

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

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

**TÍTULO: REDISEÑAR EL SISTEMA ELÉCTRICO DE ILUMINACIÓN DEL ÁREA DE PLANCHADO Y
DETERMINAR EL SISTEMA FOTOVOLTAICO MÁS EFICIENTE PARA UNA LAVANDERÍA DE ROPA
HOSPITALARIA**

ALBERT RODRÍGUEZ CERDAS

AUTOR

MASTER BILLY RETANA

TUTOR

Tabla de contenido

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	13
PROBLEMA.....	14
OBJETIVO PRINCIPAL.....	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
JUSTIFICACIÓN.....	15
ANTECEDENTES	15
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	21
ENERGÍA SOLAR.....	22
RADIACIÓN SOLAR	22
TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR SOBRE UNA SUPERFICIE.....	23
IRRADIANCIA E IRRADIACIÓN.....	24
HORAS SOLAR PICO (HPS)	25
INTERPRETACIÓN GRÁFICA	25
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	26
SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A RED.....	26
SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS O FUERA DE RED.....	27
PANELES FOTOVOLTAICOS	29
RENDIMIENTO DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	31
TIPOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS	31
PANELES SOLARES MONOCRISTALINOS DE CELDAS DE SILICIO.....	32
PANELES FOTOVOLTAICOS POLICRISTALINOS DE SILICIO.....	33
PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS DE CAPA FINA.....	34
PANELES SOLARES HÍBRIDOS.....	35
INVERSORES Y MICROINVERSORES	35
INVERSOR ONGRID	35
MICROINVERSORES.....	36
INVERSORES OFFGRID.....	36
INVERSOR-CARGADOR.....	37
ENERGÍA PRODUCIDA POR UN PANEL SOLAR.....	38
NÚMERO Y CONEXIONADO DE LOS MÓDULOS SOLARES	38
MÉTODO LÚMENES	39
CÁLCULO DE FLUJO LUMINOSO	40
DISTRIBUCIÓN DE ILUMINARIAS.....	42

NORMAS DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA PARA AUTOCONSUMO CON FUENTES RENOVABLES.....	43
OBJETIVO	43
ARTÍCULOS DE IMPORTANCIA	44
REGLAMENTO	45
ANÁLISIS FINANCIERO	45
VALOR ACTUAL NETO (VAN).....	45
VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL VAN.....	46
TASA INTERNA DE RETORNO	47
¿CÓMO SE CALCULA LA TIR?.....	47
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA TIR	48
INCONVENIENTES DE LA TASA INTERNA DE RETORNO.....	48
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO	50
MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	51
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	51
CONSTRUCCIÓN DEL MARCO TEÓRICO.....	51
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	52
CONCLUSIONES	52
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS	53
LUGAR DE ESTUDIO	54
RADIACIÓN SOLAR	54
CONSUMO ENERGÉTICO.....	55
SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL.....	58
SISTEMA PROPUESTO CON ILUMINACIÓN LED	61
CÁLCULO DE LÚMENES	61
ESCENARIOS PARA EL SISTEMA FOTOVOLTAICO	66
ESCENARIO 1	66
100% DEL TECHO CON INVERSOR.....	66
INVERSOR PARA 100% DEL TECHO.....	68
ESCENARIO 2	69
100 % DEL TECHO CON MICROINVERSORES	69
MICROINVERSORES PARA 100% DEL TECHO.....	69
ESCENARIO 3	70
100% DE LA DEMANDA CON INVERSOR.....	70
INVERSOR PARA 100% DE LA DEMANDA	72

ESCENARIO 4	72
100 % DE LA DEMANDA CON MICROINVERSORES	72
ESCENARIO 5	73
SISTEMA CON PROPUESTA DE ILUMINACIÓN LED.....	74
ESCENARIO 6	77
49% DEL CONSUMO DE ENERGÍA SEGÚN POASEN.	77
INVERSOR PARA 49% DE CONSUMO DE ENERGÍA.....	78
ESCENARIO 7	79
49% DEL CONSUMO DE ENERGÍA.....	79
MICROINVERSOR PARA 49% DE CONSUMO DE ENERGÍA	79
ANÁLISIS FINANCIERO	79
COSTO DE LAS TARIFAS DE LA COMPAÑÍA NACIONAL DE FUERZA Y LUZ (CNFL) Y LA AUTORIDAD REGULADORA DE LOS SERVICIOS PÚBLICOS (ARESEP).....	82
COSTO AL GENERAR 100% DEL TECHO. ESCENARIOS 1 Y 2	82
COSTO AL GENERAR 100% DE LO DEMANDADO. ESCENARIOS 3 Y 4.....	84
COSTO AL GENERAR CON LA PROPUESTA DE ILUMINACIÓN TECNOLOGÍA LED.....	86
COSTO AL GENERAR 49% DE LO DEMANDADO SEGÚN POASEN. ESCENARIOS 6 Y 7	87
CÁLCULO DEL VAN Y LA TIR DE LOS DIFERENTES ESCENARIOS.....	89
ESCENARIO 1. CÁLCULO DEL VAN Y LA TIR	91
ESCENARIO 2. CÁLCULO DEL VAN Y LA TIR	93
ESCENARIO 3. CÁLCULO DEL VAN Y LA TIR	95
ESCENARIO 4. CÁLCULO DEL VAN Y LA TIR	96
ESCENARIO 5. CÁLCULO DEL VAN Y LA TIR	98
ESCENARIO 6. CÁLCULO DEL VAN Y LA TIR	100
ESCENARIO 7. CÁLCULO DEL VAN Y LA TIR	102
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
CONCLUSIONES	106
RECOMENDACIONES	107
CAPÍTULO VI PROPUESTA	109
REFERENCIAS	115
ANEXOS	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ANEXO A PLANOS DE LA LAVANDERÍA	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

Lista de tablas

Tabla 1 Radiación solar mensual correspondiente al año 2018	55
Tabla 2 Equipo existente en la lavandería	57
Tabla 3 Consumo en KW/h y facturación eléctrica.....	58
Tabla 4 Uso en horas de iluminación y consumo de energía.....	60
Tabla 5 Consumo con iluminación actual en el 2018.....	61
Tabla 6 Cálculo de luminarias por método de lúmenes y potencia	63
Tabla 7 Horas de iluminación con sistema LED y consumo de energía.....	64
Tabla 8 Consumo con iluminación LED en el 2018	64
Tabla 9 Comparación de consumo con la iluminación actual y con el sistema LED.....	65
Tabla 10 Energía generada en el año 2018 con 68 paneles.....	68
Tabla 11 Energía generada en el año 2018 con 68 paneles.....	69
Tabla 12 Cantidad de microinversores	70
Tabla 13 Energía generada con 16 paneles en el año 2018	71
Tabla 14 Comparación entre la energía generada y la energía demandada	72
Tabla 15 Energía generada con 16 paneles en el año 2018	72
Tabla 16 Cantidad de microinversores para el 100% demandado	73
Tabla 17 Comparación entre el consumo con iluminación actual y el consumo con el sistema LED	74
Tabla 18 Número de paneles de la propuesta con iluminación LED	76
Tabla 19 Energía generada con 18 paneles.....	76
Tabla 20 Porcentaje de 49% de energía generada y demandada.....	78
Tabla 21 Cantidad de microinversores para el 49% demandado	79

Tabla 22 Cotizaciones de los distintos escenarios	80
Tabla 23 Tarifas para el costo de energía eléctrica	82
Tabla 24 Costo al generar 100% del techo	83
Tabla 25 Costo al generar 100% de lo demandado	84
Tabla 26 Costo al generar con propuesta de iluminación LED	86
Tabla 27 Costo al generar 49% de lo demandado según POASEN	88
Tabla 28 Ahorro anual en 20 periodos	91
Tabla 29 Cálculo del VAN y la TIR. Escenario 1	92
Tabla 30 Ahorro anual. Escenario 2	93
Tabla 31 Cálculo del VAN y la TIR. Escenario 2	94
Tabla 32 Ahorro anual en el escenario 3	95
Tabla 33 Cálculo del VAN y la TIR. Escenario 3	96
Tabla 34 Ahorro anual. Escenario 4	97
Tabla 35 Cálculo del VAN y la TIR. Escenario 4	97
Tabla 36 Ahorro anual en el escenario 5 LED	98
Tabla 37 Cálculo del VAN y la TIR. Escenario 5	99
Tabla 38 Ahorro anual en el escenario 6	100
Tabla 39 Cálculo del VAN y la TIR en el escenario 6	101
Tabla 40 Ahorro anual en el escenario 7	102
Tabla 41 Cálculo del VAN y la TIR. Escenario 7	102
Tabla 42 Comparación del VAN y la TIR de todos los escenarios	104
Tabla 43 Comparación entre la propuesta y la demanda actual	110
Tabla 44 Cotización de la propuesta	111
Tabla 45 Ahorro anual con la propuesta	111
Tabla 46 Cálculo del VAN y la TIR de la propuesta	112

Lista de figuras

Figura 2 Tipos de radiación solar	24
Figura 3 Interpretación gráfica de la hora solar pico	26
Figura 4 Sistema fotovoltaico conectado a red	27
Figura 5 Sistema fotovoltaico fuera de red o autónomo	28
Figura 6 Conexión en paralelo de paneles	30
Figura 7 Conexión en serie de paneles	31
Figura 8 Paneles solares monocristalinos de celdas de silicio	32
Figura 9 Paneles fotovoltaicos policristalinos de silicio	33
Figura 10 Paneles solares fotovoltaicos de capa fina	34
Figura 11 Panel solar híbrido	35
Figura 12 Esquema de alturas de local o área	41
Figura 13 Distribución uniforme de luminarias	42
Figura 14 Tipo de tareas y valor mínimo de servicio de iluminación (lux)	43
Figura 15 Representación gráfica de la TIR	48
Figura 16 Cronograma de una investigación cuantitativa.....	52
Figura 17 Localización de la lavandería	54
Figura 18 Área de lavado	56
Figura 19 Área de planchado	56
Figura 20 Iluminación actual	59
Figura 21 Iluminación actual en el área de secado	59

Figura 22 Medición de iluminación	60
Figura 23 Dimensiones del techo	66
Figura 24 Distribución del área del techo	67

Dedicatoria y Agradecimiento

Dedico esta investigación a mi padre Marco Tulio y a mi madre Ana Maritza, quienes me han apoyado en todo este recorrido para llegar a este momento. Me enseñaron lo importante de estudiar y de esforzarse para ser una mejor persona cada día, con toda la experiencia que han acumulado ellos para orientarme a tomar las mejores dediciones para ser una persona con valores.

Agradezco a mis hermanos y compañeros de trabajo que me brindaron el apoyo necesario con sus palabras y acciones que motivaron a seguir hacia delante, que también me brindaron el tiempo cuando lo necesite para realizar esta investigación. De igual forma agradezco a mi tutor Billy que me brindo su guía y tiempo para realizar esta investigación.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Problema

¿Cómo rediseñar el sistema eléctrico de iluminación del área de planchado e identificar el sistema fotovoltaico necesario para subvencionar el consumo de energía, de forma que sea el adecuado para el área de planchado y lavado de ropa hospitalaria?

Objetivo principal

Rediseñar el sistema eléctrico de iluminación del área de planchado y determinar el sistema fotovoltaico más eficiente para una lavandería de ropa hospitalaria.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio de radiación solar en el lugar de ubicación de la lavandería.
- Determinar la capacidad del área para colocar en ella la cantidad de paneles solares que se requieran en los techos de la zona de estudio.
- Realizar el análisis de consumo en KW/mes actual de la lavandería.
- Realizar un levantamiento del sistema eléctrico actual de iluminación y cargas especiales para valorar su estado.
- Con base en la norma Inteco-iluminación, realizar los cálculos de una nueva iluminación.
- Proponer una iluminación LED para sustituir a la existente.
- Estimar la nueva carga en KW/mes con el sistema de iluminación LED.
- Elaborar un análisis financiero del proyecto con escenarios SFV.

Justificación

La lavandería se encuentra localizada en Calle Blancos, Goicochea, en las bodegas Herradura. En ella se presta el servicio de lavado, secado y planchado de ropa hospitalaria a varias instituciones públicas, tales como Caja Costarricense de Seguro Social, Tribunales de Justicia y Poder Judicial. Estas instituciones trabajan por contratos, que en sus especificaciones técnicas incluyen la de que el proveedor cuente con las normas del Código Eléctrico Nacional.

Por lo tanto, la lavandería tiene que estar actualizando muchos de sus permisos según le sea solicitado por las instituciones. En el caso del diseño eléctrico de la lavandería actualmente no se tienen planos eléctricos actualizados, no se conoce el estado actual de las instalaciones y si la iluminación está en óptimas condiciones para realizar las laborales.

Las instituciones a las que la lavandería les presta sus servicios le solicitan que los proveedores tengan en su empresa uno o varios tipos de energías no contaminantes o renovables. Esto para que la nota total de la evaluación que ellas le realizan a la lavandería sea más alta, a fin de que se le adjudique el contrato. Aunque ya la lavandería cuenta con secadoras de gas, utilizar otro tipo de energía renovable sería muy valioso a la hora del estudio para la adjudicación de un contrato nuevo.

La actividad de la lavandería en estudio ha aumentado año con año. Al inicio se empezó lavando, secando y planchando 400 kilos de ropa mensuales. No obstante, el crecimiento ha sido tal que en la actualidad se procesa un promedio de 5.500 kilos de ropa mensualmente. A eso se debe el aumento del consumo de energía y en este momento el consumo promedio de ella es de 120.000 colones. Esto quiere decir que el kilo de ropa lavada, secada y planchada tiene un costo promedio de 21,81 colones.

Antecedentes

En la tesis de Sofía Alvarado, titulada “Rediseño de los Sistemas Eléctricos de Emergencia del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega (HCLVV) acorde con el Código Eléctrico Nacional”, 1914, del Instituto Tecnológico de Costa Rica, se indica la necesidad de rediseñar un sistema eléctrico para los servicios de salud pública y en especial de un hospital,

debido al incremento de su demanda. Eso significa que es urgente invertir en la expansión de esas instalaciones y servicios.

Pero también se tiene en cuenta la limitación económica de la institución. Entonces, los materiales y equipos de emergencia (planta generadora) que se vayan a adquirir tienen que ser de muy buena calidad para que cumplan con las especificaciones técnicas del área de servicios de salud, y que a la vez sean económicos, ya que los servicios que presta la institución son esenciales para los habitantes de la zona.

Se hace hincapié en la idea de que el rediseño es para mejorar las instalaciones y para que los tableros, los ramales y los dispositivos de seguridad que estén en el sistema actual cumplan con el Código Eléctrico, y para que según la capacidad de estos sean incorporados en el nuevo diseño. En esa tesis la autora realiza un análisis de la información con la que contaba, como: planos, tableros y diagramas unifilares, junto con la información obtenida mediante la toma de datos.

También realizó un conteo de cada uno de los elementos del sistema eléctrico de emergencia, luminarias, tomacorrientes y salidas especiales. Con estos datos se determinó cada una de las líneas que ya se encontraban diseñadas, para determinar si los calibres de cable y de corriente eran los adecuados. A su vez, con la información de todas las líneas de cada tablero se obtuvieron la corriente y el calibre de salida, y así sucesivamente hasta llegar al tablero de emergencia de urgencias y al tablero principal de emergencia ubicado en la casa de máquinas.

Al final de este proceso se logró determinar que los datos del rediseño coincidían con los de la instalación existente. De no ser así se hubiera procedido a hacer las correcciones y recomendaciones respectivas. Al finalizarse el rediseño se agrupó la información obtenida y se le hicieron las recomendaciones pertinentes al departamento de mantenimiento para que tome en cuenta lo que se encuentra en correcto estado y lo que debe ser corregido.

Se analizaron los daños o errores de acuerdo con la gravedad o en orden de importancia para ir poco a poco reparando cada falla, a fin de que todas sean eliminadas, y para garantizar que el sistema eléctrico de emergencia opere de manera segura y eficiente según la normativa vigente del Código Eléctrico Nacional (NEC).

En la tesis de José Alberto Colonna Pertuz y Franco Antonio Medina Barraza, titulada “Diseño de un sistema solar fotovoltaico para dos aulas móviles del SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje)”, 2013, de la Universidad de la Costa (CUC), Colombia, se indica que en la actualidad en zonas urbanas resulta mucho más económico conectarse a una red de distribución local que a un sistema de generación fotovoltaica, debido principalmente al alto costo que implica una instalación de este tipo.

Esto por las materias primas con que son fabricados los paneles fotovoltaicos, como son el silicio mono cristalino y el policristalino, y por el proceso de fabricación mismo, el cual requiere un alto consumo energético. Pero, dentro de las numerosas ventajas del uso de este tipo de energía, se cuenta lo amigable que es con el ambiente. La fuente inagotable, limpia y gratuita del sol no genera ningún tipo de ruido ambiental y, dependiendo del tipo de tecnología, puede llegar a ser modular.

El proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema solar fotovoltaico para suministrar energía para las cargas eléctricas de un aula móvil del SENA. Se busca una opción de generación de energía solar fotovoltaica que actualmente cuenta con una acometida que debe conectarse al tomacorriente más cercano. Para ello hay que hacer la adaptación correspondiente, porque la acometida consta de una clavija especial para conexión a una tensión monofásica 110/220 voltios, y se aclara que la energía que utiliza no es ni confiable ni segura, alternativamente.

El aula móvil cuenta con una planta de generación de gasolina la cual ocasiona contaminación ambiental por los gases que emana a la atmósfera y por la contaminación auditiva por el ruido, que es molesto para impartir la formación a quienes se les capacita. Se hace énfasis en los altos costos de la instalación de sistemas solares fotovoltaicos. Se toman ejemplos de proyectos similares que ya están implementados en poblaciones de África, en un camión potabilizador de agua creado por Igoan Solar, o los que están utilizando las empresas ICL Co Ltd., Mitsubishi Corp.

Como parte del proyecto se investigó sobre la transformación de la energía lumínica proveniente del sol en energía eléctrica, proceso que se lleva a cabo en el panel o módulo fotovoltaico (FV), que es el elemento principal del sistema usado como generador de energía eléctrica. Se analizó el funcionamiento de un equipo solar fotovoltaico autónomo con todos los componentes, teniendo en cuenta sus características para la selección y dimensionamiento.

Se realiza un estudio de la radiación solar promedio de la zona en donde se ha destinado el funcionamiento del aula móvil, así como del consumo de carga con que cuenta el aula móvil. Se toman en cuenta datos sobre los precios de los diferentes equipos para aplicaciones fotovoltaicas. A partir de estos se obtiene un cálculo del presupuesto inicial necesario para la implementación del proyecto final, y se realiza el estudio para el financiamiento del proyecto teniendo en cuenta las condiciones de este.

En la tesis de Lenin Rodrigo Román Loaiza, titulada “Proyecto y diseño de instalaciones en media y baja tensión para un edificio”, del año 2016 de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador, se indica que se desarrollará el diseño eléctrico de una edificación grande que cuenta con varios pisos. En este caso se toman en cuenta el presupuesto y los materiales seleccionados según las necesidades técnicas y los cálculos realizados.

La edificación cuenta con: sótano, planta baja, *mezzanine* (entrepiso) y primer piso (compuesto por nueve oficinas y un área social (*lobby*)). El segundo piso será igual que el primero; el tercer piso compuesto por 11 oficinas y un área social (*lobby*). El cuarto piso compuesto por 13 oficinas y un área social (*lobby*), y el quinto piso compuesto por nueve oficinas y un área social.

El autor indica que el quinto piso será el piso principal para la distribución de la energía en el edificio. Serán ubicados así: el cuarto de la celda de media tensión, transformador, generador, tablero de transferencia, tablero de medidores de cada oficina y tablero de medidor de servicios generales. Este es un detalle importante ya que toda la potencia estará reunida en un solo piso y su distribución será considerada por la cantidad de material que será necesario utilizar para el proyecto.

El diseño comprende el cálculo de carga para cada oficina y para servicios generales con el fin de obtener datos para la instalación de los respectivos centros de carga, conductores, protecciones y los respectivos elementos eléctricos que comprende cada oficina. En este caso no existe diseño previo y entonces los cálculos no van a ser comparados con los actuales.

En la tesis de Millaray Alejandra Miranda Escobar, titulada “Diseño de sistema de generación fotovoltaica para viviendas conectadas a la red de distribución, en el contexto de la ley N° 20.571”, del año 2016 de la Universidad de Chile, Chile, se propone una metodología de diseño de instalaciones de generación fotovoltaica aplicable principalmente a viviendas particulares, en las que el cliente de la distribuidora y dueño de la instalación pueda inyectar energía a la red eléctrica y recibir una compensación económica por ello.

Aunque este trabajo está dirigido y diseñado para viviendas privadas, este tipo de metodología se podría usar en el futuro para otro tipo de inmuebles, como edificios de departamentos, de oficinas, empresas, industrias, etc., en los cuales las órdenes de magnitud, tanto del consumo como de los espacios necesarios e inversión cambian considerablemente y pueden llegar a soluciones más convenientes en estos casos debido a la existencia de economías de escala.

Por otra parte, los proyectos se realizan según ecuaciones simplificadas del comportamiento de paneles FV, lo que se considerará aceptable para los objetivos del estudio. Es decir, no se entran a detallar efectos negativos en caso de existencia de sombras ocasionales sobre algunos paneles, ni se consideran los efectos de la temperatura en el rendimiento de los paneles, entre otras cosas.

También se decidió aceptar simplificaciones en las curvas de demanda de viviendas típicas y en las curvas diarias de radiación solar (en este caso para radiación se utiliza la consideración de que la radiación es la misma para todos los días). Finalmente, debe aclararse que los proyectos entran al detalle solo para determinar el tipo, el número y la ubicación de los paneles FV. No se diseñan sino que se especifican los inversores, medidores, cables, etc.

En la tesis de Adán Bárcena Maldonado y Sotero Bárcena Maldonado, “Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica dentro de un proyecto de vivienda sustentable”, del año 2014 de la Universidad Nacional Autónoma de México, se indica que a pesar de la poca oferta en la utilización de energías renovables en el mercado el actual mercado fotovoltaico crece aproximadamente 20% al año.

En la actualidad las empresas y viviendas tratan de utilizar energías renovables aunque todavía la mayoría se inclinan por el uso de energías tradicionales (combustibles y red de distribución local). La energía fotovoltaica muestra una excelente capacidad de trabajo con otras fuentes de energía. La compatibilidad y los usos que permite la energía fotovoltaica son muy grandes. Hay instalaciones que trabajan con la red eléctrica de distribución y otras son ensambladas en un satélite artificial, encima de una señal de tráfico, en un reloj de pulsera. La lista es tan grande como se la pueda imaginar.

Esta tesis aborda un panorama general de las energías renovables y no renovables, hasta el punto en que se observa que la tecnología solar fotovoltaica se puede desarrollar prácticamente en todo el planeta y hasta fuera de él, como una energía inagotable. Se observa la importancia del desarrollo sustentable y del diseño bioclimático, para enfocarlas en las

aplicaciones para casa de habitación, sin olvidar las normativas e instrumentos de política pública. Se describen las características de la vivienda, como son: la ubicación, el recurso energético solar, sus dimensiones y los costos energéticos actuales.

Con toda esa información se proponen los sistemas fotovoltaicos y se realiza la caracterización, lo cual permite un análisis económico para conocer la viabilidad de los sistemas propuestos. La mayor parte de la población desconoce los beneficios, los alcances y el costo económico del uso de la energía fotovoltaica. Es una problemática que se tiene y que se analizará en el presente trabajo de tesis para ver si actualmente es viable utilizar la tecnología fotovoltaica para casa habitación.

En la tesis se desarrolla una metodología que implica investigar un panorama general de las energías y técnicas sustentables, la forma de instalación y las normatividades y políticas públicas. De ahí se parte para lo específico, que en este caso es la casa de habitación con todas sus características y necesidades energéticas solares, con los datos que se obtengan de los cálculos para diversos sistemas fotovoltaicos de uso común. Se empezarán a elegir los dispositivos existentes en el mercado que cumplan con la normatividad y con los requerimientos del sistema.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

Energía solar

La energía solar es aquella en la que se aprovecha la radiación de las partículas de luz del sol para producir energía. Se trata de una fuente de energía totalmente limpia, que no necesita del uso de reacciones químicas ni provoca ningún tipo de residuos, y de una energía renovable.

Una de las energías que se utilizan en la producción de electricidad es la energía solar fotovoltaica, que es aquella que transforma la energía del sol en energía eléctrica. Se basa en el principio de que la energía contenida en las partículas de luz (los fotones) puede ser convertida en electricidad (Erenovable, 2018).

