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP67, 3 diodes
Cable	4 mm ² (IEC) or 4 mm ² & 12 AWG 1000 V (UL), 1000 mm (39.4 in)
Connector	T4 (IEC/UL)
Per Pallet	26 pieces, 520 kg (1146.4 lbs)
Per container (40' HQ)	728 pieces

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (P _{max})	-0.39 % / °C
Temperature Coefficient (V _{oc})	-0.30 % / °C
Temperature Coefficient (I _{sc})	0.053 % / °C
Nominal Operating Cell Temperature	45±2 °C

PARTNER SECTION