Esto se logra por medio del denominado proceso de conversión fotovoltaica.

La conversión directa de energía solar en electricidad se realiza por medio de un material semiconductor (silicio, por ejemplo) cuyo elemento básico es la célula fotovoltaica, que es la que está expuesta a la luz y que absorbe la energía de los fotones de luz. Estos ponen en movimiento electrones que son atrapados por un campo eléctrico interno. Los electrones recogidos en la superficie de la celda generan una corriente eléctrica continua (Erenovable, 2018).

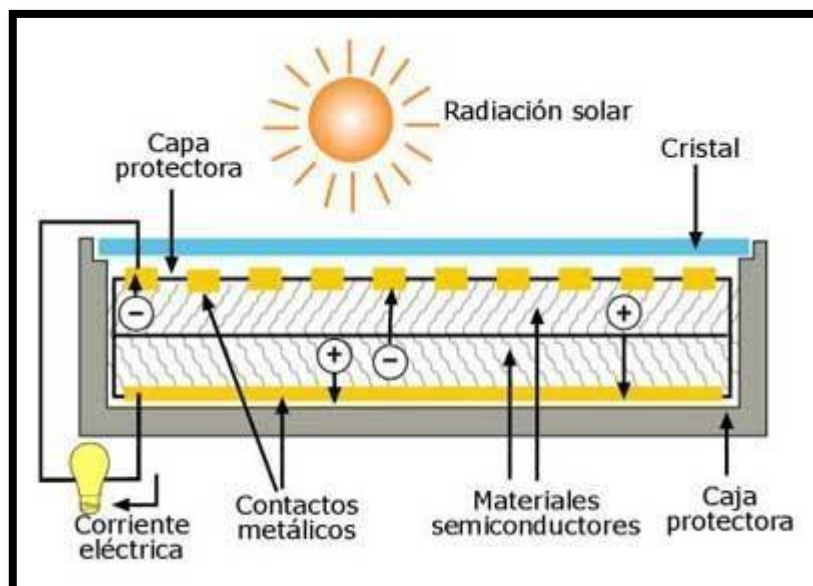


Figura 1 Efecto fotovoltaico

Fuente: Canaltic (s,f,b).

Radiación solar

El Sol genera energía mediante reacciones nucleares de fusión que se producen en su núcleo. Esta energía recibe el nombre de radiación solar. Se transmite en forma de radiación

electromagnética y alcanza la atmósfera terrestre en forma de conjunto de radiaciones o espectro electromagnético con longitudes de onda que van de 0,15 μm a 4 μm , aproximadamente (Castellón., Santamaría., 2010, p 14).

La parte del espectro que va de 0,40 μm a 0,78 μm forma el espectro visible al que se le denomina comúnmente luz. El resto del espectro no visible lo forman las radiaciones con longitudes de onda inferiores a 0,4 μm , denominadas radiaciones ultravioleta (UV), y con longitudes superiores a 0,75 μm son denominadas radiaciones infrarrojas (IR). La radiación solar atraviesa la atmósfera antes de llegar a la superficie terrestre y se altera por el aire, la suciedad, el vapor de agua, los aerosoles en suspensión y otros elementos de la atmósfera. Estas alteraciones son de diferentes tipos según la propiedad óptica que se ponga de manifiesto:

- Reflexión: nubes.
- Absorción: ozono, oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua. Solo actúa sobre algunas longitudes de onda de la radiación.
- Difusión: polvo, aerosoles, gotas de agua. Estos efectos varían dependiendo de la cantidad de atmósfera que la radiación solar ha de atravesar (Castellón., Santamaría., 2010, p 15).

Tipos de radiación solar sobre una superficie

La radiación solar sobre la superficie terrestre tiene variaciones temporales. Unas son aleatorias, como la nubosidad, y otras previsibles, como son los cambios estacionales o el día y la noche, provocados por los movimientos de la Tierra. Para facilitar su estudio, la radiación solar sobre un receptor se clasifica en tres componentes: directa, difusa y reflejada o de albedo.

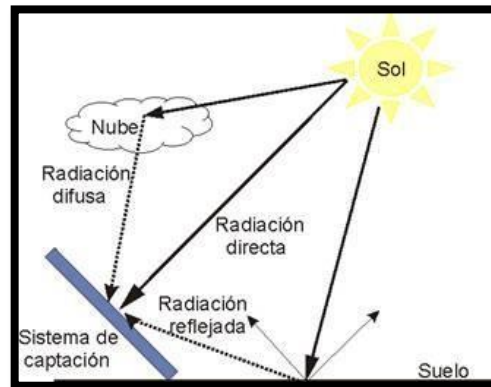


Figura 1 Tipos de radiación solar

Fuente: Monografías (s,f,b)

- Radiación directa. La forman los rayos recibidos directamente del Sol.
- Radiación difusa. Procedente de toda la bóveda del cielo, excluido el disco solar. La forman los rayos dispersados por la atmósfera en dirección al receptor (por ejemplo, en un día completamente nublado toda la radiación recibida es difusa).
- Radiación reflejada o de albedo. Es reflejada por la superficie terrestre hacia el receptor.

Depende directamente de la naturaleza de montañas, lagos, edificios, etc. que rodean al receptor. La suma de todas las radiaciones descritas recibe el nombre de radiación global y es la radiación solar total que recibe la superficie de un receptor y, por lo tanto, la que aquí interesa conocer y cuantificar (Castellón., Santamaría., 2010, p 15).

Irradiancia e irradiación

Para cuantificar la radiación solar se utilizan dos magnitudes que corresponden a la potencia y a la energía de la radiación y llegan a una unidad de superficie. Se denominan irradiancia e irradiación y sus definiciones y unidades son las siguientes:

- Irradiancia: potencia o radiación incidente por unidad de superficie. Indica la intensidad de la radiación solar. Se mide en vatios por metro cuadrado (W/m^2).
- Irradiación: integración o suma de las irradiancias en un periodo determinado. Es la cantidad de energía solar recibida durante un periodo. Se mide en julios por metro cuadrado por un periodo (J/m^2 por hora, día, semana, mes, año, etc., según el caso).

En la práctica, dada la relación con la generación de energía eléctrica, se utilizan como unidad el $\text{W}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ y sus múltiplos más habituales $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ y $\text{MW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$ (Castellón., Santamaría., 2010, p 16).

Hora solar pico (HPS)

La hora solar pico (HSP) es una unidad que mide la irradiación solar y se define como la energía por unidad de superficie y que se recibiría con una hipotética irradiancia solar constante de $1000 \text{ W}/\text{m}^2$. Una hora solar pico equivale a $3,6 \text{ MJ}/\text{m}^2$ o, lo que es lo mismo, $1 \text{ kWh}/\text{m}^2$.

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

Interpretación gráfica

Si se representa en un gráfico la distribución horaria de la irradiación incidente sobre la superficie terrestre se observa que los niveles varían a lo largo del día. Gráficamente, la hora pico solar se interpreta como una función de valor constante que delimita la misma área que la distribución antes mencionada. La hora solar pico indica el número de horas en las que se recibe una irradiación solar de $1000 \text{ W}/\text{m}^2$. Si se cumplieran el resto de condiciones estándar sería el número de horas al día en las que un panel fotovoltaico proporcionaría su potencia pico. Al multiplicar HSP por potencia pico se obtendría la energía que proporciona un panel fotovoltaico.

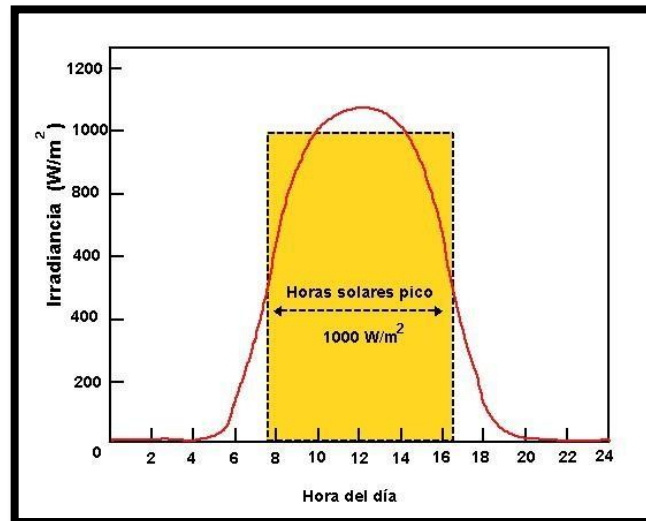


Figura 2 Interpretación gráfica de la hora solar pico

Fuente: Ecorfan (2016)

Sistemas fotovoltaicos

Sistema fotovoltaico conectado a red

Un sistema fotovoltaico conectado a red es aquel que se encuentra conectado en paralelo con la red de distribución comercial. Un sistema solar fotovoltaico conectado a la red tiene solo tres elementos básicos:

- Un grupo de placas solares fotovoltaicas. Estos paneles solares suelen estar ubicados sobre el tejado de un edificio o integrados en cualquier elemento estructural del mismo edificio. Los paneles fotovoltaicos también pueden estar dispuestos directamente sobre cualquier terreno cercano a la red eléctrica.
- Ondulador o inversor-convertidor electrónico. Este dispositivo transforma la energía, en forma de corriente continua que proporcionan las placas solares, en corriente alterna de igual tipo y valor que la transportada por la red eléctrica.
- Cuadro de interconexión con la red eléctrica comercial (Ecoinventos, s, f)

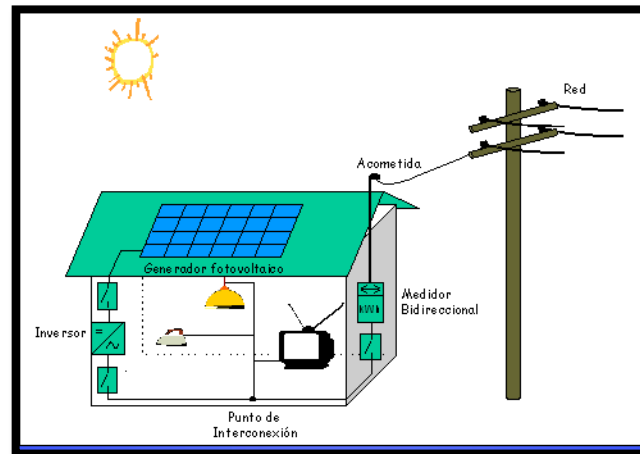


Figura 3 Sistema fotovoltaico conectado a red

Fuente: Monografía (s,f,b)

Estas instalaciones de energía solar fotovoltaica son consideradas como pequeñas centrales eléctricas. En el caso de adaptar estas instalaciones a un edificio este incorporará una instalación eléctrica nueva y pasará a tener dos instalaciones eléctricas diferenciadas. Por un lado, la habitual línea de suministro de energía eléctrica de consumo con sus medidores y protecciones correspondientes, y, por otra parte, la instalación solar fotovoltaica con todos sus elementos y equipamiento eléctrico propio de control, interconexión y medición.

El circuito solar produce energía eléctrica en función de la radiación solar incidente en cada momento del día; por tanto, los valores de generación de electricidad registrados variarán según la hora del día, la época del año y la meteorología. (Ecoinventos, s, f).

Sistemas fotovoltaicos autónomos o fuera de red

Los sistemas fotovoltaicos autónomos o fuera de red son aquellas instalaciones que se encuentran aisladas de la red eléctrica. Toda la energía eléctrica que generan los paneles solares es consumida directamente.

Este tipo de instalaciones fotovoltaicas están pensadas para los casos en que el costo del mantenimiento e instalación de las líneas eléctricas no es rentable. Por ejemplo, este sería el caso de un refugio de montaña • (Ecoinventos, s, f).

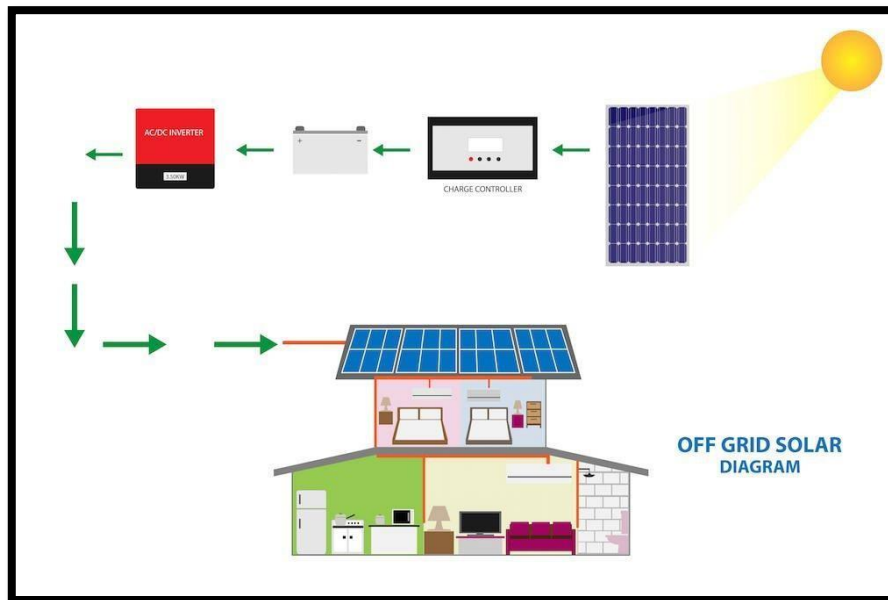


Figura 4 Sistema fotovoltaico fuera de red o autónomo

Fuente: Ecoinventos (s, f, b)

El principal elemento de las instalaciones fotovoltaicas autónomas es el panel fotovoltaico. El panel fotovoltaico es el encargado de transformar la radiación solar en energía eléctrica en forma de corriente continua. Además de los elementos comunes de las instalaciones solares fotovoltaicas hay una serie de elementos que son completamente necesarios para el funcionamiento de este tipo de instalaciones:

- Los acumuladores de energía eléctrica o baterías
- Los reguladores de carga.
- Los inversores de corriente continua a corriente alterna.

Los acumuladores de energía eléctrica son los encargados de almacenar la energía que van generando las placas fotovoltaicas en los momentos de bajo consumo, para que se pueda utilizar en los momentos de demanda energética. Generalmente se trata de baterías, aunque existen algunas instalaciones en las que se mezcla la energía solar con la energía hidráulica, y ahí se aprovecha la energía generada en los paneles solares para accionar una bomba y subir

agua a cierta altura. El agua, a cierta altura, tiene energía potencial que puede ser convertida de nuevo en energía eléctrica al accionar las turbinas (Ecoinventos, s, f).

Los reguladores de carga son los encargados, tanto en el proceso de carga como en el de descarga de los acumuladores (en este caso las baterías), de que estén siempre en condiciones correctas de funcionamiento. Los inversores son los encargados de convertir la energía en forma de corriente continua que se obtiene en el panel solar en corriente alterna. Debido a que los paneles solares fotovoltaicos generan electricidad en corriente continua y a que la mayoría de aparatos eléctricos que se van a utilizar requieren que la entrada de corriente sea en corriente alterna, se necesita convertir la corriente continua generada en corriente alterna (Ecoinventos, s, f)

Paneles fotovoltaicos

Un panel fotovoltaico es un tipo de panel solar diseñado para el aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica. Su función es transformar la energía solar en electricidad. Los paneles fotovoltaicos se pueden utilizar para generar energía eléctrica tanto en aplicaciones domésticas o como en aplicaciones comerciales. Los módulos fotovoltaicos están formados por un conjunto de celdas fotovoltaicas interconectadas entre sí. Las células fotovoltaicas que componen un panel fotovoltaico se encuentran encajadas y protegidas.

El panel fotovoltaico es el encargado de transformar de una manera directa la energía de la radiación solar en electricidad en forma de corriente continua. La célula solar solo es capaz de generar una tensión de unas décimas de voltio ($\pm 0,5$ V) y una potencia máxima de 1 ó 2 Watts. Por tanto, es necesario conectar en serie varias células (que se comportan como pequeños generadores de corriente) para conseguir tensiones de 624 V, aceptadas en muchas aplicaciones (Solar-energía, 2018).

La placa fotovoltaica está diseñada para soportar las condiciones que se dan al aire libre y para poder formar parte de la "piel" del edificio. Su vida útil se considera de veinticinco años. Las células se encapsulan en una resina y se colocan entre dos láminas para formar los módulos fotovoltaicos. La lámina exterior es de vidrio y la posterior puede ser de plástico opaco o de vidrio, si se quiere hacer un módulo semitransparente.

En el hemisferio norte hay que orientar las placas en dirección sur y con una inclinación determinada. La más apropiada en cada emplazamiento depende de la latitud y de la época del año, pero es aconsejable el estudio de radiación solar recibida para cada emplazamiento. Por

otro lado, la inclinación de los módulos variará en función de las necesidades energéticas previstas y del período de utilización, a fin de hacer un balance estacional (invierno, verano) o anual (Solar-energía, 2018).

Las placas fotovoltaicas producen electricidad en forma de corriente continua y suelen tener entre 20 y 40 células solares. De todos modos es habitual que los módulos estén formados por 36 células a fin de alcanzar los voltios necesarios para la carga de las baterías (12 V). Las placas solares fotovoltaicas se pueden unir entre sí de dos formas:

- Conexión en paralelo. Este tipo de conexión se realiza con unión -por una parte- de los polos positivos y, por otro, de los negativos. La unión en paralelo entre los paneles solares proporciona una tensión igual a la del módulo (12-18 V)

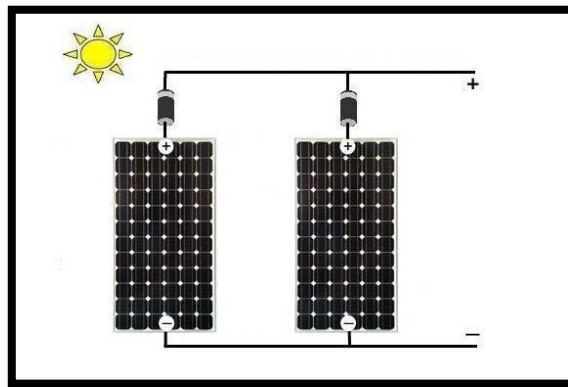


Figura 5 Conexión en paralelo de paneles

Fuente: Mppsolar (2019).

- Conexión en serie. La forma de conectar en serie dos o más paneles fotovoltaicos es conectando el polo positivo de la primera con el negativo de la segunda, y así sucesivamente. La unión en serie da una tensión igual a la suma de la de cada módulo (por ejemplo 12 V, 24 V, 36 V, etc.), dependiendo del número de placas interconectadas (Solar-energía, 2018).

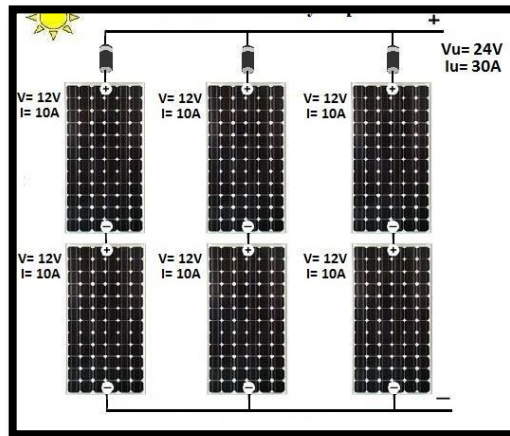


Figura 6 Conexión en serie de paneles

Fuente: Mppsolar (2019).

Materiales para la estructura del soporte de las placas fotovoltaicas

Cuando se utiliza una estructura de soporte de los módulos solares conviene emplear materiales que presenten buenas propiedades mecánicas, además de una gran durabilidad, teniendo en cuenta la larga vida útil de las instalaciones. Normalmente, los elementos de soporte son de:

- Aluminio anodizado (de poco peso y gran resistencia)
- Hierro galvanizado (apropiado para grandes cargas)
- Acero inoxidable (para ambientes muy corrosivos es el de más calidad y precio más elevado).

Rendimiento de los módulos fotovoltaicos

El fenómeno de difracción de la luz permite obtener paneles fotovoltaicos con un índice de transparencia superior al aparente, ya que la sombra proyectada por cada célula en el interior del edificio es inferior a la superficie que ocupa. Esto implica que el panel solar se percibe sensiblemente más opaco desde el exterior que desde el interior. Es posible, además, obtener una mayor transparencia si dentro de una misma placa se aumenta la distancia entre las células (Solar-energía, 2018).

Tipos de paneles fotovoltaicos

En el mercado existen varios tipos de paneles solares fotovoltaicos. Los tipos más comunes son los paneles fotovoltaicos monocristalinos, los paneles solares policristalinos y las placas

solares de capa fina. Alrededor de 90% de la tecnología fotovoltaica se basa en el uso de alguna variación del silicio. En el caso de los paneles solares destinados a uso doméstico este porcentaje es todavía mayor.

La principal diferencia entre los diferentes tipos de placas fotovoltaicas es la pureza del silicio utilizado, ya que cuanto más puro es el silicio mejor alineadas están sus moléculas, y mejor convierte la energía solar en electricidad. De este modo se establece una relación directa entre la pureza del silicio y la eficiencia de los paneles solares. Por el contrario, el aumento de la pureza del silicio implica procesos más caros. El silicio cristalino es la base de las celdas monocristalinas y policristalinas (Solar-energía, 2018).

Paneles solares monocristalinos de celdas de silicio

En los paneles solares monocristalinos las celdas solares de silicio monocristalino (mono-Si) son bastante fáciles de reconocer por su coloración y aspecto uniforme, que indica una alta pureza en silicio. En este tipo de paneles fotovoltaicos las celdas monocristalinas se fabrican con bloques de silicio, que son de forma cilíndrica. Posteriormente, con el objetivo de reducir los costos de fabricación de las celdas fotovoltaicas monocristalinas y de optimizar el su rendimiento, se recortan los cuatro lados de los bloques cilíndricos para hacer láminas de silicio. Este recorte es el que les da este aspecto característico (Solar-energía, 2018).

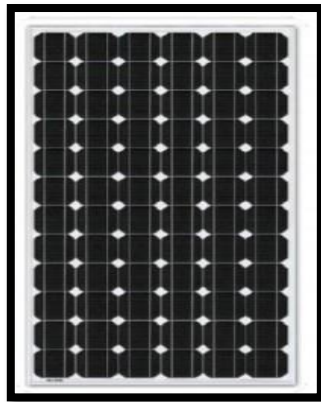


Figura 7 Paneles solares monocristalinos de celdas de silicio

Fuente: solar-energía (2018)

Una de las formas más sencillas de poder distinguir claramente un panel solar monocristalino de uno policristalino es que en el policristalino las celdas no tienen esquinas redondeadas y son perfectamente rectangulares. Otra diferencia básica entre una célula solar monocristalina y una policristalina es la composición del cristal de silicio. Las células monocristalinas están formadas por un único tipo de cristal de silicio, o sea, que

cuando se ha fabricado el cristal se ha controlado el crecimiento del propio cristal de silicio para que solo se formara en una dirección. Se consigue así un alineamiento bastante perfecto de todos los componentes del cristal. En cambio, en las células policristalinas, no se controla el crecimiento del cristal de silicio, con lo que el cristal crece en todas las direcciones y se crea un conjunto de cristales diferentes unidos entre sí (Solar-energía, 2018).

Paneles fotovoltaicos policristalinos de silicio

En la fabricación de los paneles fotovoltaicos policristalinos, a diferencia de los paneles monocristalinos, no se emplea el método Czochralski. En este tipo de panel solar se funde el silicio en bruto y se vierte en un molde cuadrado y luego se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas. Los primeros paneles solares policristalinos de silicio aparecieron en el mercado en 1981. Los paneles solares a base de células policristalinas cuentan con una larga trayectoria en la industria puesto que su fabricación arrancó ya en la década de los ochenta. Su mayor ventaja respecto a las celdas monocristalinas parte de un proceso de producción de menor costo que tira a la baja el precio final de estos sistemas.

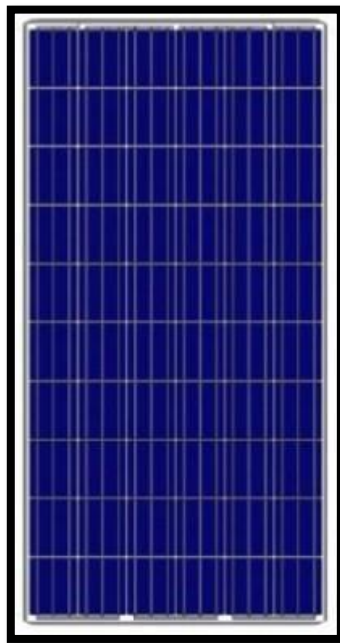


Figura 8 Paneles fotovoltaicos policristalinos de silicio

Fuente: Solar-energía (s,f,b)

Las células fotovoltaicas de los paneles solares policristalinos son más asequibles. Por otra parte, cuentan con algunas desventajas, como la menor tolerancia al calor de estas celdas que hace que cuenten con una eficiencia inferior a la de la alternativa monocristalina. En el

concreto se estima que en los paneles que incluyen estas celdas la eficiencia es de un máximo de 16%, fundamentalmente por la menor cantidad de silicio que se les incorpora. El efecto negativo que las altas temperaturas provocan en estas células hace que sean aun menos atractivas que las monocristalinas para usuarios que residan en áreas cálidas. La menor eficiencia de estos sistemas respecto al espacio figura también como desventaja (Solar-energía, 2018).

Paneles solares fotovoltaicos de capa fina

El fundamento de estos paneles es depositar varias capas de material fotovoltaico en una base. Dependiendo de cuál sea el material empleado se pueden encontrar paneles de capa fina de silicio amorfo (a-Si), de telururo de cadmio (CdTe), de cobre, indio, galio y selenio (GIS/CIGS), o células fotovoltaicas orgánicas (OPC). Dependiendo del tipo, un módulo de capa fina presenta una eficiencia de 7-13%. Debido a que tienen un gran potencial para uso doméstico son cada vez más demandados (Solar-energía, 2018).



Figura 9 Paneles solares fotovoltaicos de capa fina

Fuente: Solar-energía (2018)

Paneles solares híbridos

Otra variante de panel solar fotovoltaico son los paneles solares híbridos. Este tipo de paneles permiten obtener energía eléctrica y energía solar térmica para agua caliente sanitaria y calefacción en un mismo panel solar. En el panel híbrido solar se integran la tecnología fotovoltaica y la de la energía térmica solar. La energía solar fotovoltaica absorbe la radiación solar, mientras que la parte que no es capaz de acumular el calor térmico se recupera mediante un intercambiador de calor que aumenta de esta manera la producción de electricidad. También dispersa la energía del panel fotovoltaico en sí (Solar-energía, 2018).

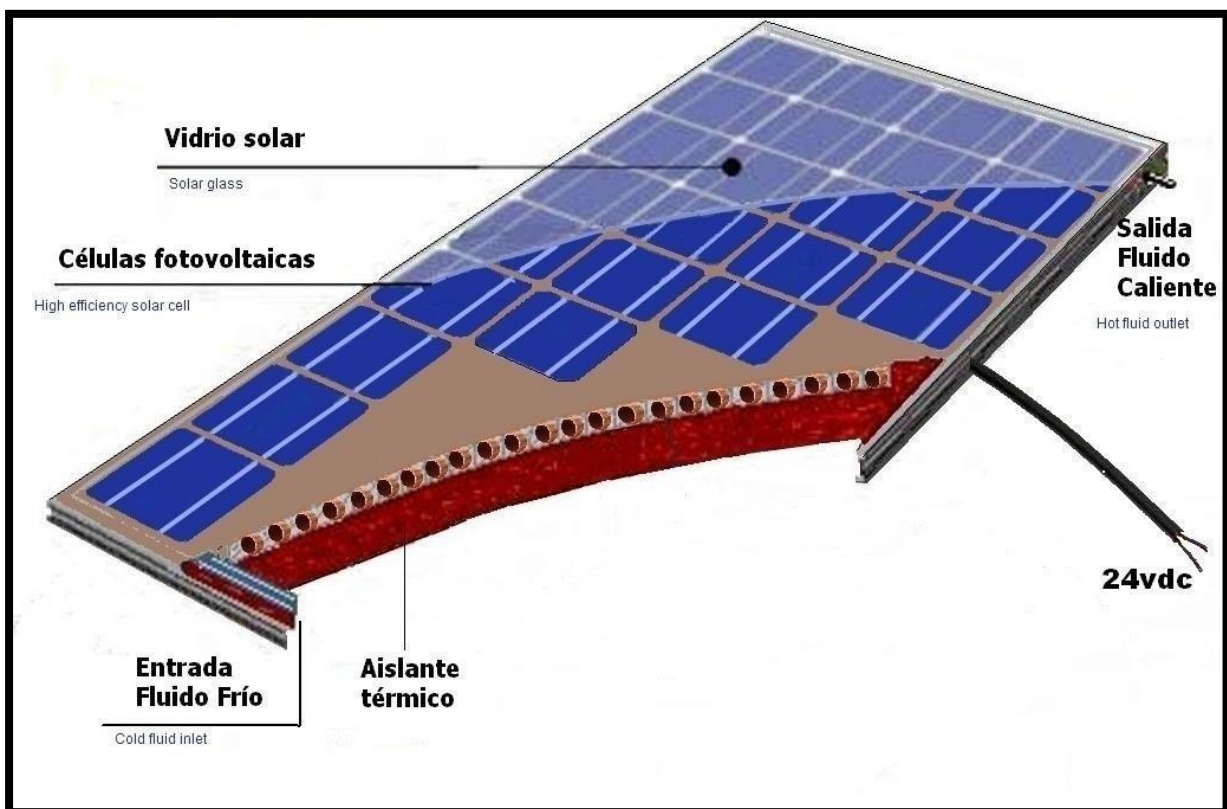


Figura 10 Panel solar híbrido

Fuente: Ecoinventos (s, f, b)

Inversores y microinversores

Inversor OnGrid

El inversor OnGrid o instalación conectada a la red convierte la corriente eléctrica continua de los paneles solares en corriente alterna (AC). Es un sistema diseñado para

interactuar de manera directa con la red eléctrica, es decir, que cuando se distribuye la energía en su hogar, empresa o industria se genera un ahorro notable en el consumo de energía eléctrica. Este sistema OnGrid no requiere el uso de bancos de baterías ya que produce la energía directamente en la red y de ahí alimenta todo lo que esté conectado a ella.

Se usa en instalaciones pequeñas que solo usan electricidad en el día, lo que quiere decir que no se puede instalar en zonas en donde no exista la red eléctrica. Este inversor fotovoltaico también monitorea el volumen, la frecuencia y la fase de la línea casera. Produce una onda senoidal pura cuya frecuencia y fase iguala a la electricidad casera, pero con un volumen mayor (Automa.solar, 2017).

Microinversores

Los microinversores solares convierten la corriente continua de los paneles solares en corriente alterna (AC). Generalmente se combinan varios microinversores para alimentar la red eléctrica y se instala uno por cada panel solar, o hasta cuatro paneles a un solo microinversor. Se crea así independencia entre los paneles para que se puedan monitorear de manera individual.

Estos microinversores hacen trabajar a cada módulo en su máxima potencia y se evita así que alguno funcione con un bajo rendimiento y se genere un desaprovechamiento de la instalación (Automa.solar, 2017).

Inversores OffGrid

Los inversores de aislada (con baterías) se utilizan en instalaciones sin conexión a la red eléctrica. Son capaces de convertir la corriente continua (DC) de la batería en corriente alterna (AC) de 110v- 220V para alimentar los consumos de la vivienda. Necesitan obligatoriamente el uso de baterías y son capaces de generar una onda modificada o senoidal, directamente extrayendo energía de la batería. Se utilizan para proporcionar luz en localizaciones sin conexión a la red eléctrica, como casas de campo, barcos, sistemas de bombeo, etc.

Para el dimensionamiento de un inversor OffGrid se tienen que tener unos parámetros como los de la potencia nominal, que es la potencia que puede proporcionar el inversor en un funcionamiento y uso normales, mientras que la potencia pico es la que el inversor podrá proporcionar por un espacio corto, pero se necesitarán algunos aparatos eléctricos los cuales al encenderse necesitan una alta potencia en el inicio. Es el caso de aparatos con motor como bombas, neveras, congeladores, batidoras, taladros, compresores, etc. (Automa.solar, 2017).

Dentro de este grupo se pueden encontrar varios tipos de inversores de aislada:

Inversor de aislada. Su finalidad es transformar la corriente continua (DC) de las baterías en corriente alterna (AC) a 110Vac – 220Vac para alimentar los electrodomésticos. Para proteger la batería están programados para detener el suministro cuando la tensión de la batería es muy baja y evitar así las sobredescargas. Además, incorporan protecciones contra sobretensión, cortocircuito de salida, inversión de polaridad y excesiva temperatura.

Para inversores de aislada se tienen dos tipos de inversores:

- Onda modificada: Los inversores de onda modificada tienen un mayor rendimiento comparado con el de onda cuadrada. Ofrecen una buena relación calidad-precio para usos en iluminación, televisores, radiadores o motores universales. Estos inversores de onda modificada sirven para prácticamente todo tipo de aparatos, aunque en algunos de alta tecnología o cargas inductivas pueden no funcionar correctamente ya que la onda se genera electrónicamente.
- Onda pura. Los inversores OffGrid onda pura están diseñados para no generar interferencias o ruidos en los equipos electrónicos, como son televisores, equipos de sonido, entre otros. Generalmente se utilizan en donde no hay tendido eléctrico o red eléctrica. Los inversores de onda sinusoidal pura generan la misma onda que la que se recibe en el hogar. Son más caros que los de onda modificada pero pueden utilizarse con todo tipo de aparatos respetando siempre la potencia que sea capaz de suministrar el modelo que elegido (Automa.solar, 2017).

Inversor-cargador

Estos incorporan, además, un cargador interno capaz de cargar la batería usando una fuente de alimentación de 220V externa, como los grupos electrógenos, la red eléctrica o los motores de gasolina. La ventaja de los inversores-cargadores es que el sistema se independiza de las condiciones meteorológicas y puede funcionar incluso en los días de lluvia o nublados, o cuando el consumo en la vivienda es muy superior al esperado y la batería está descargada. Al incorporar el cargador interno, cuando una fuente auxiliar de energía está presente, toda la energía suministrada a la vivienda proviene de la fuente auxiliar y al mismo tiempo se cargan las baterías. De este modo se aprovecha la energía de la fuente auxiliar al máximo.

Permiten el arranque de grupos electrógenos de forma automática y alimentar consumos muy elevados puntualmente sumando a la energía de la fuente auxiliar energía procedente de la batería (*Smart boost function*). Además, permiten instalar menor número de paneles solares ya que la energía extra necesaria en la vivienda será cubierta por un grupo electrógeno, y no es necesario instalar un excedente de paneles solares que producirían un sobrante de energía

durante todo el año. De esta forma se abaratan los costos de la instalación Automa.solar, 2017).

Energía producida por un panel solar

Para calcular la energía generada por una placa solar durante un día (E_{panel}) se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$E_{panel} = I_{panel} \times V_{panel} \times HSP \times \eta$$

Siendo:

- E_{panel} = Energía generada por un panel
- I_{panel} = Corriente máxima del panel
- V_{panel} = Tensión máxima del panel
- HSP = Horas de sol pico
- η = rendimiento del panel (90%).

Esto es la energía generada por una única placa fotovoltaica, pero si lo que se quiere es saber cuánta energía produce una instalación de placas solares. La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$E_{instalación- paneles} = I_{instalación- paneles} \times V_{instalación- paneles} \times HSP \times \eta [Whd]$$

La corriente y la tensión resultante variarán en función de cómo se conecten los paneles de cada rama, sea en paralelo o en serie (Sfe-solar, 2015)

Número y conexionado de los módulos solares

Para el cálculo del número de paneles solares necesario para satisfacer la demanda eléctrica prevista en la vivienda, se empleará la expresión siguiente en función del emplazamiento y el tipo de panel solar que se vaya a instalar:

Fórmula 1 Cálculo de número de paneles

$$N_{mód} = \frac{C_{ed}}{PMP \cdot HSP_{crít} \cdot PR}$$

Fuente: Yubasolar (2015).

Siendo:

Ced: el consumo diario estimado

PMP: es la potencia pico del módulo

HSPcrít: es el valor de las horas de sol pico del mes crítico

PR: es el "Performance Ratio" de la instalación o rendimiento energético de la instalación (0.9), definido como la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, en que se tienen en cuenta las siguientes pérdidas originadas:

- Pérdidas por dispersión de potencia de los módulos
- Pérdidas por incremento de temperatura de las células fotovoltaicas
- Pérdidas debidas a la acumulación de suciedad en los módulos
- Pérdidas por sombras
- Pérdidas por degradación de los módulos
- Pérdidas eléctricas
- Pérdidas por reflectancia (Yubasolar, 2015).

Método lúmenes

Este método es el más utilizado para establecer el número de luminarias necesario en un local con iluminación uniforme. Además, sirve para evaluar si el nivel de iluminancia es el adecuado. Los parámetros que definen la calidad de una buena iluminación son:

- Nivel de iluminación.
- Distribución de luminarias en el campo visual.
- Limitación del deslumbramiento.
- Modelado: Limitación del contraste de luces y sombras creado por la iluminación.
- Color: Color de la luz.
- Estética: Selección del tipo de iluminación (Castilla *et al*, 1995, p. 2).

El método de los lúmenes también se conoce como sistema general o *Método del factor de utilización*. Se utiliza para el cálculo de iluminación general y uniforme de un determinado espacio. Se obtiene el número de luminarias necesario y su situación. El procedimiento para el cálculo mediante el método de los lúmenes es el siguiente:

- Calcular el flujo luminoso.
- Calcular el número de luminarias.
- Definir la distribución de las luminarias (Castilla *et al*, 1995, p. 2).

Cálculo del flujo luminoso

Flujo luminoso es el poder de radiación aparente de una fuente de ondas electromagnéticas que el ojo humano percibe. Denotado por la letra Φ y medido en lúmenes (lm).

Fórmula 2 Flujo luminoso de una área determinada

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

Fuente: Castilla *et al*, (1995, p 3)

Donde:

- Φ_T = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES)
- E_m = nivel de iluminación medio (en LUX)
- S = superficie por iluminar (en m²).
- C_u = Coeficiente de utilización. Es la relación entre el flujo luminoso recibido por un cuerpo y el flujo emitido por la fuente luminosa. Lo proporciona el fabricante de la luminaria.
- C_m = Coeficiente de mantenimiento. Es el cociente que indica el grado de conservación de una luminaria (Castilla *et al*, 1995, p. 3).

Cálculo de números de luminarias:

Fórmula 3 Número de iluminarias

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

Fuente: Castilla *et al*, (1995, p 4)

- NL = número de luminarias
- Φ_T = flujo luminoso total necesario en la zona o local
- Φ_L = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)
- n = número de lámparas que tiene la luminaria (Castilla *et al*, 1995, p. 4).

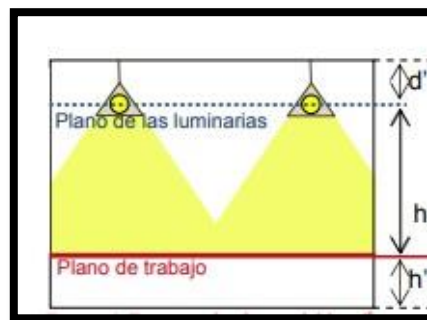


Figura 11 Esquema de alturas de local o área

Fuente: Castilla *et al*, (1995, p 6)

Donde:

- d' = altura entre el plano de las luminarias y el techo.
- h = altura entre el plano de trabajo y el plano de trabajo de las luminarias
- h' = altura del plano de trabajo al suelo
- H = altura del local

Distribución de luminarias

Una vez calculado el número mínimo de luminarias que se necesitan se tiene que proceder a distribuir las sobre la planta, es decir, tendrá que averiguarse la distancia a la que se deben instalar para iluminarla uniformemente. En los locales de planta rectangular, si se quiere una iluminación uniforme, las luminarias se reparten uniformemente en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas (Castilla *et al*, 1995, p 8).

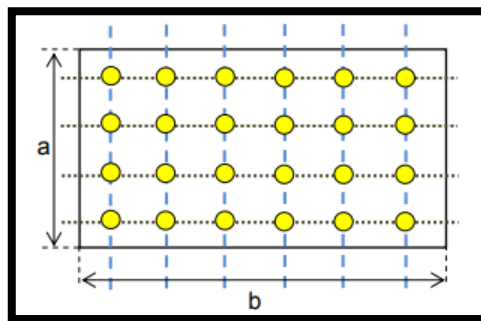


Figura 12 Distribución uniforme de luminarias

Fuente: Castilla *et al*, (1995, p 8).

Fórmula 4 Número de filas de luminarias a lo ancho (a)

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{total}}{b} \cdot a}$$

Fuente: Castilla *et al* (1995, p 8).

Fórmula 5 Número de columnas de luminarias a lo largo (b)

$$N_{largo} = N_{ancho} \cdot \left(\frac{b}{a} \right)$$

Fuente: Castilla *et al* (1995, p 8).

Norma INTECO CÓDIGO: INTE 31-08-06-2000

La norma tiene por objetivo establecer los niveles y requerimientos de iluminación para los centros de trabajo, de tal forma que no sea un factor de riesgo y provoque daños a la salud de los trabajadores al realizar sus actividades.

Esta norma establece el valor de servicio de la iluminación artificial para distintos tipos de locales, tanto en función del destino del local como de la dificultad de la tarea visual por realizar (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, 2000. P 2).

Iluminación general	700
Campo operatorio	15000 ⁶
Departamento de obstetricia	
Sala de parto:	
Iluminación general	400
Sala de partos:	
Iluminación general	700
Iluminación localizada	la indicada por el médico especialista
Depósitos	200
Depósito de ropa blanca:	
Iluminación general	200
Sala de costura	400
Lavandería y planchado	200
Despacho de elementos o artículos de esterilizaciones	200
Hospitales y clínicas	
División de pediatría	
Internación:	
Iluminación general, sala de internación	100

Figura 13 Tipo de tareas y valor mínimo de servicio de iluminación (lux)

Fuente: (Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica, 2000, p 9).

Normas para generación distribuida para autoconsumo con fuentes renovables

Objetivo

Regular la actividad de generación distribuida para autoconsumo con fuentes renovables utilizando el modelo contractual de medición neta sencilla, de forma que su implementación contribuya con el modelo eléctrico del país, y se asegure la prestación óptima del servicio de suministro eléctrico que se ofrece a todos los abonados.

Interés público. Se declara de interés público la actividad de generación distribuida para autoconsumo, como un instrumento para promover la generación de electricidad haciendo uso de fuentes de energía renovable, y contribuir con el cumplimiento de la meta establecida por el país de ser carbono neutral. Este reglamento es de aplicación obligatoria para toda persona física o jurídica que instale y opere un sistema de generación distribuida para autoconsumo con fuentes renovables y para las empresas distribuidoras.

Normativa vigente. Los sistemas de generación distribuida para autoconsumo que se desarrollen y operen mediante el modelo contractual de medición neta sencilla tienen que respetar y cumplir con este reglamento, con las normas técnicas; obtener la respectiva licencia de viabilidad ambiental otorgada por la SETENA y demás permisos establecidos según la fuente de energía por utilizar. Se exceptúan del licenciamiento ambiental otorgado por la SETENA aquellos sistemas de generación distribuida para autoconsumo cuya fuente de energía utilice tecnología fotovoltaica con potencias iguales o menores a 500 KVA.

Artículos de importancia

Entre los artículos de esta norma con más relevancia se encuentran varios, como el artículo 10 que indica que la empresa distribuidora tiene la obligación de realizar estudios técnicos para determinar la capacidad máxima de potencia que se puede agregar a cada circuito, y que las normas técnicas aplicables para prestar el servicio de interconexión que realice la empresa distribuidora debe cumplir con las normas técnicas establecidas por la ARESEP según el artículo 11.

El artículo 13 es relevante ya que menciona que toda persona física o jurídica que produzca electricidad con fuentes renovables para ser aprovechada exclusivamente por él, en el mismo sitio donde se genera, deberá hacerlo con el único propósito de suplir parcial o totalmente sus necesidades de energía eléctrica. Es importante mencionar que existen dos tipos de productor-consumidor que son mencionados en el artículo 14. Uno de ellos es el que tiene un sistema de generación no interconectado a la red de distribución y el otro es el que está conectado a la red de distribución.

En dos artículos se mencionan ciertos aspectos con los cuales los generadores de energía deben cumplir. El artículo 17 indica que a todo productor-consumidor que no esté interconectado se le prohíbe que se interconecte a la red de distribución y que distribuya o comercialice de alguna forma la energía que produzca. El productor-consumidor con un sistema de generación interconectado a la red de distribución, como abonado que instale y opere un sistema de generación distribuida para autoconsumo, debe de tener un contrato de interconexión con la empresa de distribución eléctrica.

La prohibición para distribuir y comercializar se indica en el artículo 20, que dice que a los productores-consumidores no se les concede el derecho a utilizar la red de distribución para distribuir y comercializar energía con el fin de satisfacer la demanda de electricidad a terceros, o bien, satisfacer la demanda de electricidad en un sitio diferente del punto de interconexión establecido en el contrato. Es importante que el abonado o productor-

consumidor sea el responsable de dimensionar adecuadamente la potencia eléctrica que se va a requerir en su sistema con proyección de consumo en su sistema según artículo 33.

La norma POASEN, en el artículo 34, indica que el generador de energía puede depositar en la red de distribución la energía no consumida, y tendrá derecho a retirar hasta un máximo del cuarenta y nueve por ciento (49%) de la energía total generada para utilizarla en el mes o meses siguientes en un periodo anual. La energía total producida y la energía no consumida serán contabilizadas de forma mensual por un período de un año dentro del proceso de facturación, y su fecha anual de corte la fijarán por acuerdo de las partes dentro del contrato de interconexión.

Reglamento

En el reglamento se mencionan varios requisitos para los que estén generando o quieran generar energía. En cuanto a las tarifas será la ARESEP el ente que está a cargo de establecer las tarifas de interconexión, acceso, cargos por potencia, actividades de gestión administrativa y técnica, y cualquier otro cargo aplicable a la actividad asociada con la generación distribuida. También es importante mencionar que la capacidad máxima de todos los sistemas que serán conectados en el circuito no puede sobrepasar 15 % de la demanda máxima anual del circuito. Se considera demanda máxima aquella medida a la salida de la subestación a la cual está conectado el circuito bajo condiciones de operación normal. No se considera la potencia relativa a los circuitos de respaldo.

Los abonados o productores-consumidores que generen la actividad de producción de energía no tendrán ningún derecho sobre la red de distribución, ya que esta será únicamente de la empresa de distribución y aquellos que produzcan o afecten la red de distribución serán obligados a pagar los daños ocasionados a la red y se les aplicarán sanciones legales y reglamentarias en cuando a la generación eléctrica.

Análisis financiero

Valor actual neto (VAN)

El del valor actual neto (VAN) es un criterio de inversión que consiste en actualizar los cobros y pagos de un proyecto o inversión para conocer cuánto se va a ganar o perder con esa inversión. También se conoce como valor neto actual (VNA), valor actualizado neto o valor presente neto (VPN). Para ello se traen todos los flujos de caja al momento presente y se descuentan a un tipo de interés determinado. El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos (Economipedia, 2017).

Fórmula 6 Cálculo del valor actual neto (VAN)

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Fuente: Economipedia (2017).

F_t son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 es la inversión realizada en el momento inicial ($t = 0$)

n es el número de periodos

k es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión (Economipedia, 2017).

El VAN sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones pueden ser efectuadas y, en segundo lugar, ver cuál inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

- $VAN > 0$: El valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión a la tasa de descuento elegida generará beneficios.
- $VAN = 0$: El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas por lo que su realización en principio es indiferente.
- $VAN < 0$: El proyecto de inversión generará pérdidas, por lo que deberá ser rechazado (Economipedia, 2017).

Ventajas e inconvenientes del VAN

Como cualquier métrica e indicador económico, el valor actual neto presenta las ventajas y desventajas que se presentan a continuación:

Ventajas del valor actual neto

El VAN tiene varias ventajas a la hora de evaluar proyectos de inversión, principalmente que es un método fácil de calcular y a su vez proporciona útiles predicciones sobre los efectos de los proyectos de inversión en el valor de la empresa. Además, presenta la ventaja de tener en cuenta los diferentes vencimientos de los flujos netos de caja.

Desventajas del valor actual neto

Sin embargo, a pesar de sus ventajas también tiene algunos inconvenientes, como la dificultad de especificar una tasa de descuento y la hipótesis de reinversión de los flujos netos de caja, pues se supone implícitamente que los flujos netos de caja positivos son reinvertidos inmediatamente a una tasa que coincide con el tipo de descuento, y que los flujos netos de caja negativos son financiados con unos recursos cuyo costo también es el tipo de descuento (Economipedia, 2017).

Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión de las cantidades que no se han retirado del proyecto. Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el valor actual neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero en un proyecto de inversión dado.

La tasa interna de retorno (TIR) da una medida relativa de la rentabilidad, es decir, va a estar expresada en tanto por ciento. El principal problema radica en su cálculo, ya que el número de periodos dará el orden de la ecuación por resolver. Para resolver este problema se puede acudir a diversas aproximaciones y utilizar una calculadora financiera o un programa informático (Economipedia, 2017).

¿Cómo se calcula la TIR?

También se puede definir con base en su cálculo. La TIR es la tasa de descuento que iguala, en el momento inicial, la corriente futura de cobros con la de pagos y genera un VAN igual a cero:

Fórmula 7 Cálculo de la TIR

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

Fuente: Economipedia (2017).

F_t son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 es la inversión realiza en el momento inicial ($t = 0$)

n es el número de periodos (Economipedia, 2017).

Criterio de selección de proyectos según la tasa interna de retorno

El criterio de selección será el siguiente en que “ k ” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

- Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso la tasa de rendimiento interno que se obtiene es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.
- Si $TIR = k$, se estaría en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero. En este caso la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.
- Si $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que se le pide a la inversión (Economipedia, 2017).

Representación gráfica de la TIR

La tasa interna de retorno es el punto en el cual el VAN es cero. Por ello se dibuja en un gráfico el VAN de una inversión, en el eje de ordenadas, y una tasa de descuento (rentabilidad) en el eje de abscisas. La inversión será una curva descendente. La TIR será el punto en el que esa inversión cruce el eje de abscisas, que es el lugar en donde el VAN es igual a cero:

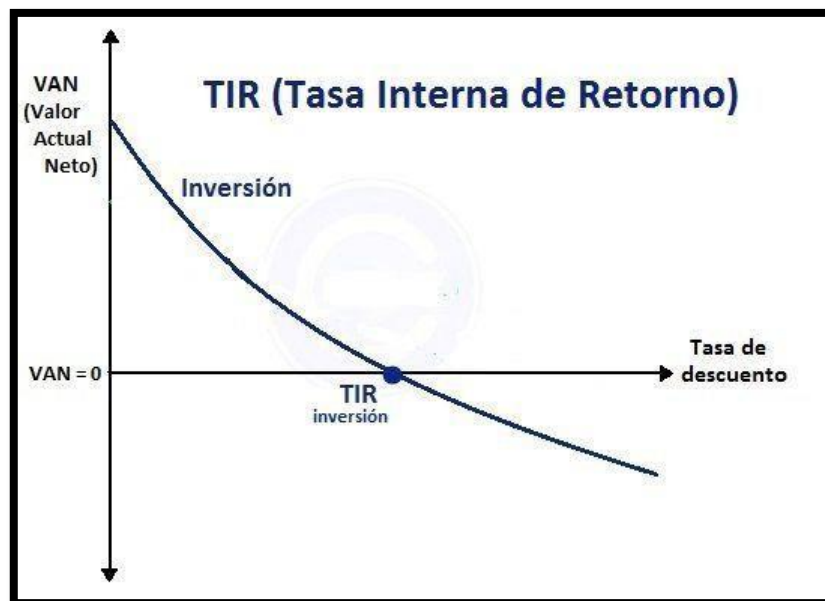


Figura 14 Representación gráfica de la TIR

Fuente: Economipedia (2017).

Inconvenientes de la tasa interna de retorno

Es muy útil para evaluar proyectos de inversión ya que indica la rentabilidad de dicho proyecto; sin embargo, tiene algunos inconvenientes:

- Hipótesis de reinversión de los flujos intermedios de caja. Supone que los flujos netos de caja positivos son reinvertidos a “ r ” y que los flujos netos de caja negativos son financiados a “ r ”.
- La inconsistencia de la TIR no garantiza asignar una rentabilidad a todos los proyectos de inversión y existen soluciones (resultados) matemáticas que no tienen sentido económico: proyectos con varias r reales y positivas, proyectos con ninguna r con sentido económico (Economipedia, 2017).

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

Una investigación científica es muy parecida a cualquier otro tipo de investigación solo que más rigurosa, organizada, y se lleva a cabo cuidadosamente. Esto se aplica tanto a estudios cuantitativos como a cualitativos o mixtos. Es sistemática porque implica que hay una disciplina para realizar la investigación científica y que no se dejan los hechos a la casualidad sino que tiene que haber un porqué. Es empírica porque que se recolectan y analizan datos. Es crítica ya que se evalúa y mejora de manera constante. Puede ser más o menos controlada, más o menos flexible o abierta, más o menos estructurada; pero nunca caótica y sin método (Hernández, 2013, p XXIV).

La investigación cuantitativa es secuencial y probatoria, lleva un orden por seguir en que una etapa precede a la siguiente y no se pueden eludir pasos. El orden es riguroso aunque, desde luego, se puede redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica (Hernández, 2013, p 129).

Esta investigación tiene el propósito de realizar el diseño de un sistema fotovoltaico más adecuado para una lavandería industrial de ropa hospitalaria, para lo cual se estudiará la radiación solar de la zona en estudio para la implementación de paneles solares, con el propósito de disminuir el consumo eléctrico. También se investiga sobre tecnología de iluminación LED para determinar si es viable el uso de esta para el ahorro de energía en comparación con la iluminación existente.

La presente investigación es de tipo descriptivo y se realiza bajo un enfoque cuantitativo, ya que en ella se plantea un problema que se quiere estudiar. Para ello se delimitan los correspondientes objetivos, sus alcances, justificación y marco teórico, todo lo cual se desarrollará con el aporte de la revisión de la literatura correspondiente.

Método de investigación

La estructura de esta investigación se divide en cuatro pasos que deberán seguirse para que se pueda cumplir con los objetivos planteados.

Planteamiento del problema

En esta etapa se plantea el problema como una pregunta, clara y directa, sin rodeos. Se delimitan los objetivos que se espera alcanzar, para no perder la dirección de lo que se quiere investigar. Se plantean los alcances hasta donde se quiere profundizar y da la justificación, por qué se quiere realizar el estudio.

Construcción del marco teórico

Se realiza una recopilación de información que abarque todo lo posible. La información será la relacionada con energías renovables, la radiación solar, tipos de sistemas fotovoltaicos, tipos de paneles, y mediciones de radiación y consumo de fuentes bibliográficas o de referencias consolidadas.

Desarrollo de la investigación

Seguidamente se exponen los escenarios que se desarrollarán como parte de la investigación. Para eso se presentan las correspondientes variables de cada uno de los escenarios, tales como el consumo de KW/mes actual, el sistema de iluminación LED, la capacidad máxima disponible para la colocación de los paneles para calcular la potencia máxima por desarrollar.

También se realizan el cálculo de la potencia solar que se puede utilizar en el área de estudio y la rentabilidad de los escenarios en el nivel financiero, para determinar cuál es el escenario más favorable y si es rentable su inversión.

Conclusiones

En esta parte se emite un criterio propio acerca de las recomendaciones en cuanto a si es rentable y si la producción de energía solar satisface y cumple con las necesidades de los procesos.



Figura 15 Cronograma de una investigación cuantitativa

Fuente: El método científico (2017).

CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE RESULTADOS

Lugar de estudio

La compañía o negocio del que se hizo el estudio se llama Lavandería Marimar y está ubicada en San José, Costa Rica, en el cantón de Goicochea (Calle Blancos). Se encuentra a 9.9483 latitud y a -84.0649 longitud, en el complejo de bodegas Herradura. La bodega es la N.º 18, que cuenta con 170 metros cuadrados de construcción.

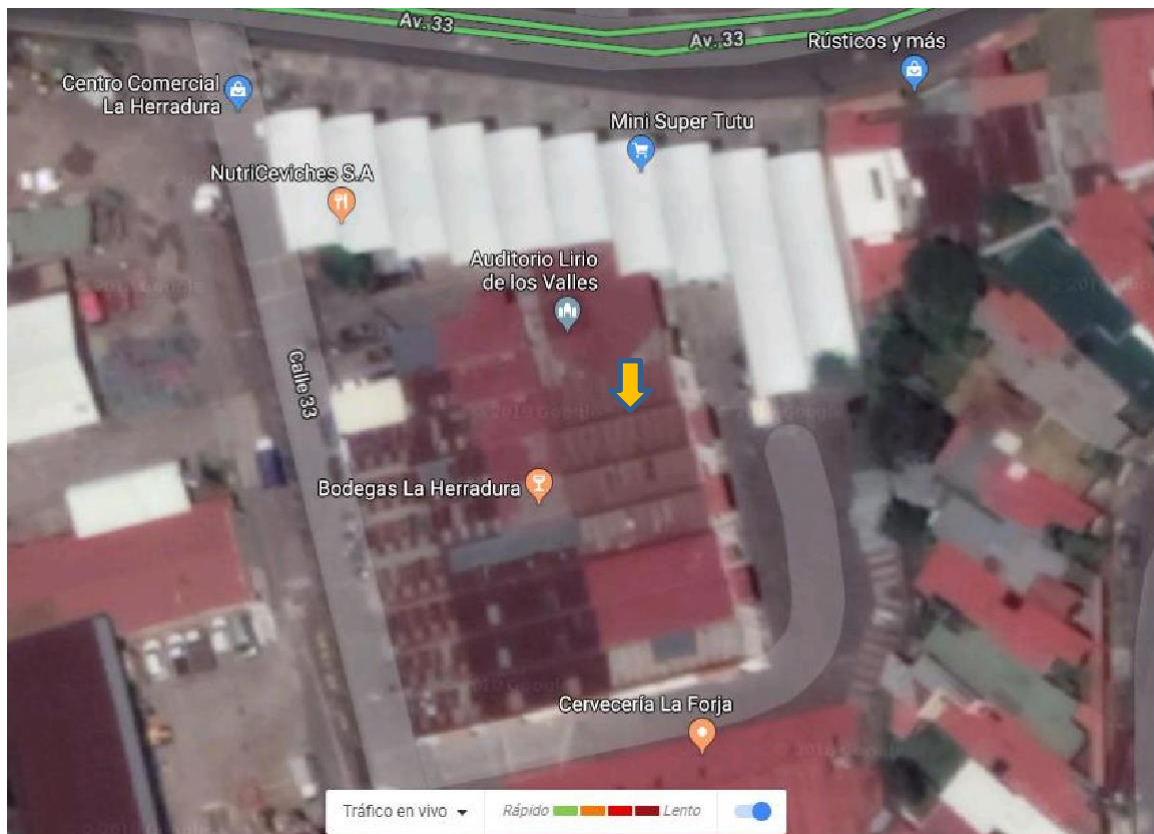


Figura 16 Localización de la Lavandería

Fuente: Google maps (2019)

Radiación solar

La radiación solar en la zona de Calle Blancos es de suma importancia ya que los datos de la hora pico solar (HPS) son básicos para poder diseñar el sistema fotovoltaico más adecuado para las necesidades de la lavandería. Por eso se espera obtener la mayor cantidad de energía fotovoltaica, para disminuir el consumo en la facturación energética que se necesita en los procesos de lavado, planchado y secado de ropa.

En la siguiente tabla se encuentran los datos de radiación solar en KW-h/m² y HPS. Se obtuvieron con el software gratuito Power Project Data Sets que tiene la NASA, que suministra datos relacionados con la radiación solar, meteorológica y otras, que son para el uso del público en general, para que sean utilizados en proyectos, investigaciones o estudios de energías renovables.

Tabla 1 Radiación solar mensual correspondiente al año 2018

Radiación solar (KW-h/m ²)		
Mes	KW-h/m ²	HPS
Enero	6,85	6,85
Febrero	6,86	6,86
Marzo	6,93	6,93
Abril	5,8	5,8
Mayo	5,06	5,06
Junio	4,76	4,76
Julio	4,75	4,75
Agosto	4,59	4,59
Septiembre	4,48	4,48
Octubre	4,59	4,59
Noviembre	5,04	5,04
Diciembre	6,16	6,16

$$1 \text{ HPS} = 1 \text{ KW-h/m}^2$$

Fuente: Recurso propio

En los datos que se ofrecen en la tabla 1 de radiación solar se observa que los meses con más horas pico solar son los primeros meses del año, que serían enero y febrero, y en el mes de diciembre también se tiene radiación solar.

Consumo energético

En sus procesos de lavado, secado y planchado de ropa hospitalaria la Lavandería tuvo en el año 2018 un consumo de 11462 KW/h, lo que significó un gasto económico anual de 1.669.605,00 colones, según la tabla, y el promedio de kilos procesados mensuales fue de 5.500 kilos, en promedio, aunque este promedio varía usualmente. Los procesos de la Lavandería se realizan en un horario de lunes a viernes de 5 am a 8pm ó 9 pm, y los sábados de 5 am a 12md. Este sería el horario promedio de funcionamiento, aunque puede variar dependiendo de los kilos por procesar.

La figura 17 es la correspondiente al área de lavado en donde la ropa se selecciona para el proceso de lavado. Este proceso tiene una duración de 50 minutos por máquina. Aunque se tienen dos lavadoras estas no funcionan juntas al mismo tiempo. La ropa que se recolecta en

un día debe ser procesada el mismo día para que se pueda entregar al día siguiente, La lavandería cuenta con dos lavadoras industriales con una capacidad de 60 Lb de ropa.



Figura 17 Área de lavado

Fuente: Recurso propia

En el área de planchado que se muestra en la figura 18 se realiza el proceso de planchado y empacado, tanto de ropa hospitalaria como de gabachas hospitalarias. En esta área se tienen dos planchas de quijada ancha. Esta área se encuentra iluminada durante todas las horas que se encuentra trabajando la lavandería y en toda la demás área la iluminación es esencial para realizar los procesos.



Figura 18 Área de planchado

Fuente: Recurso propia

La tabla 2 muestra los equipos que se tienen en la lavandería. Todos estos equipos son utilizados en los procesos de lavado, secado y planchado, aunque no todos se utilizan de forma continua ya que se les da una rotación de uso y también porque se tienen como reserva por si alguno sale de funcionamiento por daño o por mantenimiento. La información de datos de consumo de los equipos se obtuvo mediante las fichas técnicas, las cuales se encuentra en la página web de los diferentes fabricantes y en aquellos equipos de planchado y bomba de agua. Tales datos se obtuvieron mediante las placas de datos. (Ver el anexo C)

Tabla 2 Equipo existente en la Lavandería

Equipos que se utilizan en la lavandería	
Equipo	Consumo Watts
Lavadora Unimac 60lb	2200
Lavadora Unimac 60lb	2200
Secadora Laundry 50lb	600
Secadora Laundry 30lb	600
Secadora Whirlpool 17 kg	450
Secadora Whirlpool 17 kg	450
Secadora Whirlpool 17 kg	450
Calentador de agua	3000
Bomba de agua DAB	1120
Plancha tipo uso hogar	1700
Plancha de quijada	1500
Plancha de quijada	1500

Fuente: Recurso propio

En la tabla 3 se muestra el consumo en KW/h que ha tenido la Lavandería en el año 2018. Los datos fueron suministrados por la empresa que ofrece el servicio de electricidad en la zona, que es la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL).

Tabla 3 Consumo en KW/h y facturación eléctrica

Consumo de KW correspondiente al año 2018		
Mes	Consumo en KW/H	Facturación
Enero	1010	¢144.810,00
Febrero	905	¢133.200,00
Marzo	947	¢135.390,00
Abril	974	¢139.215,00
Mayo	1192	¢172.780,00
Junio	1065	¢155.650,00
Julio	970	¢137.715,00
Agosto	894	¢132.890,00
Septiembre	816	¢121.490,00
Octubre	888	¢131.600,00
Noviembre	890	¢130.670,00
Diciembre	911	¢134.195,00
Total	11462	¢1.669.605,00
Promedio	955,166	

Fuente: CNFL

Como se observa en la tabla 3, los consumos de energía tienen una variación todos los meses, aunque las diferencias de estas variaciones no son tan extremas. Los consumos de energía más altos se presentan en los meses de enero, mayo y junio, lo cual indica que se procesaron más kilos de ropa hospitalaria. Con los datos suministrados se obtiene que el promedio mensual de consumo de energía es de 955,16 KW/h (Ver el anexo B).

Sistema de iluminación actual

La iluminación con la que cuenta actualmente el local es de luminarias, ya muy poco común. El local cuenta con luminarias Sylvania tipo fluorescente T12 y bombillos de luz incandescente de 100w de potencia. En las figuras 20 y 21 se muestra el tipo de luminarias existentes y su distribución no tiene ningún diseño de método de lúmenes ya que el local tiene aproximadamente 10 años de haberse construido.



Figura 19 Iluminación actual

Fuente: Fuente propia.



Figura 20 Iluminación actual del área de secado

Fuente: Fuente propia

Los datos de consumo se obtuvieron mediante la utilización de un multímetro de pinza el cual se colocó en el cable del termomagnético que está designado para todo lo que tiene que ver con la iluminación del local. En la figura 21 se muestra la colocación del multímetro de pinza en el cable del termomagnético el cual indica que tiene un consumo de 6,77 amperios.

Es importante resaltar que la iluminación es constante pues cubre todos los procesos de la Lavandería.

Pero cuando una zona del local no está en uso en ese tiempo no se utiliza la iluminación. La información de las horas es un promedio que es suministrado por los dueños de la lavandería, ya que ellos trabajaron en su momento realizando todos los procesos pues no contaban con empleados, pero ahora ellos tienen la función de administración y experiencia en la duración de los procesos.

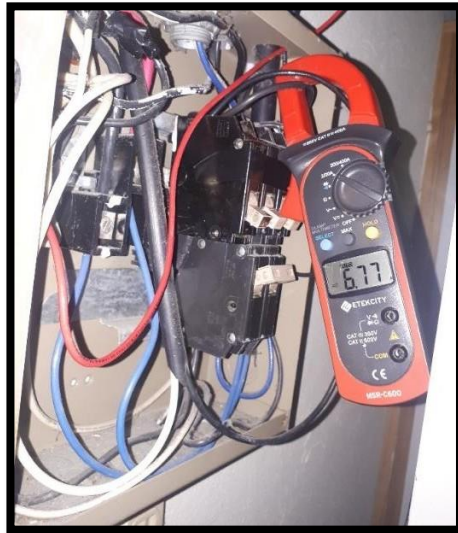


Figura 21 Medición de iluminación

Fuente: Fuente propia

La iluminación ha mantenido un promedio de 10 horas diarias y días con un promedio de 5 horas de uso a la semana, lo cual se muestra en la tabla 4. El consumo total de horas de uso se calcula en un mes promedio de 30 días, lo que significa que 22 días tendrán 10 horas de uso, 4 días 5 horas de uso y los días restantes serían los días en que no se labora. También se muestra la potencia consumida por día y por mes.

Tabla 4 Uso en horas de iluminación y consumo de energía actual

Uso en horas de iluminación			
Días de 10 horas de uso	Total de horas	Días de 5 horas de uso	Total horas
22 días	220	5 días	25
Total de horas de uso mensual			245
Consumo de energía			

Potencia de la iluminación en Watts	812,4
Potencia por mes Watts	199,038
Total en WK	199,038

Fuente: Recurso propio

Según los datos de la tabla 4 se tiene que el consumo promedio de potencia al mes es de 199 KW, redondeados. El promedio de un día de 10 horas es de 8,124 KW/h y para un día de 5 horas es de 4,062KW/h., así como para el mes de abril se calcula para el resto de los meses del 2018.

Tabla 5 Consumo con iluminación actual para el 2018

Consumo de iluminación actual				
Mes	Días	Horas de uso	Potencia del circuito actual KW	Consumo por mes en KW/h al MES
Enero	31	255	0,8124	207,162
Febrero	28	220	0,8124	178,728
Marzo	31	255	0,8124	207,162
Abril	30	245	0,8124	199,038
Mayo	31	255	0,8124	207,162
Junio	30	245	0,8124	199,038
Julio	31	255	0,8124	207,162
Agosto	31	255	0,8124	207,162
Septiembre	30	245	0,8124	199,038
Octubre	31	255	0,8124	207,162
Noviembre	30	245	0,8124	199,038
Diciembre	31	255	0,8124	207,162
Total				2425,014

Fuente: Recurso propio

Sistema propuesto con iluminación LED

Se propone un nuevo diseño de iluminación con lámparas LED. El uso de iluminación LED es para reducir el consumo energético existente en la lavandería. Los datos que se suministran en la tabla 4 se van a comparar con los datos del consumo de energía presente en la propuesta para saber si es conveniente realizar un cambio de iluminación que genere un ahorro energético al usar paneles solares.

Cálculo de lúmenes

Para el cálculo de los lúmenes es necesario el de las diferentes áreas que se quiere iluminar. Las dimensiones de las diferentes áreas están en el plano de distribución de planta (ver el anexo A). Según INTECO 2000-09-20, el valor mínimo de servicio de lux para la actividad

de lavado y planchado de ropa es de 200 luxes (ver la figura). Para este caso se usarán lámparas Led de la marca Sylvania (Ver el anexo G).

El flujo luminoso se calculó con la fórmula 2 en el caso del área de lavado

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{C_u \cdot C_m}$$

Donde:

- Φ_T = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES).
- E_m = nivel de iluminación medio (en LUX).
- S = superficie por iluminar (en m²).
- C_u = Coeficiente de utilización. Es la relación entre el flujo luminoso recibido por un cuerpo y el flujo emitido por la fuente luminosa. Lo proporciona el fabricante de la luminaria. 0.7.
- C_m = Coeficiente de mantenimiento. Es el cociente que indica el grado de conservación de una luminaria 0.8.

El área de lavado tiene 45,92 m², el valor de lux es 200, el coeficiente de utilización es de 0,7 dado por Sylvania y el coeficiente de mantenimiento de 0,7 pues es un ambiente con una suciedad considerable.

$$\Phi_T = \frac{200 \cdot 45,92}{0,7 \cdot 0,7} = 18742,85 \text{ lúmenes}$$

Al tener el flujo luminoso que necesita el área de lavado se escoge la luminaria por utilizar. En este caso se selecciona una lámpara de la marca Sylvania modelo 705 LED 48 2X18W ECO C/TUBOS P24250, ya que se encuentra capsulada y eso evita que la suciedad entre a los tubos LED (Ver el anexo).

Al tener el flujo luminoso de 18742,85 lúmenes, el paso siguiente es calcular el número de luminarias requeridas y escoger el modelo 705 LED 48 2X18W ECO C/TUBOS P24250, que ofrece 3200 lúmenes con dos tubos LED. Esto al aplicar la fórmula 3.

$$NL = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

Donde

- NL = número de luminarias.
- Φ_T = flujo luminoso total necesario en la zona o local.
- Φ_L = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo).
- n = número de lámparas que tiene la luminaria.

$$NL = \frac{18742,85}{2 \cdot 3200} = 2,92 \text{ luminarias}$$

El cálculo de luminarias da 2,92. Se dispone que se usen tres luminarias para la iluminación correcta del área de lavado. Posteriormente se realizarán los mismos cálculos de luminarias y potencia. Para todas las demás áreas de la lavandería los datos se suministran en la tabla 6.

Tabla 6 Cálculo de luminarias por método de lúmenes y potencia

Cálculo de luminarias por método de lúmenes y potencia											
Zona	Área m ²	Valor en lux	Coefficiente de utilización	Coefficiente de mantenimiento	Flujo luminoso lúmenes	Flujo luminoso de una lámpara	Cantidad de lámparas	Cantidad de luminarias	Cantidad de luminarias redondeada	Potencia por lámpara en W	Total por luminarias en W
Área de lavado	45,92	200	0,7	0,7	18742,857	3200	2	2,929	3	18	108
Área de secado	47	200	0,7	0,7	19183,673	3200	2	2,997	3	18	108

Área de planchando	25,2	200	0,7	0,7	10285,714	3200	2	1,607	2	18	72
Área de ropa contaminada	11,2	200	0,7	0,7	4571,429	3200	2	0,714	1	18	36
Baño	9,5	100	0,7	0,7	969,388	3200	1	0,5	1	18	18
										Total de potencia	360

Fuente: Recurso propio

La potencia es de 360 de iluminación LED por hora, que sería de 0,360 KW/h para un mes. Tomando el mes de abril, de 30 días, el promedio es de 22 días de 10 horas y cinco días de cinco horas de uso de iluminación, y el total es de 88,2 KW/h por mes. Los datos de la tabla 7 muestran horas de iluminación con sistema LED y consumo de energía para el mes de abril.

Tabla 7 Horas de iluminación con sistema LED y consumo de energía

Uso en horas de iluminación			
días de 10 horas	total de horas	días de 5 horas	total horas
22 días	220	5 días	25
Total de horas de uso mensual			245
Consumo de energía			
Potencia en Watts			360
Potencia por mes W/h al mes			88200
Total en WK/h al mes			88,2

Fuente: Recurso propio

Como en la tabla 7 se calcularon las horas de uso de iluminación con LED y consumo de energía para el mes de abril, así se hará para todos los demás meses del año 2018

Tabla 8 Consumo con iluminación LED para el 2018

Consumo de iluminación actual y con un sistema LED				
Mes	Días	Horas de uso	Potencia del circuito LED KW	Consumo por mes en LED KW/h AL MES

Enero	31	255	0,36	91,8
Febrero	28	220	0,36	79,2
Marzo	31	255	0,36	91,8
Abril	30	245	0,36	88,2
Mayo	31	255	0,36	91,8
Junio	30	245	0,36	88,2
Julio	31	255	0,36	91,8
Agosto	31	255	0,36	91,8
Septiembre	30	245	0,36	88,2
Octubre	31	255	0,36	91,8
Noviembre	30	245	0,36	88,2
Diciembre	31	255	0,36	91,8
Total				1074,6

Fuente: Recurso propio

Tabla 9 Comparación de consumo de la iluminación actual y el sistema LED

Comparación de consumo en KW correspondiente al año 2018			
Mes	Consumo en KW/H mes con iluminación actual	Consumo en KW/H mes con iluminación LED	Ahorro de KW/h al mes con iluminación LED
Enero	1010	894,64	115,36
Febrero	905	805,47	99,53
Marzo	947	831,64	115,36
Abril	974	863,16	110,84
Mayo	1192	1.076,64	115,36
Junio	1065	954,16	110,84
Julio	970	854,64	115,36
Agosto	894	778,64	115,36
Septiembre	816	705,16	110,84
Octubre	888	772,64	115,36
Noviembre	890	779,16	110,84
Diciembre	911	795,64	115,36
			112,5345
Total en KW/h	11462	10.111,59	1.462,95

Fuente: Recurso propio

Según los datos de la tabla 9 se puede establecer un ahorro de energía de más de 100 KW/h al mes en el consumo en todos los meses. La propuesta de una iluminación LED demuestra que esta es una excelente tecnología si se busca un ahorro tanto energético como económico.

Escenarios para el sistema fotovoltaico

Los escenarios que se van a desarrollar son siete, y cada uno tendrá sus especificaciones. Se tomarán en cuenta las horas solar pico HSP que se dan cada mes del 2018, para realizar el cálculo de números de paneles, y también la generación de energía en cada mes. El área disponible es importante en algunos escenarios para estimar la colocación de los paneles.

En los escenarios de los diferentes diseños se utilizarán paneles solares de la marca Jinko Solar modelo JKM365M-72 de 365 Watts de potencia. Su precio es de 185 dólares (ver la ficha técnica del anexo C). Los paneles tienen una dimensión de 1.956 metros de largo por 0.992 metros de ancho, con grosor de 0.04 metros.

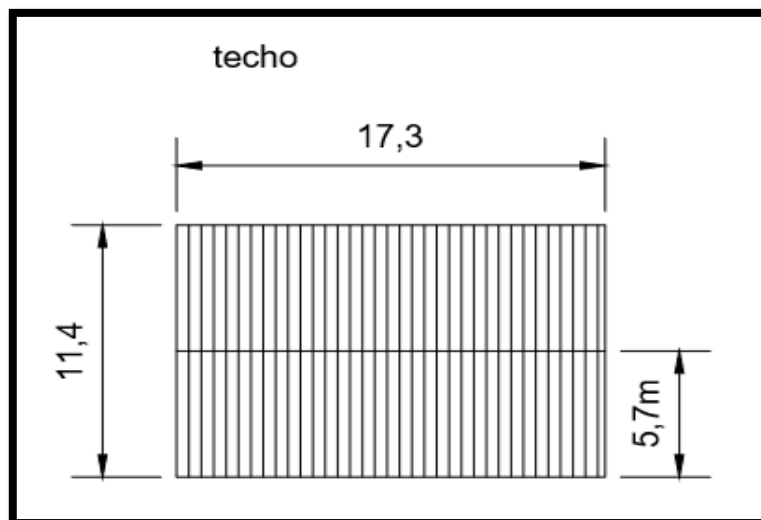


Figura 22 Dimensiones de techo

Fuente.: Recurso propio

Según la figura las dimensiones del techo en el lugar de estudio tienen un ancho de 11.4 metros por 17.3 metros de largo. Esto quiere decir que se cuenta con 197,2 metros cuadrados de superficie para la colocación de los paneles solares.

Escenario 1

100% del techo con inversor

En este escenario se considerará 100% de la totalidad del techo. En el área total de techo es importante dejar un área de mantenimiento para la instalación de los paneles y para que tengan el mantenimiento necesario. Se determinará el número de paneles que se pueden

colocar. Se tendrá que generar energía con el número de paneles que se puedan colocar en la superficie del techo, y también elegir el o los inversores más adecuados para este escenario. Los paneles Jinko Solar tienen una dimensión de 1.956 metros de largo por 0.992 metros; por lo tanto, el área del panel es de 1,94m².

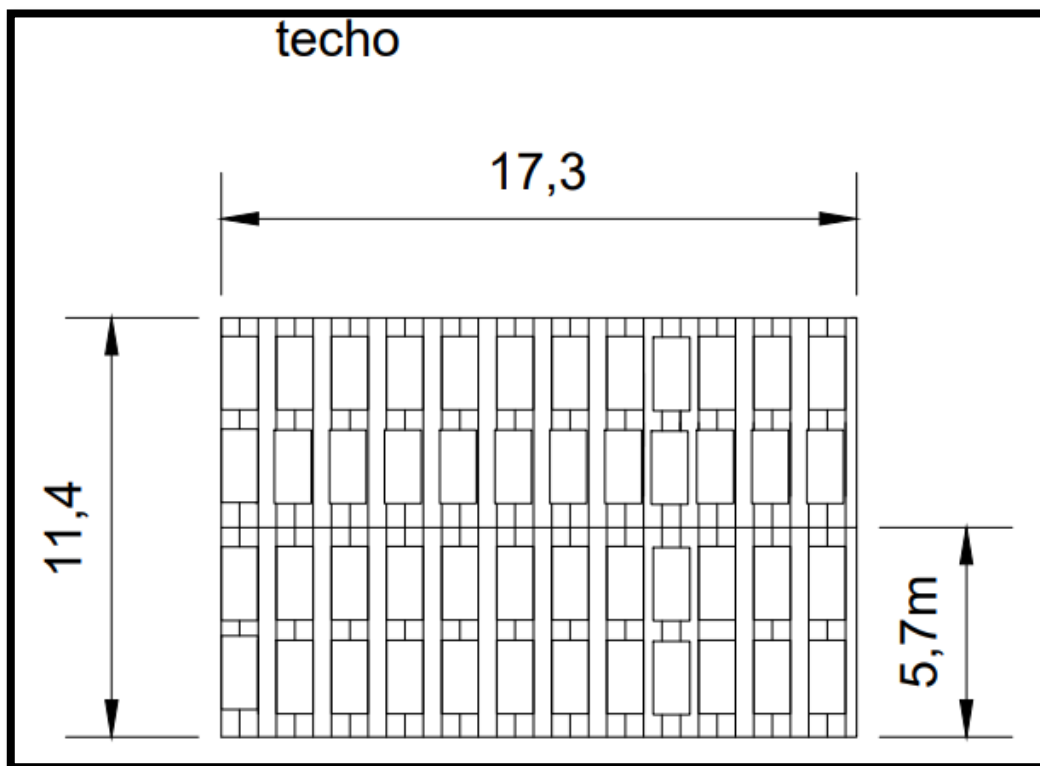


Figura 23 Distribución del área del techo

Fuente: Fuente propio

Cantidad de paneles por área disponible

Área disponible para paneles	Largo de techo x ancho del área	34,6 m ²	
Total de paneles	$\frac{\text{Área disponible}}{\text{Área del panel}}$	34,2	17,6 paneles

Para el área disponible en el cálculo de la fórmula se obtiene que se pueden colocar 17,6 paneles pero esta cantidad se redondea a 17 paneles por área, y en la figura se tiene que son cuatro áreas disponibles, para colocar un total de 68 paneles de 365 watts cada uno. Al

considerar la mayor cantidad de paneles por colocar son 68, y, al saber que cada panel es de 0,365 Watts, se tiene un total de 24,8 KWh de carga instalada.

La cantidad de energía que puede generar el panel seleccionado se calcula según los datos de las horas de sol pico de los meses de la tabla y según los cálculos para todos los meses, ya que las HSP varían de un mes a otro. Por ejemplo, para el mes de enero, que cuenta con 31 días y con 6,85 HPS, se calcula la cantidad de energía que puede generar con los 68 paneles.

$$\text{Generación por mes} = 24,8\text{KW} \times 31 \text{ días} \times 6,85 \text{ HSP} = 5266,28 \text{ KW mes}$$

Tabla 10 Energía generada en el año 2018 con 68 paneles

Mes	Días	HPS	Carga instalada KW	Energía generada en KWH/Mes
Enero	31	6,85	24,8	5266,28
Febrero	28	6,86	24,8	4763,584
Marzo	31	6,93	24,8	5327,784
Abril	30	5,8	24,8	4315,2
Mayo	31	5,06	24,8	3890,128
Junio	30	4,76	24,8	3541,44
Julio	31	4,75	24,8	3651,8
Agosto	31	4,59	24,8	3528,792
Septiembre	30	4,48	24,8	3333,12
Octubre	31	4,59	24,8	3528,792
Noviembre	30	5,04	24,8	3749,76
Diciembre	31	6,16	24,8	4735,808
Anual				49632,488

Fuente: Recurso propio

Inversor para 100% del techo

En este escenario, con el área total del techo, como se calculó anteriormente, se obtuvo que la potencia total de los 68 paneles correspondió a 24,8 KWh. En este caso se escogerá un inversor central para todo el sistema. El inversor seleccionado es el Fronius Symo 24 KW, con un precio de 4 211 dólares (ver el anexo D). Se tomó esta decisión ya que este cumple con la misma potencia del sistema y porque el siguiente de más potencia es un inversor de mayor potencia que se podría elegir pero queda muy sobredimensionado, y su precio era elevado. Era un inversor Growatt 33000TL3-US con una potencia de 33KW y con un costo de 5 109 dólares.

Escenario 2

100% del techo con microinversores

En este escenario se utilizarán los mismos cálculos ya realizados en el escenario 1. La potencia será de 24,8 KWh y con un total de 68 paneles de 365Watts, que son los mismos paneles Jinko Solar (ver el anexo B). Los meses y HPS serán los mismos que en el escenario 1, ya que se calculó lo mismo. La cantidad de energía que pueden dar con 100% del techo de la lavandería y esos datos la suministra la tabla 11:

Tabla 11 Energía generada en el año 2018 con 68 paneles

Mes	Días	HPS	Carga instalada KW	Energía generada en KWH/Mes
Enero	31	6,85	24,8	5266,28
Febrero	28	6,86	24,8	4763,584
Marzo	31	6,93	24,8	5327,784
Abril	30	5,8	24,8	4315,2
Mayo	31	5,06	24,8	3890,128
Junio	30	4,76	24,8	3541,44
Julio	31	4,75	24,8	3651,8
Agosto	31	4,59	24,8	3528,792
Septiembre	30	4,48	24,8	3333,12
Octubre	31	4,59	24,8	3528,792
Noviembre	30	5,04	24,8	3749,76
Diciembre	31	6,16	24,8	4735,808
Anual				49632,488

Fuente: Recurso propio

Microinversores para 100% del techo

Para la elección de los microinversores es importante resaltar que para cada módulo o panel solar se va a necesitar un microinversor, aunque hay microinversores que pueden soportar hasta cuatro módulos, pero estos se verifican en las especificaciones de las fichas técnicas del microinversor. Para este escenario se ha seleccionado un microinversor de la marca Enphase, el modelo Microinversor IQ6+ de 112 dólares (ver el anexo E). Este microinversor soporta un módulo con un rango de 27V a 48V. Para este escenario se necesitará un total de 68 microinversores. En la tabla se muestra el total del costo solo de los dispositivos.

Tabla 12 Cantidad de microinversores

Cantidad de microinversores	Precio (en dólares)	Total (en dólares)
68	112	7 616

Fuente: Recurso propio

Escenario 3

100% de la demanda con inversor

Para este escenario se calcula el número de paneles y se realiza la elección correcta del inversor que se requiere para la demanda de 100% de energía que requiere la lavandería para sus procesos. La cantidad de energía que se puede producir en el escenario anterior con 68 paneles es de 24,8 KWh. En la tabla 11 constan los datos que suministraron la cantidad de energía que pueden generar esos paneles en los diferentes meses del año 2018, y esto con un total de 49 632,48 KW anuales.

El total de energía generada se muestra en la tabla 6. Se tiene una generación por encima de la que necesita la lavandería. El consumo total del año 2018 en la lavandería se obtiene de la tabla 3, con un total de 11 462 KW anuales. Para obtener el porcentaje de sobre generación se dividirá el total generado entre el consumo demandado anual del año 2018.

$$\text{Porcentaje de generación} = \frac{\text{Total generado}}{\text{Consumo demandado total}} * 100 = \frac{49632,48}{11462} * 100 = 433.01\%$$

El sistema de 68 paneles tiene una sobredimensión de 433% redondeado. Si bien se debe calcular para 100% de la demanda, este se puede calcular al ampliar la siguiente fórmula 1:

$$\frac{N \text{ Paneles}}{100\%} = \frac{68}{433\%}$$

$$N = \frac{68 * 100\%}{433\%} = 15,7 \text{ Paneles}$$

Al usar la fórmula se obtuvo que para generar 100% de la demanda se van a necesitar 15,7 que se va a redondear a 16 paneles. Para este escenario se usarán los mismos paneles marca Jinko Solar de 365 Watts. El total de generación de energía de los paneles es de 16 paneles por la potencia del módulo.

$$\text{Energía generada} = 16 * 365 = 5840 \text{ watts}$$

Para la generación de energía en los distintos meses se tiene en cuenta que lo que se usa para el cálculo de los datos de generación son las HSP del mes correspondiente, los días del mes en estudio y la carga total que generan los paneles solares de 365Watts. Para el cálculo del mes de enero se aplica la fórmula:

$$\text{Generación por mes} = \text{Carga total} \times \text{días del mes} \times \text{HSP} = \text{KW mes}$$

$$\text{Generación por mes} = 24,8\text{KW} \times 31 \text{ días} \times 6,85 \text{ HSP} = 5266,28 \text{ KW mes}$$

Tabla 13 Energía generada con 16 paneles para el año 2018

Mes	Días	HPS	Carga instalada KW	Energía generada en KWH/Mes
Enero	31	6,85	5,84	1240,12
Febrero	28	6,86	5,84	1121,75
Marzo	31	6,93	5,84	1254,61
Abril	30	5,8	5,84	1016,16
Mayo	31	5,06	5,84	916,06
Junio	30	4,76	5,84	833,95
Julio	31	4,75	5,84	859,94
Agosto	31	4,59	5,84	830,97
Septiembre	30	4,48	5,84	784,90
Octubre	31	4,59	5,84	830,97
Noviembre	30	5,04	5,84	883,01
Diciembre	31	6,16	5,84	1115,21
Total				11687,6504

Fuente: Recurso propio

En la tabla 13 se tienen los datos de la generación de cada mes del año 2018. Los datos con mayor generación de energía son enero, febrero, marzo, abril y diciembre. En la tabla 14 se compara lo generado con lo demandado en meses tales como enero, febrero, marzo, abril y diciembre. En estos meses se genera lo suficiente para cubrir la demanda de dichos meses, pero para el resto de los meses la energía generada no es suficiente para cumplir con lo

demandado. El total anual de lo generado sí supera lo que la lavandería demanda durante el año 2018.

Tabla 14 Comparación de energía generada y energía demandada

Mes	Energía generada en KW/h mes	Energía demandada en KW/h mes	Energía sobrante o faltante KW/h mes
Enero	1240,124	1010	230,124
Febrero	1121,75	905	216,75
Marzo	1254,61	947	307,61
Abril	1016,16	974	42,16
Mayo	916,06	1192	-275,94
Junio	833,95	1065	-231,05
Julio	859,94	970	-110,06
Agosto	830,97	894	-63,03
Septiembre	784,9	816	-31,1
Octubre	830,97	888	-57,03
Noviembre	883,01	890	-6,99
Diciembre	1115,21	911	204,21
Total			225,654

Fuente: Recurso propio

Inversor para 100% de la demanda

En la elección del inversor para este escenario se tiene el mismo criterio que el usado en el escenario 1. La potencia total generada por los 16 paneles de 395 Watts es de 5,84 KW. Este dato será el usado para la elección del inversor central, que es un Growatt 6000MTLP-US de 6000 Watts. Se eligió este por su precio, que es de 1 729 dólares, y su eficiencia -que es muy alta-, de 97,5% (ver el anexo F-Ficha técnica).

Escenario 4

100% de la demanda con microinversores

Como en el escenario anterior se usará la potencia general para 100% de la demanda, que en ese caso sería de 16 paneles de 365 Watts, para un total de energía generada de 5,84 KW. Los datos de energía generada en los meses del año 2018 serían los suministrados en la tabla 15 y las comparaciones de energía generada contra consumo de energía de los meses serían los datos de la tabla 14.

Tabla 15 Energía generada con 16 paneles para el año 2018

Mes	Días	HPS	Carga instalada KW	Energía generada en KWH/Mes
Enero	31	6,85	5,84	1240,12
Febrero	28	6,86	5,84	1121,75
Marzo	31	6,93	5,84	1254,61
Abril	30	5,8	5,84	1016,16
Mayo	31	5,06	5,84	916,06
Junio	30	4,76	5,84	833,95
Julio	31	4,75	5,84	859,94
Agosto	31	4,59	5,84	830,97
Septiembre	30	4,48	5,84	784,90
Octubre	31	4,59	5,84	830,97
Noviembre	30	5,04	5,84	883,01
Diciembre	31	6,16	5,84	1115,21
Total				11687,6504

Fuente: Recurso propio

Microinversores para 100% de la demanda

Los microinversores que se seleccionarán serán los mismos del escenario 2, que son marca Enphase, el modelo Microinversor IQ6+ de 112 dolores (ver el anexo E). La diferencia de este escenario es que para generar 100% de demanda energética de la lavandería se utilizan 16 paneles. Eso implica que el microinversor que se seleccionó es 1 a 1; por lo tanto, sería un total de 16 microinversores para la generación de 100% de lo demandado.

Tabla 16 Cantidad de microinversores para el 100% demandado

Cantidad de microinversores	Precio (en dólares)	Total (en dólares)
16	112	1792

Fuente: Recurso propio

Escenario 5

Sistema con propuesta de iluminación LED

En este escenario se analiza la demanda de consumo de la lavandería con la propuesta de iluminación LED, como se calculó anteriormente, ya que el consumo de esta tecnología es bastante bajo. Se obtiene una disminución considerable en comparación con la iluminación actual, como se muestra en la tabla 17.

Tabla 17 Comparación entre el consumo de la iluminación actual y la del sistema LED

Comparación de consumo en KW correspondiente al año 2018			
Mes	Consumo en KW/H mes con iluminación actual	Consumo en KW/H mes con iluminación LED	Ahorro de KW/h al mes con iluminación LED
Enero	1010	894,64	115,36
Febrero	905	805,47	99,53
Marzo	947	831,64	115,36
Abril	974	863,16	110,84
Mayo	1192	1.076,64	115,36
Junio	1065	954,16	110,84
Julio	970	854,64	115,36
Agosto	894	778,64	115,36
Septiembre	816	705,16	110,84
Octubre	888	772,64	115,36
Noviembre	890	779,16	110,84
Diciembre	911	795,64	115,36
			112,5345
Total en KW/h al año	11462	10.111,59	1.462,95

Fuente: Recurso propio

Para calcular los paneles necesarios para producir la energía suficiente en este escenario se analizará el mes de septiembre como primer paso. Se utiliza la misma fórmula y con esta las HSP, que son de 4,48 KW-h/m², la eficiencia de la instalación, que es de 0,9, los días del mes que son 30 días, el consumo promedio al mes ya que se toma 100% de la demanda al año de

10.111,59 KW/h al año, y se divide en los 12 meses y da un consumo de 842,63 KW/h al mes, y con este consumo mensual se saca el promedio de diario, que es de 28,09 KW/h para este mes.

$$N_{\text{mód}} = \frac{\text{Ced}}{\text{PMP} \cdot \text{HSP}_{\text{crít}} \cdot \text{PR}}$$

Siendo:

Ced: el consumo diario estimado

PMP: es la potencia pico del módulo

HSP_{crít}: es el valor de las horas de sol pico del mes crítico

PR: es el "Performance Ratio" de la instalación o rendimiento energético de la instalación (0.9), definido como la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, en que se tienen en cuenta las siguientes pérdidas originadas:

- Pérdidas por dispersión de potencia de los módulos
- Pérdidas por incremento de temperatura de las células fotovoltaicas
- Pérdidas debidas a la acumulación de suciedad en los módulos
- Pérdidas por sombras
- Pérdidas por degradación de los módulos
- Pérdidas eléctricas
- Pérdidas por reflectancia

$$N_{\text{mód}} = \frac{28,09}{0,365 \text{ KW} * 4,48 * 0,9} = 17,89 \text{ paneles}$$

Para el mes de septiembre se necesitan 17,89 pero se redondea esta cantidad a 18 paneles para generar la energía necesaria para el mes de septiembre. En la tabla 18 se realizan los mismos cálculos para el número de paneles necesarios para el resto de los meses del año 2018.

Tabla 18 Número de paneles con propuesta de iluminación LED

Cálculo de paneles con propuesta de iluminación LED								
Mes	Días	HPS	Eficiencia del panel	Potencia del panel WK	Consumo mensual	Consumo al día	Paneles	Números de paneles redondeados
Enero	31	6,85	0,96	0,365	842,63	27,18	11,32453959	12
Febrero	28	6,86	0,96	0,365	842,63	30,09	12,51960632	13
Marzo	31	6,93	0,96	0,365	842,63	27,18	11,19380897	12
Abril	30	5,8	0,96	0,365	842,63	28,09	13,82049415	14
Mayo	31	5,06	0,96	0,365	842,63	27,18	15,33065142	16
Junio	30	4,76	0,96	0,365	842,63	28,09	16,84009791	17
Julio	31	4,75	0,96	0,365	842,63	27,18	16,33117814	17
Agosto	31	4,59	0,96	0,365	842,63	27,18	16,90045669	17
Septiembre	30	4,48	0,96	0,365	842,63	28,09	17,89260403	18
Octubre	31	4,59	0,96	0,365	842,63	27,18	16,90045669	17
Noviembre	30	5,04	0,96	0,365	842,63	28,09	15,90453692	16
Diciembre	31	6,16	0,96	0,365	842,63	27,18	12,59303509	13

Fuente: Recurso propio

En la tabla 19, con la información que da, el mes con más cantidad de energía por generar es septiembre, que es el mes con menos horas pico solar (HPS) del año 2018. Los paneles que se necesitan son 18 para septiembre, y si el panel que se seleccionó es de 0,365 Watts entonces la carga instalada para ese mes es de 6,57 KW.

Tabla 19 Energía generada con 18 paneles

Mes	Días	HPS	Carga instalada KW	Energía generada en KWH/Mes
Enero	31	6,85	6,57	1395,14
Febrero	28	6,86	6,57	1261,97
Marzo	31	6,93	6,57	1411,43
Abril	30	5,8	6,57	1143,18
Mayo	31	5,06	6,57	1030,57
Junio	30	4,76	6,57	938,20
Julio	31	4,75	6,57	967,43
Agosto	31	4,59	6,57	934,85
Septiembre	30	4,48	6,57	883,01
Octubre	31	4,59	6,57	934,85
Noviembre	30	5,04	6,57	993,38
Diciembre	31	6,16	6,57	1254,61
Total				13148,61

Fuente: Recurso propio

De los datos de la tabla 19 se obtiene que los meses que más generan son enero, febrero, marzo y diciembre. Así mismo, los 18 paneles generan más energía que la que requieren los meses en estudio.

Inversor para el sistema con la propuesta LED

Como se ha calculado anteriormente, la carga instalada del sistema es de 6,57 KW. Con este dato se selecciona el inversor central por utilizar. El inversor seleccionado es un Growatt, el modelo 7600MTLP-US 7600 W. Se escogió este equipo por su bajo precio de 1 906 dólares, su peso y dimensiones, y por su fácil manipulación a la hora de trabajar (ver el anexo F)

Escenario 6

49% del consumo de energía

Igual que para los anteriores escenarios se calcularon los paneles necesarios, la carga instalada y la energía generada, considerando los datos anteriores. Lo más importante es que se tiene que cumplir con la norma POASEN, que menciona que se puede utilizar solo 49% de la energía generada por el abono. Esto quiere decir que si se producen 100 KW/h solo se pueden bajar 49 KW/h de la red propia y lo que faltaría para cumplir con el consumo se baja de la red del proveedor de energía eléctrica.

Para este escenario se utilizan los datos del tercer escenario ya que en este caso se calculó el número de paneles, la carga instalada y la energía generada para producir 100% de lo demandado. En las tablas 14 y 15 se muestran los datos para todos los meses. Es importante calcular 49% de la demanda de todos los meses. En la tabla 18 se muestra el 49% de consumo de cada mes para poder conocer si se puede cumplir con la energía necesaria para cada mes.

Tabla 20 Porcentaje del 49% de energía generada y demandada

Mes	Energía generada en KW/h	Energía demanda en KW/h	Porcentaje del 49% consumo generado por los paneles	Porcentaje del 49% consumo según POASEN KW/h
Enero	1240,124	1010	607,66	494,9
Febrero	1121,75	905	549,66	443,45
Marzo	1254,61	947	614,76	464,03
Abril	1016,16	974	497,92	477,26
Mayo	916,06	1192	448,87	584,08
Junio	833,95	1065	408,64	521,85
Julio	859,94	970	421,37	475,3
Agosto	830,97	894	407,18	438,06
Septiembre	784,9	816	384,60	399,84
Octubre	830,97	888	407,18	435,12
Noviembre	883,01	890	432,67	436,1
Diciembre	1115,21	911	546,45	446,39
Total			5726,95	5616,38

Fuente: Recurso propio

En la tabla 20 se muestra que al utilizar 16 paneles de 0,365 Watt de potencia cada uno se cubre 100% de lo demandado y así se puede bajar el 49% de la energía generada de la red propia y el 51% de la red del proveedor de energía según la norma POASEN.

Inversor para el 49% de consumo de energía mensual

Con los 16 paneles de una potencia de 0,365 KW cada uno se genera una carga instalada de 5,84 KW. Se selecciona un inversor central para todos los 16 paneles de 6000 W o de mayor potencia. En este caso se selecciona un inversor de la marca Growatt modelo 6000MTLP-US de 6000 W (ver el anexo F - Ficha técnica) por su bajo costo, facilidad a la hora de trabajar con él y por su tamaño y peso.

Escenario 7

49% del consumo de energía

Como en el escenario anterior, se necesita saber cuándo ese 49% de consumo de energía se puede bajar de la red propia de la lavandería, y el número de paneles necesarios para generar la energía necesaria para cada mes. Con esto se calculan la carga instalada y la energía que se puede generar. Los datos y el cálculo para este escenario se toman de las tablas 14, 15 y 20 que se utilizaron para el escenario anterior. Con base en las anteriores tablas se determina que son necesarios 16 paneles y, como cada panel solar es de 0,365 KW, la carga instalada es de 5,84 KW. La energía generada para todos los meses es superior a lo demandado y eso deja un sobrante de energía.

Microinversor para 49% de consumo de energía

El criterio de selección de los microinversores sería el mismo que en los escenarios 2 y 4, en que son 1 a 1 y se refiere que por cada panel instalado se coloque un microinversor, ya que el microinversor seleccionado solo soporta un módulo, aunque hay otros microinversores que soportan hasta cuatro módulos. Se selecciona un microinversor de la marca Enphase, el modelo Microinversor IQ6+ de 112 dólares (ver el anexo E). La diferencia de este escenario es que para bajar de red propia el 49% de demanda energética de la lavandería se utilizan 16 paneles; por lo tanto, sería un total de 16 microinversores para lo demandado.

Tabla 21 Cantidad de microinversores para el 49% demandado

Cantidad de microinversores	Precio (en dólares)	Total (en dólares)
16	112	1792

Fuente: Recurso propio

Análisis financiero

En este apartado se realizará un análisis financiero de los escenarios anteriores, tomando lo que se genera con el 100% de techo con inversor central y con microinversores, generación con el 100% de la demanda con inversor y con microinversores, 100% de la demanda con una propuesta de iluminación LED con inversor y el 49% de demanda con inversor y con microinversores.

Las cotizaciones incluyen los paneles y los inversores o microinversores, dependiendo del escenario, los soportes, las instalaciones y las luminarias con tecnología LED. La empresa electromecánica J&E Consultores Electromecánicos, dedicada a elaborar todo tipo de trabajo

en el área de electromecánica, suministró todo lo relacionado con las cotizaciones (ver el anexo H). Las tarifas por utilizar serán las determinadas por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) (ver el anexo I).

La tasa de cambio por utilizar será la del 8 de marzo de 2019 del Banco Central de Costa Rica, de 611,39 colones. En la tabla 21 se muestran las cotizaciones de los diferentes escenarios y la propuesta de iluminación calculada tanto en dólares como en colones.

Tabla 22 Cotizaciones de los distintos escenarios

100% del techo con inversor					
DESCRIPCIÓN	QTY	UNIT	IV	TOTAL	TOTAL
Inversor Fronius Symo 24KW	1	\$ 4.211,00	\$ 547,43	\$ 4.758,43	€2.909.256,52
Paneles marca Jinko Solar modelo JKM365M-72 365 Watts	68	\$ 185,00	\$ 24,05	\$ 14.215,40	€8.691.153,41
Herrajes de soportería	1	\$ 2.250,00	\$ 292,50	\$ 2.542,50	€1.554.459,08
Instalación y puesta en marcha	1	\$ 5.250,00	\$ -	\$ 5.250,00	€3.209.797,50
Tipo de cambio 611,39 colones			TOTAL	\$ 26.766	€16.364.666,50

100% del techo con microinversores					
DESCRIPCIÓN	QTY	UNIT	IV	TOTAL	
Micro inversor Marca Enphase IQ6+ 400W	68	\$ 112,00	\$ 14,56	\$ 8.606,08	€5.261.671,25
Paneles marca Jinko Solar modelo JKM365M-72 365 Watts	68	\$ 185,00	\$ 24,05	\$ 14.215,40	€8.691.153,41
Herrajes de soportería	1	\$ 2.250,00	\$ 292,50	\$ 2.542,50	€1.554.459,08
Instalación y puesta en marcha	1	\$ 5.250,00	\$ -	\$ 5.250,00	€3.209.797,50
Tipo de cambio 611,39 colones			TOTAL	\$ 30.614	€18.717.081,23

100% de la demanda con inversor					
DESCRIPCIÓN	QTY	UNIT	IV	TOTAL	
Inversor Growatt 6000MTLP 6000Watts	1	\$ 1.729,00	\$ 224,77	\$ 1.953,77	€1.194.515,44
Paneles marca Jinko Solar modelo JKM365M-72 365 Watts	16	\$ 185,00	\$ 24,05	\$ 3.344,80	€2.044.977,27
Herrajes de soportería	1	\$ 529,41	\$ 68,82	\$ 598,24	€365.755,08
Instalación y puesta en marcha	1	\$ 1.235,29	\$ -	\$ 1.235,29	€755.246,47

Tipo de cambio 611,39 colones			\$		
			TOTAL	7.132	€4.360.494,26

100% de la demanda con microinversores					
DESCRIPCIÓN	QTY	UNIT	IV	TOTAL	
Micro inversor marca Enphase IQ6+ 400W	16	\$ 112,00	\$ 14,56	\$ 2.024,96	€1.238.040,29
Paneles marca Jinko Solar modelo JKM365M-72 365 Watts	16	\$ 185,00	\$ 24,05	\$ 3.344,80	€2.044.977,27
Herrajes de soportería	1	\$ 529,41	\$ 68,82	\$ 598,24	€365.755,08
Instalación y puesta en marcha	1	\$ 1.235,29	\$ -	\$ 1.235,29	€755.246,47
Tipo de cambio 611,39 colones			TOTAL	7.203	€4.404.019,11

Propuesta con iluminación LED					
DESCRIPCIÓN	QTY	UNIT	IV	TOTAL	
Inversor Growatt 7600MTLP 7600Watts	1	\$ 1.906,00	\$ 247,78	\$ 2.153,78	€1.316.799,55
Paneles marca Jinko Solar modelo JKM365M-72 365 Watts	18	\$ 185,00	\$ 24,05	\$ 3.762,9	€2.300.599,43
Herrajes de soportería	1	\$ 661,76	\$ 86,03	\$ 747,79	€411.474,46
Instalación y puesta en marcha	1	\$ 1.544,12	\$ -	\$ 1.544,12	€849.525,73
Tipo de cambio 611,39 colones			TOTAL	8.627	€4.878.535,73

49% de la demanda con microinversores según POASEN					
DESCRIPCIÓN	QTY	UNIT	IV	TOTAL	
Micro inversor Marca Enphase IQ6+ 400W	16	\$ 112,00	\$ 14,56	\$ 2.024,96	€1.238.040,29
Paneles marca Jinko Solar modelo JKM365M-72 365 Watts	16	\$ 185,00	\$ 24,05	\$ 3.344,80	€2.044.977,27
Herrajes de soportería	1	\$ 529,41	\$ 68,82	\$ 598,24	€365.755,08
Instalación y puesta en marcha	1	\$ 1.235,29	\$ -	\$ 1.235,29	€755.246,47
Tipo de cambio 611,39 colones			TOTAL	7.203	€4.404.019,11

49% de la demanda con inversor según POASEN					
DESCRIPCIÓN	QTY	UNIT	IV	TOTAL	
Inversor Growatt 3000MTLP 7600Watts	1	\$ 1.729,00	\$ 224,77	\$ 1.953,77	€1.194.515,44

Paneles marca Jinko Solar modelo JKM365M-72 365 Watts	16	\$ 185,00	\$ 24,05	\$ 3.344,80	€2.044.977,27
Herrajes de soportería	1	\$ 529,41	\$ 68,82	\$ 598,24	€365.755,08
Instalación y puesta en marcha	1	\$ 1.235,29	\$ -	\$ 1.235,29	€755.246,47
Tipo de cambio 611,39 colones		TOTAL		\$ 7.132	€4.360.494,26

Iluminación con tecnología LED					
DESCRIPCIÓN	QTY	UNIT	IV	TOTAL	TOTAL
Lampara Sylvania 705 LED	10	\$ 128,20	\$ 16,67	\$ 1.448,66	€885.696,24
Instalación	1	\$ 365,85	\$ -	\$ 365,85	€223.679,27
Tipo de cambio 611,39 colones		TOTAL		\$ 1.815	€1.109.375,51

Costo de las tarifas de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) y de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP)

Las tarifas que se utilizan serán las de la CNFL ya que la lavandería es abonada de este proveedor y de la ARESEP y ya que esta institución indica el costo para la bajada de energía de red propia (ver los anexos I y J). Según la tabla 22 se muestran el costo de KW/h para el abono que tiene como categoría de tipo comercial, el costo por alumbrado y el costo por bajar energía de red propia.

Tabla 23 Tarifas para el costo de energía eléctrica

Detalle	Costo
Costo bajada de la red (CNFL)	€106,68
Costo bajado de red propia	€17,92
Costo por alumbrado	€3,51

Fuente: Recurso propio

En el cálculo del costo de consumo con paneles solares no se están tomando en cuenta el impuesto ni el tributo a los bomberos. Las tarifas se tomaron de diciembre de 2018.

Costo al generar el 100% del techo. Escenarios 1 y 2

Para los escenarios 1 y 2 se tiene en cuenta que para la generación de energía se usaron 68 paneles según la tabla 10. La única diferencia entre el escenario 1 y el 2 es que en el 1 será con inversor central y en el 2 con microinversores, y que la generación energía será la misma para los dos escenarios. En la tabla 24 se muestran los detalles del consumo de energía, la

generación y el sobrante o falta de los diferentes meses, así como el costo de facturación sin paneles y con paneles.

Tabla 24 Costo al generar 100% del techo

Detalle	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Energía almacenada	0	4256,28	8114,86	12495,64
Energía generada KW/h	5266,28	4763,58	5327,78	4315,2
Energía consumida KW/h	1010	905	947	974
Excedente o faltante KW/h	4256,28	3858,58	4380,78	3341,2
Energía requerida KW/h	-4256,28	-3858,58	-4380,78	-3341,2
Energía subida a la red propia KW/h	4256,28	3858,58	4380,78	3341,2
Energía bajada de la red propia KW/h	1010	905	947	974
Energía bajada de la red (CNFL) KW/h	0	0	0	0
Costo bajado de red propia CRC 17,92	€18.099,20	€16.217,60	€16.970,24	€17.454,08
Costo por alumbrado CRC 3,51 por KW/h consumido	€3.545,10	€3.176,55	€3.323,97	€3.418,74
Facturación sin paneles	€144.810,00	€133.200,00	€135.390,00	€139.215,00
Facturación con paneles, alumbrado	€21.644,30	€19.394,15	€20.294,21	€20.872,82

Detalle	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Energía almacenada	15193,76	12495,64	14972,08	17653,88
Energía generada KW/h	3890,12	3541,44	3651,8	3528,79
Energía consumida KW/h	1192	1065	970	894
Excedente o faltante KW/h	2698,12	2476,44	2681,8	2634,79
Energía requerida KW/h	-2698,12	-2476,44	-2681,8	-2634,79
Energía subida a la red propia KW/h	2698,12	2476,44	2681,8	2634,79
Energía bajada de la red propia KW/h	1192	1065	970	894
Energía bajada de la red (CNFL) KW/h	0	0	0	0
Costo bajado de red propia CRC 17,92	€21.360,64	€19.084,80	€17.382,40	€16.020,48
Costo por alumbrado CRC 3,51 por KW/h consumido	€4.183,92	€3.738,15	€3.404,70	€3.137,94
Facturación sin paneles	€172.780,00	€155.650,00	€137.715,00	€132.890,00
Facturación con paneles, alumbrado	€25.544,56	€22.822,95	€20.787,10	€19.158,42

Detalle	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Energía almacenada	20288,67	23362,79	26016,23	28778,03
Energía generada KW/h	3890,12	3541,44	3651,8	3528,79
Energía consumida KW/h	816	888	890	911
Excedente o faltante KW/h	3074,12	2653,44	2761,8	2617,79
Energía requerida KW/h	-3074,12	-2653,44	-2761,8	-2617,79

Energía subida a la red propia KW/h	3074,12	2653,44	2761,8	2617,79
Energía bajada de la red propia KW/h	816	888	890	911
Energía bajada de la red (CNFL) KW/h	0	0	0	0
Costo bajado de red propia CRC 17,92	¢14.622,72	¢15.912,96	¢15.948,80	¢16.325,12
Costo por alumbrado CRC 3,51 por KW/h consumido	¢2.864,16	¢3.116,88	¢3.123,90	¢3.197,61
Facturación sin paneles	¢121.490,00	¢131.600,00	¢130.670,00	¢134.195,00
Facturación con paneles, alumbrado	¢17.486,88	¢19.029,84	¢19.072,70	¢19.522,73

Total sin paneles	¢1.669.605,00
Total con paneles	¢245.630,66
Ahorro anual	¢1.423.974,34
Sobrante de energía KW/h	31395,82

Fuente: Recurso propio

Según los datos de la tabla 22 al generar con el área total de la lavandería se tiene un sobrante o excedente de energía de 31395,82 KW/h anuales, muy por encima de lo requerido por la lavandería al año. En el caso del ahorro se tiene un monto alto de 1.423.974,34 colones con el uso de paneles.

Costo al generar 100% de lo demandado. Escenarios 3 y 4

Para los escenarios 3 y 4 se tiene en cuenta que para la generación de energía se usaron 16 paneles según la tabla 15 y que el escenario 3 usa inversor y el escenario 4 usa microinversores; pero esto no hace que varíe la generación de energía. En la tabla 25 se muestran los detalles del consumo de energía, la generación y el sobrante o falta de los diferentes meses; así como el costo de facturación sin paneles y con paneles.

Tabla 25 Costo al generar 100% de lo demandado

Detalle	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Energía almacenada	0	230,12	446,87	754,48
Energía generada KW/h	1240,12	1121,75	1254,61	1016,16
Energía consumida KW/h	1010	905	947	974
Excedente o faltante KW/h	230,12	216,75	307,61	42,16
Energía requerida KW/h	-230,12	-216,75	-307,61	-42,16
Energía subida a la red propia KW/h	230,12	216,75	307,61	42,16
Energía bajada de la red propia KW/h	1010	905	947	974
Energía bajada de la red (CNFL) KW/h	0	0	0	0
Costo bajada de la red (CNFL) KW/h CRC 106,68	0	0	0	0

Costo bajado de red propia CRC 17,92	€18.099,20	€16.217,60	€16.970,24	€17.454,08
Costo por alumbrado CRC 3,51 por KW/h consumido	€3.545,10	€3.176,55	€3.323,97	€3.418,74
Facturación sin paneles	€144.810,00	€133.200,00	€135.390,00	€139.215,00
Facturación con paneles, alumbrado	€21.644,30	€19.394,15	€20.294,21	€20.872,82

Detalle	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Energía almacenada	796,64	520,64	289,59	179,53
Energía generada KW/h	916	833,95	859,94	830,97
Energía Consumida KW/h	1192	1065	970	894
Excedente o Faltante KW/h	-276	-231,05	-110,06	-63,03
Energía requerida KW/h	276	231,05	110,06	63,03
Energía subida a la red propia KW/h	-276	-231,05	-110,06	-63,03
Energía bajada de la red propia KW/h	1192	1065	970	894
Energía bajada de la red (CNFL) KW/h	0	0	0	0
Costo bajada de la red (CNFL) KW/h CRC 106,68	0	0	0	0
Costo bajado de red propia CRC 17,92	€21.360,64	€19.084,80	€17.382,40	€16.020,48
Costo por alumbrado CRC 3,51 por KW/h consumido	€4.183,92	€3.738,15	€3.404,70	€3.137,94
Facturación sin paneles	€172.780,00	€155.650,00	€137.715,00	€132.890,00
Facturación con paneles, alumbrado	€25.544,56	€22.822,95	€20.787,10	€19.158,42

Detalle	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Energía almacenada	116,5	85,4	28,37	21,38
Energía generada KW/h	784,9	830,97	883,01	1115,21
Energía Consumida KW/h	816	888	890	911
Excedente o Faltante KW/h	-31,1	-57,03	-6,99	204,21
Energía requerida KW/h	31,1	57,03	6,99	-204,21
Energía subida a la red propia KW/h	-31,1	-57,03	-6,99	204,21
Energía bajada de la red propia KW/h	816	888	890	911
Energía bajada de la red (CNFL) KW/h	0	0	0	0
Costo bajada de la red (CNFL) KW/h CRC 106,68	0	0	0	0
Costo bajado de red propia CRC 17,92	€14.622,72	€15.912,96	€15.948,80	€16.325,12
Costo por alumbrado CRC 3,51 por KW/h consumido	€2.864,16	€3.116,88	€3.123,90	€3.197,61
Facturación sin paneles	€121.490,00	€131.600,00	€130.670,00	€134.195,00
Facturación con paneles, alumbrado	€17.486,88	€19.029,84	€19.072,70	€19.522,73

Total sin paneles	€1.669.605,00
-------------------	---------------

Total con paneles	¢245.630,66
Ahorro anual	¢1.423.974,34
Sobrante de energía KW/h	21,38

Fuente: Recurso propio

Según los datos de la tabla 23 al generar con el área total de la lavandería se tiene un sobrante o excedente de energía de 21,38 KW/h anuales. Eso indica que al generar con los 16 paneles se cumple con lo requerido por la lavandería al año. En el caso del ahorro se tiene un monto alto de 1.423.974,34 colones con el uso de paneles.

Costo al generar con la propuesta de iluminación con tecnología led

Para el escenario 5 con 20 paneles se tiene la propuesta con luminarias LED, para que el consumo de la lavandería tenga un ahorro energético como se muestra en la tabla 17, en que se hace la comparación de las dos iluminaciones. En la tabla 26 se muestran los detalles del consumo de energía, generación y sobrante o falta de los diferentes meses, así como el costo de facturación sin paneles y con paneles.

Tabla 26 Costo al generar con la propuesta de iluminación LED

Detalle	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Energía almacenada	0	230,12	689,26	1272,11
Energía generada KW/h	1395,14	1261,97	1411,43	1143,18
Energía consumida KW/h	891,58	802,83	828,58	860,22
Excedente o faltante KW/h	230,12	459,14	582,85	282,96
Energía requerida KW/h	-230,12	-459,14	-582,85	-282,96
Energía subida a la red propia KW/h	230,12	459,14	582,85	282,96
Energía bajada de la red propia KW/h	1010	905	947	974
Energía bajada de la red (CNFL) KW/h	0	0	0	0
Costo bajada de la red (CNFL) KW/h CRC 106,68	0	0	0	0
Costo bajado de red propia CRC 17,92	¢15.977,11	¢14.386,71	¢14.848,15	¢15.415,14
Costo por alumbrado CRC 3,51 por KW/h consumido	¢3.129,45	¢2.817,93	¢2.908,32	¢3.019,37
Facturación sin paneles	¢144.810,00	¢133.200,00	¢135.390,00	¢139.215,00
Facturación con paneles, alumbrado	¢19.106,56	¢17.204,65	¢17.756,47	¢18.434,51

Detalle	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Energía almacenada	1555,07	1512,06	1499,04	1614,89
Energía generada KW/h	1030,57	938,2	967,43	934,85
Energía Consumida KW/h	1073,58	951,22	851,58	775,58
Excedente o Faltante KW/h	-43,01	-13,02	115,85	159,27
Energía requerida KW/h	43,01	13,02	-115,85	-159,27

Energía subida a la red propia KW/h	-43,01	-13,02	115,85	159,27
Energía bajada de la red propia KW/h	1192	1065	970	894
Energía bajada de la red (CNFL) KW/h	0	0	0	0
Costo bajada de la red (CNFL) KW/h CRC 106,68	0	0	0	0
Costo bajado de red propia CRC 17,92	¢19.238,55	¢17.045,86	¢15.260,31	¢13.898,39
Costo por alumbrado CRC 3,51 por KW/h consumido	¢3.768,27	¢3.338,78	¢2.989,05	¢2.722,29
Facturación sin paneles	¢172.780,00	¢155.650,00	¢137.715,00	¢132.890,00
Facturación con paneles, alumbrado	¢23.006,82	¢20.384,64	¢18.249,36	¢16.620,68

Detalle	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Energía almacenada	1774,16	1954,95	2120,22	2337,38
Energía generada KW/h	883,01	934,85	993,38	1254,61
Energía consumida KW/h	702,22	769,58	776,22	792,58
Excedente o faltante KW/h	180,79	165,27	217,16	462,03
Energía requerida KW/h	-180,79	-165,27	-217,16	-462,03
Energía subida a la red propia KW/h	180,79	165,27	217,16	462,03
Energía bajada de la red propia KW/h	816	888	890	911
Energía bajada de la red (CNFL) KW/h	0	0	0	0
Costo bajada de la red (CNFL) KW/h CRC 106,68	0	0	0	0
Costo bajado de red propia CRC 17,92	¢12.583,78	¢13.790,87	¢13.909,86	¢14.203,03
Costo por alumbrado CRC 3,51 por KW/h consumido	¢2.464,79	¢2.701,23	¢2.724,53	¢2.781,96
Facturación sin paneles	¢121.490,00	¢131.600,00	¢130.670,00	¢134.195,00
Facturación con paneles, alumbrado	¢15.048,57	¢16.492,10	¢16.634,39	¢16.984,99

Total sin paneles	¢1.669.605,00
Total con paneles	¢215.923,75
Ahorro anual	¢1.453.681,25
Sobrante de energía KW/h	2.337,38

Fuente: Recurso propio

Según los datos de la tabla 24 el generar un sobrante o excedente de energía de 2.337,38 KW/h anuales indica que al generar con los 18 paneles se tiene una cantidad que sobrepasa lo necesario que requiere la lavandería. En el caso del ahorro se tiene un monto alto de 1.453.681,25 colones con el uso de paneles.

Costo al generar 49% de lo demandado para los escenarios 6 y 7

Para los escenarios 6 y 7 se tiene en cuenta que para la generación de energía se usaron 16 paneles según la tabla 15 y que el escenario 6 usa inversor y el escenario 7 usa microinversores; pero esto no hace que varíe la generación de energía. La diferencia de estos

dos escenarios con los demás es que no se podrá usar toda la energía generada, solo 49% de esa energía para cumplir con lo demandando por la lavandería, y el restante será bajado de la red del proveedor de energía. En la tabla 27 se muestran los detalles del consumo de energía, generación y sobrante o falta de los diferentes meses, así como el costo de facturación sin paneles y con paneles.

Tabla 27 Costo al generar 49% de lo demandado

Detalle	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Energía almacenada	0	745,22	1423,52	2214,1
Energía generada KW/h	1240,12	1121,75	1254,61	1016,16
Energía consumida KW/h	1010	905	947	974
Excedente o faltante KW/h	230,12	216,75	307,61	42,16
Energía requerida KW/h	-230,12	-216,75	-307,61	-42,16
Energía subida a la red propia KW/h	745,22	678,3	790,58	538,9
Energía bajada de la red propia KW/h	494,9	443,45	464,03	477,26
Energía bajada de la red (CNFL) KW/h	515,1	461,55	482,97	496,74
Costo bajada de la red (CNFL) KW/h CRC 106,68	¢54.950,87	¢49.238,15	¢51.523,24	¢52.992,22
Costo bajado de red propia CRC 17,92	¢18.099,20	¢16.217,60	¢16.970,24	¢17.454,08
Costo por alumbrado CRC 3,51 por KW/h consumido	¢3.545,10	¢3.176,55	¢3.323,97	¢3.418,74
Facturación sin paneles	¢144.810,00	¢133.200,00	¢135.390,00	¢139.215,00
Facturación con paneles, alumbrado	¢76.595,17	¢68.632,30	¢71.817,45	¢73.865,04

Detalle	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Energía almacenada	2256,26	1980,26	1749,21	1639,15
Energía generada KW/h	916	833,95	859,94	830,97
Energía Consumida KW/h	1192	1065	970	894
Excedente o Faltante KW/h	-276	-231,05	-110,06	-63,03
Energía requerida KW/h	-331,92	-312,1	-384,64	-392,91
Energía subida a la red propia KW/h	331,92	312,1	384,64	392,91
Energía bajada de la red propia KW/h	584,08	521,85	475,3	438,06
Energía bajada de la red (CNFL) KW/h	607,92	543,15	494,7	455,94
Costo bajada de la red (CNFL) KW/h CRC 106,68	¢64.852,91	¢57.943,24	¢52.774,60	¢48.639,68
Costo bajado de red propia CRC 17,92	¢21.360,64	¢19.084,80	¢17.382,40	¢16.020,48
Costo por alumbrado CRC 3,51 por KW/h consumido	¢4.183,92	¢3.738,15	¢3.404,70	¢3.137,94
Facturación sin paneles	¢172.780,00	¢155.650,00	¢137.715,00	¢132.890,00

Facturación con paneles, alumbrado	₡90.397,47	₡80.766,19	₡73.561,70	₡67.798,10
------------------------------------	------------	------------	------------	------------

Detalle	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Energía almacenada	1576,12	1545,02	1487,99	1481
Energía generada KW/h	784,9	830,97	883,01	1115,21
Energía Consumida KW/h	816	888	890	911
Excedente o Faltante KW/h	-31,1	-57,03	-6,99	204,21
Energía requerida KW/h	-385,06	-395,85	-446,91	-668,82
Energía subida a la red propia KW/h	385,06	395,85	446,91	668,82
Energía bajada de la red propia KW/h	399,84	435,12	436,1	446,39
Energía bajada de la red (CNFL) KW/h	416,16	452,88	453,9	464,61
Costo bajada de la red (CNFL) KW/h CRC 106,68	₡44.395,95	₡48.313,24	₡48.422,05	₡49.564,59
Costo bajado de red propia CRC 17,92	₡14.622,72	₡15.912,96	₡15.948,80	₡16.325,12
Costo por alumbrado CRC 3,51 por KW/h consumido	₡2.864,16	₡3.116,88	₡3.123,90	₡3.197,61
Facturación sin paneles	₡121.490,00	₡131.600,00	₡130.670,00	₡134.195,00
Facturación con paneles, alumbrado	₡61.882,83	₡67.343,08	₡67.494,75	₡69.087,32

Total sin paneles	₡1.669.605,00
Total con paneles	₡869.241,40
Ahorro anual	₡800.363,60
Sobrante de energía KW/h	1481

Fuente: Recurso propio

Según los datos de la tabla 24, al generar un sobrante o excedente de energía de 1481 KW/h anuales eso indica que al generar con los 20 paneles se tiene una cantidad que sobrepasó lo necesario que requiere la lavandería. En el caso del ahorro se tiene un monto de 1.453.681,92 colones con el uso de paneles. Comparado el ahorro con el de los otros escenarios es bajo, ya que en estos dos escenarios el abono tiene la obligación de bajar de la red del proveedor lo que falta para cumplir con su demanda pues se tiene que bajar de red propia solo 49% de lo generado.

Cálculo del VAN y la TIR de los diferentes escenarios

A los diferentes escenarios se les va a ampliar el VAN para evaluar si los escenarios son rentables o no. El valor neto actual (VNA), valor actualizado neto o valor presente neto (VPN) es traer todos los flujos de caja al momento presente y descontarlos a un tipo de interés determinado. El VAN va a expresar una medida de rentabilidad del proyecto en términos absolutos netos. Para realizar estos cálculos se van a utilizar datos del Banco Nacional de Costa Rica sobre energías limpias (ver el anexo K) en que su tasa de interés es de 15,5% y sus plazos son variados, desde 10 hasta 20 años. Se selecciona un plazo de 20 años para todos los casos ya que el monto más alto de inversión de dos escenarios es superior a las 15 millones

y no se puede aplicar a un plazo de 10 años y para que todos los casos este en igual condición se considera los 20 años como plazo para todos.

La fórmula 6 se utiliza para el cálculo de valor actual neto (VAN).

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

F_t son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 es la inversión realizada en el momento inicial ($t = 0$)

n es el número de periodos y en los escenarios será de 20

k es el tipo de descuento o tipo de interés exigido a la inversión, el interés de 15,5%

El VAN sirve para generar dos tipos de decisiones: en primer lugar, ver si las inversiones pueden ser efectuadas y, en segundo lugar, ver cuál inversión es mejor que otra en términos absolutos. Los criterios de decisión van a ser los siguientes:

- $VAN > 0$: El valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión. A la tasa de descuento elegida generará beneficios.
- $VAN = 0$: El proyecto de inversión no generará ni beneficios ni pérdidas.
- $VAN < 0$: El proyecto de inversión generará pérdidas.

La tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Esto quiere decir que es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto. Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el valor actualizado neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero para un proyecto de inversión dado.

La TIR se calcula con la fórmula 7:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

F_t son los flujos de dinero en cada periodo t

I_0 es la inversión realizada en el momento inicial ($t = 0$)

n es el número de periodos para los escenarios es de 20

El criterio de selección será el siguiente en que “ k ” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:

- Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado. En este caso la tasa de rendimiento interno que se obtiene es superior a la tasa mínima de rentabilidad exigida a la inversión.
- Si $TIR = k$, se estaría en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero. En este caso la inversión podrá llevarse a cabo si mejora la posición competitiva de la empresa y no hay alternativas más favorables.
- Si $TIR < k$, el proyecto debe rechazarse. No se alcanza la rentabilidad mínima que se le pide a la inversión.

Escenario 1. Cálculo del VAN y la TIR

En este escenario se considera el generar energía con 100% de la disponibilidad de techo, para lo cual se necesitan 68 paneles. En la tabla 24 se muestran la facturación con paneles, la facturación sin paneles y el ahorro anual de este escenario. Para el aumento de energía se considera un aumento de 5% anual. La inversión en paneles, inversor y soportes, e instalación, es de 16.364.666,50 colones, como se indica en la tabla 21 de cotizaciones. La tabla 28 muestra el ahorro anual durante 20 periodos, el cual se utiliza con el flujo de efectivo para el cálculo del VAN.

Tabla 28 Ahorro anual en 20 periodos

Año	Facturación sin paneles	Facturación con paneles	Ahorro anual
0	¢0,00	¢0,00	¢0,00
1	¢1.669.605,00	¢245.630,66	¢1.423.974,34
2	¢1.753.085,25	¢257.912,19	¢1.495.173,06
3	¢1.840.739,51	¢270.807,80	¢1.569.931,71
4	¢1.932.776,49	¢284.348,19	¢1.648.428,30
5	¢2.029.415,31	¢298.565,60	¢1.730.849,71
6	¢2.130.886,08	¢313.493,88	¢1.817.392,20
7	¢2.237.430,38	¢329.168,58	¢1.908.261,81
8	¢2.349.301,90	¢345.627,01	¢2.003.674,90
9	¢2.466.767,00	¢362.908,36	¢2.103.858,64

10	¢2.590.105,35	¢381.053,77	¢2.209.051,57
11	¢2.719.610,61	¢400.106,46	¢2.319.504,15
12	¢2.855.591,14	¢420.111,79	¢2.435.479,36
13	¢2.998.370,70	¢441.117,37	¢2.557.253,33
14	¢3.148.289,24	¢463.173,24	¢2.685.115,99
15	¢3.305.703,70	¢486.331,91	¢2.819.371,79
16	¢3.470.988,88	¢510.648,50	¢2.960.340,38
17	¢3.644.538,33	¢536.180,93	¢3.108.357,40
18	¢3.826.765,24	¢562.989,97	¢3.263.775,27
19	¢4.018.103,51	¢591.139,47	¢3.426.964,03
20	¢4.219.008,68	¢620.696,44	¢3.598.312,24

Fuente: Recurso propio

Estos datos se utilizan en la tabla 28 para el cálculo del VAN y la TIR. Anteriormente se indicaron la fórmula 6 para el VAN y la fórmula 7 para la TIR pero en este y en los demás escenarios se utilizará una tabla de datos Excel para que calculo sea más exacto y fácil.

Tabla 29 Cálculo del VAN y la TIR escenario 1.

Año	Flujo de Efectivo	Valor presente	Valor acumulado
0	¢16.364.666,50	-¢16.364.666,50	-¢16.364.666,50
1	¢1.423.974,34	¢1.232.878,22	-¢15.131.788,28
2	¢1.495.173,06	¢1.120.798,38	-¢14.010.989,90
3	¢1.569.931,71	¢1.018.907,62	-¢12.992.082,29
4	¢1.648.428,30	¢926.279,65	-¢12.065.802,64
5	¢1.730.849,71	¢842.072,41	-¢11.223.730,23
6	¢1.817.392,20	¢765.520,37	-¢10.458.209,85
7	¢1.908.261,81	¢695.927,61	-¢9.762.282,24
8	¢2.003.674,90	¢632.661,47	-¢9.129.620,77
9	¢2.103.858,64	¢575.146,79	-¢8.554.473,99
10	¢2.209.051,57	¢522.860,72	-¢8.031.613,27
11	¢2.319.504,15	¢475.327,92	-¢7.556.285,35
12	¢2.435.479,36	¢432.116,29	-¢7.124.169,06
13	¢2.557.253,33	¢392.832,99	-¢6.731.336,06
14	¢2.685.115,99	¢357.120,90	-¢6.374.215,16
15	¢2.819.371,79	¢324.655,37	-¢6.049.559,79
16	¢2.960.340,38	¢295.141,24	-¢5.754.418,55
17	¢3.108.357,40	¢268.310,22	-¢5.486.108,33
18	¢3.263.775,27	¢243.918,38	-¢5.242.189,94

Tasa de descuento	15,50%
Plazo	20 años

19	¢3.426.964,03	¢221.743,98	-¢5.020.445,96
20	¢3.598.312,24	¢201.585,44	-¢4.818.860,52

VAN	-¢4.818.860,52
TIR	11%

Fuente: Recurso propio

En la tabla 29 se muestra que el VAN en la inversión para generar con 100% de la disponibilidad del techo es negativa. Esto quiere decir que nunca se recupera y que se tiene una pérdida de 4.818.860,52 colones. En el caso de la TIR esta es de 11%, por debajo de la tasa de descuento que es de 15,5% y en este caso el escenario no es rentable.

Escenario 2. Cálculo del VAN y la TIR

En este escenario, como en el anterior, se tiene la misma facturación sin paneles, facturación con paneles y ahorro anual ya que en este escenario se utilizan los mismos 86 paneles, pero la inversión es mayor porque se utilizan microinversores. En la tabla 24 se muestra la facturación con paneles, facturación sin paneles y ahorro anual de este escenario. Para producir más energía se considera un aumento de 5% anual. La inversión en paneles, microinversores y soportes, e instalación, es de 18.717.081,23 colones, como se indica en la tabla 21 de cotizaciones. La tabla 30 muestra el ahorro anual durante 20 periodos, el cual se utiliza con el flujo de efectivo para el cálculo del VAN.

Tabla 30 Ahorro anual. Escenario 2

Año	Facturación sin paneles	Facturación con paneles	Ahorro anual
0	¢0,00	¢0,00	¢0,00
1	¢1.669.605,00	¢245.630,66	¢1.423.974,34
2	¢1.753.085,25	¢257.912,19	¢1.495.173,06
3	¢1.840.739,51	¢270.807,80	¢1.569.931,71
4	¢1.932.776,49	¢284.348,19	¢1.648.428,30
5	¢2.029.415,31	¢298.565,60	¢1.730.849,71
6	¢2.130.886,08	¢313.493,88	¢1.817.392,20
7	¢2.237.430,38	¢329.168,58	¢1.908.261,81
8	¢2.349.301,90	¢345.627,01	¢2.003.674,90
9	¢2.466.767,00	¢362.908,36	¢2.103.858,64
10	¢2.590.105,35	¢381.053,77	¢2.209.051,57
11	¢2.719.610,61	¢400.106,46	¢2.319.504,15
12	¢2.855.591,14	¢420.111,79	¢2.435.479,36
13	¢2.998.370,70	¢441.117,37	¢2.557.253,33
14	¢3.148.289,24	¢463.173,24	¢2.685.115,99
15	¢3.305.703,70	¢486.331,91	¢2.819.371,79
16	¢3.470.988,88	¢510.648,50	¢2.960.340,38

17	¢3.644.538,33	¢536.180,93	¢3.108.357,40
18	¢3.826.765,24	¢562.989,97	¢3.263.775,27
19	¢4.018.103,51	¢591.139,47	¢3.426.964,03
20	¢4.219.008,68	¢620.696,44	¢3.598.312,24

Fuente: Recurso propio

Tabla 31 Cálculo para el VAN y la TIR. Escenario 2

Año	Flujo de efectivo	Valor presente	Valor acumulado
0	-¢18.717.081,23	-¢18.717.081,23	-¢18.717.081,23
1	¢1.423.974,34	¢1.232.878,22	-¢17.484.203,01
2	¢1.495.173,06	¢1.120.798,38	-¢16.363.404,63
3	¢1.569.931,71	¢1.018.907,62	-¢15.344.497,02
4	¢1.648.428,30	¢926.279,65	-¢14.418.217,37
5	¢1.730.849,71	¢842.072,41	-¢13.576.144,96
6	¢1.817.392,20	¢765.520,37	-¢12.810.624,58
7	¢1.908.261,81	¢695.927,61	-¢12.114.696,97
8	¢2.003.674,90	¢632.661,47	-¢11.482.035,50
9	¢2.103.858,64	¢575.146,79	-¢10.906.888,72
10	¢2.209.051,57	¢522.860,72	-¢10.384.028,00
11	¢2.319.504,15	¢475.327,92	-¢9.908.700,08
12	¢2.435.479,36	¢432.116,29	-¢9.476.583,79
13	¢2.557.253,33	¢392.832,99	-¢9.083.750,79
14	¢2.685.115,99	¢357.120,90	-¢8.726.629,89
15	¢2.819.371,79	¢324.655,37	-¢8.401.974,52
16	¢2.960.340,38	¢295.141,24	-¢8.106.833,28
17	¢3.108.357,40	¢268.310,22	-¢7.838.523,06
18	¢3.263.775,27	¢243.918,38	-¢7.594.604,67
19	¢3.426.964,03	¢221.743,98	-¢7.372.860,69
20	¢3.598.312,24	¢201.585,44	-¢7.171.275,25

Tasa de descuento	15,50%
Plazo	20 años

VAN	-¢7.171.275,25
TIR	9%

Fuente: Recurso propio

En la tabla 31 se muestra que el VAN en la inversión para generar con 100% de la disponibilidad del techo con microinversores es negativa. La inversión en este escenario es mayor a la anterior por el uso de microinversores. Esto quiere decir que nunca se recupera y que se tiene una pérdida de 7.171.275,25 colones. En el caso de la TIR esta es de 9% y está aun más por debajo de la del escenario anterior, y en este caso el escenario no es rentable.

Escenarios 3. Cálculo del VAN y la TIR

En este escenario se considera generar 100% de la demanda. Para ello se necesitan 16 paneles. En la tabla 25 se muestran la facturación con paneles, facturación sin paneles y ahorro anual de este escenario. Para el aumento de energía se consideran un aumento de 5% anual, y la inversión en paneles, inversor y soportes, e instalación, es de 4.360.494,26 colones, como se indica en la tabla 21 de cotizaciones. La tabla 32 muestra el ahorro anual durante 20 periodos, el cual se utiliza con el flujo de efectivo para el cálculo del VAN y la TIR.

Tabla 32 Ahorro anual para el escenario 3

Facturación sin paneles	Facturación con paneles	Ahorro anual
€0,00	€0,00	€0,00
€1.669.605,00	€245.630,66	€1.423.974,34
€1.753.085,25	€257.912,19	€1.495.173,06
€1.840.739,51	€270.807,80	€1.569.931,71
€1.932.776,49	€284.348,19	€1.648.428,30
€2.029.415,31	€298.565,60	€1.730.849,71
€2.130.886,08	€313.493,88	€1.817.392,20
€2.237.430,38	€329.168,58	€1.908.261,81
€2.349.301,90	€345.627,01	€2.003.674,90
€2.466.767,00	€362.908,36	€2.103.858,64
€2.590.105,35	€381.053,77	€2.209.051,57
€2.719.610,61	€400.106,46	€2.319.504,15
€2.855.591,14	€420.111,79	€2.435.479,36
€2.998.370,70	€441.117,37	€2.557.253,33
€3.148.289,24	€463.173,24	€2.685.115,99
€3.305.703,70	€486.331,91	€2.819.371,79
€3.470.988,88	€510.648,50	€2.960.340,38
€3.644.538,33	€536.180,93	€3.108.357,40
€3.826.765,24	€562.989,97	€3.263.775,27
€4.018.103,51	€591.139,47	€3.426.964,03
€4.219.008,68	€620.696,44	€3.598.312,24

Fuente: Recurso propio

Tabla 33 Cálculo del VAN y la TIR. Escenario 3

Año	Flujo de efectivo	Valor presente	Valor acumulado
0	-C\$4.360.494,26	-C\$4.360.494,26	-C\$4.360.494,26
1	C\$1.423.974,34	C\$1.232.878,22	-C\$3.127.616,04
2	C\$1.495.173,06	C\$1.120.798,38	-C\$2.006.817,66
3	C\$1.569.931,71	C\$1.018.907,62	-C\$987.910,05
4	C\$1.648.428,30	C\$926.279,65	-C\$61.630,40
5	C\$1.730.849,71	C\$842.072,41	C\$780.442,01
6	C\$1.817.392,20	C\$765.520,37	C\$1.545.962,39
7	C\$1.908.261,81	C\$695.927,61	C\$2.241.890,00
8	C\$2.003.674,90	C\$632.661,47	C\$2.874.551,47
9	C\$2.103.858,64	C\$575.146,79	C\$3.449.698,25
10	C\$2.209.051,57	C\$522.860,72	C\$3.972.558,97
11	C\$2.319.504,15	C\$475.327,92	C\$4.447.886,89
12	C\$2.435.479,36	C\$432.116,29	C\$4.880.003,18
13	C\$2.557.253,33	C\$392.832,99	C\$5.272.836,18
14	C\$2.685.115,99	C\$357.120,90	C\$5.629.957,08
15	C\$2.819.371,79	C\$324.655,37	C\$5.954.612,45
16	C\$2.960.340,38	C\$295.141,24	C\$6.249.753,69
17	C\$3.108.357,40	C\$268.310,22	C\$6.518.063,91
18	C\$3.263.775,27	C\$243.918,38	C\$6.761.982,30
19	C\$3.426.964,03	C\$221.743,98	C\$6.983.726,28
20	C\$3.598.312,24	C\$201.585,44	C\$7.185.311,72

Tasa de descuento	15,50%
Plazo	20 años

VAN	C\$7.185.311,72
TIR	38%

Fuente: Recurso propio

En la tabla 33 se muestra que el VAN en la inversión para generar con 100% de la disponibilidad del techo con inversores es positiva. A partir del año o periodo 5 se hace positiva con una cantidad de 780.442,01 colones, y del periodo 5 hasta el 20 genera ganancia. En el caso de la TIR es de 38%, más del doble de la tasa de descuento lo cual quiere decir que este escenario es muy rentable.

Escenarios 4. Cálculo del VAN y la TIR

En este escenario se considera generar 100% de la demanda y para ello se necesitan 16 paneles. En la tabla 25 se muestran los datos del ahorro anual, que son iguales a los del escenario anterior. La diferencia es que en este escenario se usan microinversores y su inversión de 4.404.019,11 va a ser mayor. Para el aumento de energía se considera un aumento de 5% anual. La tabla 34 muestra el ahorro anual durante 20 periodos, el cual se utiliza con el flujo de efectivo para el cálculo del VAN y la TIR.

Tabla 34 Ahorro anual. Escenario 4

Facturación sin paneles	Facturación con paneles	Ahorro anual
∅0,00	∅0,00	∅0,00
∅1.669.605,00	∅245.630,66	∅1.423.974,34
∅1.753.085,25	∅257.912,19	∅1.495.173,06
∅1.840.739,51	∅270.807,80	∅1.569.931,71
∅1.932.776,49	∅284.348,19	∅1.648.428,30
∅2.029.415,31	∅298.565,60	∅1.730.849,71
∅2.130.886,08	∅313.493,88	∅1.817.392,20
∅2.237.430,38	∅329.168,58	∅1.908.261,81
∅2.349.301,90	∅345.627,01	∅2.003.674,90
∅2.466.767,00	∅362.908,36	∅2.103.858,64
∅2.590.105,35	∅381.053,77	∅2.209.051,57
∅2.719.610,61	∅400.106,46	∅2.319.504,15
∅2.855.591,14	∅420.111,79	∅2.435.479,36
∅2.998.370,70	∅441.117,37	∅2.557.253,33
∅3.148.289,24	∅463.173,24	∅2.685.115,99
∅3.305.703,70	∅486.331,91	∅2.819.371,79
∅3.470.988,88	∅510.648,50	∅2.960.340,38
∅3.644.538,33	∅536.180,93	∅3.108.357,40
∅3.826.765,24	∅562.989,97	∅3.263.775,27
∅4.018.103,51	∅591.139,47	∅3.426.964,03
∅4.219.008,68	∅620.696,44	∅3.598.312,24

Fuente: Recurso propio

Tabla 35 Cálculo del VAN y la TIR. Escenario 4

Año	Flujo de Efectivo	Valor presente	Valor acumulado
0	-∅4.404.019,11	-∅4.404.019,11	-∅4.404.019,11
1	∅1.423.974,34	∅1.232.878,22	-∅3.171.140,89
2	∅1.495.173,06	∅1.120.798,38	-∅2.050.342,51
3	∅1.569.931,71	∅1.018.907,62	-∅1.031.434,90
4	∅1.648.428,30	∅926.279,65	-∅105.155,25
5	∅1.730.849,71	∅842.072,41	∅736.917,16
6	∅1.817.392,20	∅765.520,37	∅1.502.437,54
7	∅1.908.261,81	∅695.927,61	∅2.198.365,15
8	∅2.003.674,90	∅632.661,47	∅2.831.026,62
9	∅2.103.858,64	∅575.146,79	∅3.406.173,40
10	∅2.209.051,57	∅522.860,72	∅3.929.034,12
11	∅2.319.504,15	∅475.327,92	∅4.404.362,04
12	∅2.435.479,36	∅432.116,29	∅4.836.478,33

Tasa de descuento	15,50%
Plazo	20 años

13	¢2.557.253,33	¢392.832,99	¢5.229.311,33
14	¢2.685.115,99	¢357.120,90	¢5.586.432,23
15	¢2.819.371,79	¢324.655,37	¢5.911.087,60
16	¢2.960.340,38	¢295.141,24	¢6.206.228,84
17	¢3.108.357,40	¢268.310,22	¢6.474.539,06
18	¢3.263.775,27	¢243.918,38	¢6.718.457,45
19	¢3.426.964,03	¢221.743,98	¢6.940.201,43
20	¢3.598.312,24	¢201.585,44	¢7.141.786,87

VAN	¢7.141.786,87
TIR	37%

Fuente: Recurso propio

En la tabla 35 se muestra que el VAN en la inversión para generar con 100% de la disponibilidad del techo con microinversores es positiva. A partir del año o periodo 5 se hace positiva con una cantidad de 780.442,01 colones y del periodo 5 hasta el 20 es la ganancia. En el caso la TIR es de 38%, más del doble de la tasa de descuento, lo que quiere decir que este escenario es muy rentable.

Escenarios 5 Cálculo del VAN y la TIR

En este escenario se considera el generar con una propuesta de iluminación LED y para ello se necesitan 18 paneles. En la tabla 26 se muestran los datos del ahorro anual, que es mayor comparado con los de otros escenarios. La diferencia es que en este escenario se usa inversor y su inversión es de 4.878.525,73. Aparte se le suma la inversión de iluminación nueva con tecnología LED, que es de 1.109.375,51 colones y su moto total es de 5.987.901,24 colones. Para el aumento de energía se considera un aumento de 5% anual. La tabla 36 muestra el ahorro anual durante 20 periodos, el cual se utiliza con el flujo de efectivo para el cálculo del VAN y la TIR.

Tabla 36 Ahorro anual. Escenario 5 LED

Año	Facturación sin paneles	Facturación con paneles	Ahorro anual
0	¢0,00	¢0,00	¢0,00
1	¢1.669.605,00	¢215.923,75	¢1.453.681,25
2	¢1.753.085,25	¢226.719,94	¢1.526.365,31
3	¢1.840.739,51	¢238.055,93	¢1.602.683,58
4	¢1.932.776,49	¢249.958,73	¢1.682.817,76
5	¢2.029.415,31	¢262.456,67	¢1.766.958,64
6	¢2.130.886,08	¢275.579,50	¢1.855.306,58
7	¢2.237.430,38	¢289.358,48	¢1.948.071,91
8	¢2.349.301,90	¢303.826,40	¢2.045.475,50

9	¢2.466.767,00	¢319.017,72	¢2.147.749,28
10	¢2.590.105,35	¢334.968,61	¢2.255.136,74
11	¢2.719.610,61	¢351.717,04	¢2.367.893,58
12	¢2.855.591,14	¢369.302,89	¢2.486.288,26
13	¢2.998.370,70	¢387.768,03	¢2.610.602,67
14	¢3.148.289,24	¢407.156,43	¢2.741.132,80
15	¢3.305.703,70	¢427.514,26	¢2.878.189,44
16	¢3.470.988,88	¢448.889,97	¢3.022.098,91
17	¢3.644.538,33	¢471.334,47	¢3.173.203,86
18	¢3.826.765,24	¢494.901,19	¢3.331.864,05
19	¢4.018.103,51	¢519.646,25	¢3.498.457,26
20	¢4.219.008,68	¢545.628,56	¢3.673.380,12

Fuente: Recurso propio

Tabla 37 Cálculo del VAN y la TIR. Escenario 5

Año	Flujo de Efectivo	Valor presente	Valor acumulado
0	-¢5.987.911,24	-¢5.987.911,24	-¢5.987.911,24
1	¢1.453.681,25	¢1.258.598,48	-¢4.729.312,76
2	¢1.526.365,31	¢1.144.180,44	-¢3.585.132,31
3	¢1.602.683,58	¢1.040.164,04	-¢2.544.968,28
4	¢1.682.817,76	¢945.603,67	-¢1.599.364,61
5	¢1.766.958,64	¢859.639,70	-¢739.724,91
6	¢1.855.306,58	¢781.490,64	¢41.765,73
7	¢1.948.071,91	¢710.446,03	¢752.211,76
8	¢2.045.475,50	¢645.860,03	¢1.398.071,79
9	¢2.147.749,28	¢587.145,48	¢1.985.217,27
10	¢2.255.136,74	¢533.768,62	¢2.518.985,89
11	¢2.367.893,58	¢485.244,20	¢3.004.230,09
12	¢2.486.288,26	¢441.131,09	¢3.445.361,18
13	¢2.610.602,67	¢401.028,26	¢3.846.389,45
14	¢2.741.132,80	¢364.571,15	¢4.210.960,60
15	¢2.878.189,44	¢331.428,32	¢4.542.388,92
16	¢3.022.098,91	¢301.298,47	¢4.843.687,39
17	¢3.173.203,86	¢273.907,70	¢5.117.595,09
18	¢3.331.864,05	¢249.007,00	¢5.366.602,09
19	¢3.498.457,26	¢226.370,00	¢5.592.972,09
20	¢3.673.380,12	¢205.790,91	¢5.798.763,00

tasa de descuento	15,50%
plazo	20 años

VAN	¢5.798.763,00
TIR	29%

Fuente: Recurso propio

En la tabla 37 se muestra que el VAN en la inversión es positiva. A partir del año o periodo 6 se hace positiva con una cantidad de 41.765,73 colones. Después del periodo 6 y hasta el 20 es la ganancia. En el caso de la TIR es de 29%. Esta es más que la tasa de descuento lo que quiere decir que este escenario es muy rentable.

Escenarios 6. Cálculo del VAN y la TIR

En este escenario se considera el generar energía aplicando la norma POASEN, que permite bajar el 49% de la energía generada durante el año para lo cual se necesitan 16 paneles. En la tabla 27 se muestran la facturación con paneles, facturación sin paneles y el ahorro anual de este escenario. Para el aumento de energía se consideran un aumento de 5% anual. La inversión en paneles, inversor y soportes, e instalación, es de 4.360.494,26 colones, como se indica en la tabla 21 de cotizaciones. La tabla 38 muestra el ahorro anual durante 20 periodos, el cual se utiliza con el flujo de efectivo para el cálculo del VAN.

Tabla 38 Ahorro anual. Escenario 6

Año	Facturación sin paneles	Facturación con paneles	Ahorro anual
0	€0,00	€0,00	€0,00
1	€1.669.605,00	€857.449,09	€812.155,91
2	€1.753.085,25	€900.321,54	€852.763,71
3	€1.840.739,51	€945.337,62	€895.401,89
4	€1.932.776,49	€992.604,50	€940.171,99
5	€2.029.415,31	€1.042.234,73	€987.180,58
6	€2.130.886,08	€1.094.346,46	€1.036.539,61
7	€2.237.430,38	€1.149.063,79	€1.088.366,59
8	€2.349.301,90	€1.206.516,98	€1.142.784,92
9	€2.466.767,00	€1.266.842,83	€1.199.924,17
10	€2.590.105,35	€1.330.184,97	€1.259.920,38
11	€2.719.610,61	€1.396.694,22	€1.322.916,40
12	€2.855.591,14	€1.466.528,93	€1.389.062,22
13	€2.998.370,70	€1.539.855,37	€1.458.515,33
14	€3.148.289,24	€1.616.848,14	€1.531.441,10
15	€3.305.703,70	€1.697.690,55	€1.608.013,15
16	€3.470.988,88	€1.782.575,08	€1.688.413,81
17	€3.644.538,33	€1.871.703,83	€1.772.834,50
18	€3.826.765,24	€1.965.289,02	€1.861.476,22

19	¢4.018.103,51	¢2.063.553,47	¢1.954.550,03
20	¢4.219.008,68	¢2.166.731,15	¢2.052.277,54

Fuente: Recurso propio

Tabla 39 Cálculo del VAN y la TIR. Escenario 6

Año	Flujo de Efectivo	Valor presente	Valor acumulado
0	-¢4.360.494,26	-¢4.360.494,26	-¢4.360.494,26
1	¢812.155,91	¢703.165,29	-¢3.657.328,97
2	¢852.763,71	¢639.241,17	-¢3.018.087,80
3	¢895.401,89	¢581.128,34	-¢2.436.959,46
4	¢940.171,99	¢528.298,49	-¢1.908.660,97
5	¢987.180,58	¢480.271,35	-¢1.428.389,61
6	¢1.036.539,61	¢436.610,32	-¢991.779,29
7	¢1.088.366,59	¢396.918,47	-¢594.860,82
8	¢1.142.784,92	¢360.834,98	-¢234.025,84
9	¢1.199.924,17	¢328.031,80	¢94.005,96
10	¢1.259.920,38	¢298.210,72	¢392.216,68
11	¢1.322.916,40	¢271.100,66	¢663.317,34
12	¢1.389.062,22	¢246.455,14	¢909.772,49
13	¢1.458.515,33	¢224.050,13	¢1.133.822,62
14	¢1.531.441,10	¢203.681,94	¢1.337.504,55
15	¢1.608.013,15	¢185.165,40	¢1.522.669,95
16	¢1.688.413,81	¢168.332,18	¢1.691.002,13
17	¢1.772.834,50	¢153.029,25	¢1.844.031,39
18	¢1.861.476,22	¢139.117,50	¢1.983.148,89
19	¢1.954.550,03	¢126.470,46	¢2.109.619,35
20	¢2.052.277,54	¢114.973,14	¢2.224.592,49

tasa de descuento	15,50%
plazo	20 años

VAN	¢2.224.592,49
TIR	23%

En la tabla 39 se muestra que el VAN en la inversión es positiva. A partir del año o periodo 9 se hace positiva con una cantidad de 94.005,96 colones, y del periodo 9 hasta el 20 es la ganancia. En el caso de la TIR esta es de 23%, que es más que la tasa de descuento, lo que quiere decir que este escenario es muy rentable.

Escenarios 7 Cálculo del VAN y la TIR

En este escenario, como en el escenario anterior, se considera el generar energía aplicando la norma POASEN, que permite bajar 49% de la energía generada durante el año. La diferencia está en que se utilizan microinversores y esto aumenta la inversión un poco comparada con la del escenario 6. En la tabla 27 se muestran la facturación con paneles, facturación sin paneles y el ahorro anual de este escenario. Para el aumento de energía se considera un aumento de 5% anual. La inversión de paneles, microinversores y soportes, e instalación, es de 4.404.019,11 colones, como se indica en la tabla 21 de cotizaciones. La tabla 40 muestra el ahorro anual durante 20 periodos, el cual se utiliza con el flujo de efectivo para el cálculo del VAN.

Tabla 40 Ahorro anual. Escenario 7.

Año	Facturación sin paneles	Facturación con paneles	Ahorro anual
0	€0,00	€0,00	€0,00
1	€1.669.605,00	€857.449,09	€812.155,91
2	€1.753.085,25	€900.321,54	€852.763,71
3	€1.840.739,51	€945.337,62	€895.401,89
4	€1.932.776,49	€992.604,50	€940.171,99
5	€2.029.415,31	€1.042.234,73	€987.180,58
6	€2.130.886,08	€1.094.346,46	€1.036.539,61
7	€2.237.430,38	€1.149.063,79	€1.088.366,59
8	€2.349.301,90	€1.206.516,98	€1.142.784,92
9	€2.466.767,00	€1.266.842,83	€1.199.924,17
10	€2.590.105,35	€1.330.184,97	€1.259.920,38
11	€2.719.610,61	€1.396.694,22	€1.322.916,40
12	€2.855.591,14	€1.466.528,93	€1.389.062,22
13	€2.998.370,70	€1.539.855,37	€1.458.515,33
14	€3.148.289,24	€1.616.848,14	€1.531.441,10
15	€3.305.703,70	€1.697.690,55	€1.608.013,15
16	€3.470.988,88	€1.782.575,08	€1.688.413,81
17	€3.644.538,33	€1.871.703,83	€1.772.834,50
18	€3.826.765,24	€1.965.289,02	€1.861.476,22
19	€4.018.103,51	€2.063.553,47	€1.954.550,03
20	€4.219.008,68	€2.166.731,15	€2.052.277,54

Fuente: Recurso propio

Tabla 41 Cálculo del VAN y la TIR. Escenario 7

Año	Flujo de Efectivo	Valor presente	Valor acumulado
0	-C4.404.019,11	-C4.404.019,11	-C4.404.019,11
1	C812.155,91	C703.165,29	-C3.700.853,82
2	C852.763,71	C639.241,17	-C3.061.612,65
3	C895.401,89	C581.128,34	-C2.480.484,31
4	C940.171,99	C528.298,49	-C1.952.185,82
5	C987.180,58	C480.271,35	-C1.471.914,46
6	C1.036.539,61	C436.610,32	-C1.035.304,14
7	C1.088.366,59	C396.918,47	-C638.385,67
8	C1.142.784,92	C360.834,98	-C277.550,69
9	C1.199.924,17	C328.031,80	C50.481,11
10	C1.259.920,38	C298.210,72	C348.691,83
11	C1.322.916,40	C271.100,66	C619.792,49
12	C1.389.062,22	C246.455,14	C866.247,64
13	C1.458.515,33	C224.050,13	C1.090.297,77
14	C1.531.441,10	C203.681,94	C1.293.979,70
15	C1.608.013,15	C185.165,40	C1.479.145,10
16	C1.688.413,81	C168.332,18	C1.647.477,28
17	C1.772.834,50	C153.029,25	C1.800.506,54
18	C1.861.476,22	C139.117,50	C1.939.624,04
19	C1.954.550,03	C126.470,46	C2.066.094,50
20	C2.052.277,54	C114.973,14	C2.181.067,64

Tasa de descuento	15,50%
Plazo	20 años

VAN	C2.181.067,64
TIR	23%

En la tabla 40 se muestra que el VAN en la inversión es positiva. A partir del año o periodo 9 se hace positivo con una cantidad de 50.481,11 colones y del periodo 9 hasta el 20 es la ganancia. En el caso de la TIR es de 23% y esta es más que la tasa de descuento. Eso quiere decir que este escenario es muy rentable.

Al realizar el cálculo del VAN y la TIR de los diferentes escenarios se obtienen valores muy distintos que varían por sus inversiones iniciales, que constituye todo lo que tiene que ver con el sistema fotovoltaico. También los resultados varían por el ahorro anual de cada escenario, ya que se buscaron diferentes escenarios en la cantidad de energía que se espera generar. En la tabla 42 se tienen los datos del VAN y la TIR en todos los escenarios.

Tabla 42 Comparación del VAN y la TIR de todos los escenarios

escenario	VAN	TIR
100% del techo con inversor	-C\$4.818.860,52	11%
100% del techo con microinversores	-C\$7.171.275,25	9%
100% de la demanda con inversor	C\$7.185.311,72	38%
100% de la demanda con microinversores	C\$7.141.786,87	37%
Propuesta con iluminación LED	C\$5.798.763,00	29%
49% de lo generado con inversor según	C\$2.224.592,49	23%
49% de lo generado con microinversores	C\$2.181.067,64	23%

Fuente: Recurso propio

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Para este proyecto se investigó sobre la radiación solar que se tiene en donde está ubicada la lavandería, mediante el uso de datos obtenidos en KW-h/ m² que suministró la NASA. Esto gracias a un software especializado que proporciona la radiación solar, con el objetivo de implementar sistemas fotovoltaicos, considerando que son datos muy fiables ya que esa es una organización con muchos años de experiencia en esta actividad.

Al realizar este estudio se presentó la complicación de que no se tenían planos arquitectónicos del local, por lo cual se realizaron las mediciones necesarias, así como del techo. Con esas medidas se calcularon las diferentes áreas, incluida la del techo que se tenía disponible para los diferentes escenarios que se iban a estudiar. Se hizo un levantamiento en AutoCAD de las diferentes áreas y del área disponible del techo para tener la facilidad de calcular el número de paneles que se debían usar.

Así mismo, se hizo un análisis del consumo en KW/h de la lavandería y se elaboraron tablas de datos con mediciones realizadas durante todo el año 2018 por la empresa proveedora de energía, en este caso la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL). Así se determinó en cuáles meses se demandaba más energía para los procesos, los cuales se tuvieron en cuenta cuando se realizó el cálculo de los sistemas fotovoltaico para conocer el consumo actual.

Al realizar el levantamiento del sistema actual de iluminación se tuvo en cuenta que el sistema tenía luminarias con tecnología fluorescente T12 e incandescente. Para obtener el consumo el cálculo se realizó mediante la medición con un multímetro del circuito que controlaba la iluminaria y, en caso de las cargas especiales como las secadoras, lavadoras y planchas, se midieron con multímetro. Para la mayoría los datos de consumo de energía el dato se obtuvo mediante ficha técnica de los equipos para que todos esos datos de consumo fueran más exactos.

Para el cálculo de un sistema de iluminación nueva se siguieron las indicaciones que se encuentran en INTECO 2000-09-20 sobre el uso de iluminación artificial en diferentes zonas, tanto en centros de trabajo como para residencias. Así mismo, como se diseñó un sistema de iluminación nueva, se implementó la tecnología LED para reducir el consumo en la demanda energética. Se buscaron lámparas que estuvieran encapsuladas ya que en los procesos de

lavandería se observa una importante cantidad de polvo y se requería que el consumo fuera bajo como con la lámpara LED Sylvania 705 LED de 18 Watts de potencia por tubo LED.

Se diseñó un sistema de iluminación nuevo y se propuso la iluminación LED. Con eso se estimó el consumo de energía con las nuevas luminarias, con el propósito de comparar el consumo actual con el propuesto. El sistema de iluminación LED sí tiene un aporte importante en el ahorro de energía porque se ahorra por mes un promedio 110 KW/h, pues el consumo del circuito de iluminación LED es de 360 Watts y el actual es de 812,4 Watts. Dado como consumo de energía con la iluminación LED de 10.111,59 KW/h al año el sistema actual es de 11.462 KW/h al año.

Al realizar el análisis financiero en todos los escenarios se obtuvieron valores de VAN y de TIR muy diferentes porque se tiene en cuenta que las inversiones y los ahorros anuales son distintos. Aunque algunos escenarios sí tenían el mismo ahorro anual, la diferencia radica en que usan inversor o microinversores, ya que los segundos son más costosos por la cantidad que se requieren. El uso de inversores centrales es la mejor opción porque su costo es menor comparado con la cantidad de microinversores, como se evaluó en el capítulo 4.

Al realizar el análisis financiero se determinó que el escenario 3, que permite generar 100% de lo demandado, con 16 paneles y con inversor central, es la mejor opción dado que su VAN es de 7.185.311,72 colones y tiene una TIR de 38%. La inversión se recuperó a partir del quinto año. El escenario se analizó a un plazo de 20 años y con una tasa de interés de 15,5% del Banco Nacional de Costa Rica.

Recomendaciones

Es importante para instalar un sistema fotovoltaico tener una empresa electromecánica o empresa exclusiva que se dedique a la implementación de energías renovables, en este caso de sistemas de paneles solares, por la experiencia que tienen en proyectos de esta índole.

Al consultar sobre materiales y equipos para un sistema fotovoltaico se debe cotizar con diferentes empresas para tener una variedad de opciones de equipos y materiales para tomar la opción más económica para el desarrollo del proyecto.

Se aconseja el uso de paneles solares con la mayor potencia posible y con dimensiones no tan amplias, dado que si se requiere mucha potencia y el área disponible no es tan amplia se puede usar mejor el área y generar más energía.

Es importante que al diseñar el sistema fotovoltaico se seleccione un inversor central pues los microinversores tienen un costo más alto por las cantidades que se necesitan. Si el sistema no requiere un inversor central una buena opción serían unos microinversores, pero que puedan soportar más de un panel si al diseño se le pueden aplicar.

Se recomienda estudiar una forma para la iluminación con una tecnología LED, ya que esta tecnología reduce considerablemente el consumo de energía. La iluminación tradicional de luz incandescente genera un consumo mayor para laborales por lo que se requieren muchas horas de uso de luz artificial.

CAPÍTULO VI PROPUESTA

De acuerdo con los diferentes escenarios desarrollados en el capítulo 4 así se calcularon los paneles solares y los inversores o microinversores. Se calcularon las ganancias o pérdidas con el VAN y la TIR para determinar si son rentables o no. Al seleccionar la mejor opción la propuesta es el escenario 3, en que se requiere generar 100% de la demanda de la lavandería. Aquí se obtuvo un VAN de 7.185.311,72 colones y una TIR de 38%.

La propuesta es la del escenario 3 que para demandar 100 % de la energía necesita una cantidad de 16 paneles de la marca Jinko Solar (Ver anexo B) y un inversor central marca Growatt 6000MTLP-US de 6000 Watts. (Ver el anexo F - Ficha técnica). El sistema fotovoltaico genera 11687,65 KW/h anualmente y la lavandería consume 11462 KW/h anualmente.

Tabla 43 Comparación entre la propuesta y la demanda actual

Mes	Energía generada en KW/h mes	Energía demandada en KW/h mes	Energía sobrante o faltante KW/h mes
Enero	1240,124	1010	230,124
Febrero	1121,75	905	216,75
Marzo	1254,61	947	307,61
Abril	1016,16	974	42,16
Mayo	916,06	1192	-275,94
Junio	833,95	1065	-231,05
Julio	859,94	970	-110,06
Agosto	830,97	894	-63,03
Septiembre	784,9	816	-31,1
Octubre	830,97	888	-57,03
Noviembre	883,01	890	-6,99
Diciembre	1115,21	911	204,21
Total	11687,65	11462	225,654

Fuente: Recurso propio

En la tabla 43 se compara lo generado con lo demandado, en enero, febrero, marzo, abril y diciembre. En estos meses se genera lo suficiente para cubrir la demanda, pero para el resto de los meses la energía generada no es la suficiente para cumplir con lo demandado; pero el anual sí suministra lo necesario para satisfacer la demanda en el año. El total anual de lo generado sí supera lo que la lavandería demandó durante el año 2018.

Este escenario es considerado al generar el 100% de la demanda. Se aplicó un aumento anual de la energía de 5%. La inversión en paneles, inversor, soportes e instalación es de 4.360.494,26 colones, como se indica en la tabla 44. La tasa de cambio que se utilizó fue la del 8 de marzo de 2019 del Banco Central de Costa Rica, de 611,39.

Tabla 44 Cotización de la propuesta

100% de la demanda con inversor					
DESCRIPCION	QTY	UNIT	IV	TOTAL	
Inversor Growatt 6000MTLP 6000Watts	1	\$ 1.729,00	\$ 224,77	\$ 1.953,77	€1.194.515,44
Paneles marca Jinko Solar modelo JKM365M-72 365 Watts	16	\$ 185,00	\$ 24,05	\$ 3.344,80	€2.044.977,27
Herrajes de soportería	1	\$ 529,41	\$ 68,82	\$ 598,24	€365.755,08
Instalación y puesta en marcha	1	\$ 1.235,29	-	\$ 1.235,29	€755.246,47
Tipo de cambio 611,39 colones		TOTAL		\$ 7.132	€4.360.494,26

Fuente: Recurso propio

El VAN y la TIR se calcularon con los datos del Banco Nacional de Costa Rica para energías limpias (ver anexo K) cuya tasa de interés es de 15,5% y sus plazos son variados desde 10 hasta 20 años según la garantía del cliente. El VAN es positivo a partir del año o periodo 5 y en el caso de la TIR es de 38%, que es más del doble de la tasa de descuento, lo que quiere decir que este escenario es muy rentable.

Tabla 45 Ahorro anual de la propuesta.

Facturación sin paneles	Facturación con paneles	Ahorro anual
€0,00	€0,00	€0,00
€1.669.605,00	€245.630,66	€1.423.974,34
€1.753.085,25	€257.912,19	€1.495.173,06
€1.840.739,51	€270.807,80	€1.569.931,71
€1.932.776,49	€284.348,19	€1.648.428,30
€2.029.415,31	€298.565,60	€1.730.849,71
€2.130.886,08	€313.493,88	€1.817.392,20
€2.237.430,38	€329.168,58	€1.908.261,81
€2.349.301,90	€345.627,01	€2.003.674,90
€2.466.767,00	€362.908,36	€2.103.858,64
€2.590.105,35	€381.053,77	€2.209.051,57
€2.719.610,61	€400.106,46	€2.319.504,15

€2.855.591,14	€420.111,79	€2.435.479,36
€2.998.370,70	€441.117,37	€2.557.253,33
€3.148.289,24	€463.173,24	€2.685.115,99
€3.305.703,70	€486.331,91	€2.819.371,79
€3.470.988,88	€510.648,50	€2.960.340,38
€3.644.538,33	€536.180,93	€3.108.357,40
€3.826.765,24	€562.989,97	€3.263.775,27
€4.018.103,51	€591.139,47	€3.426.964,03
€4.219.008,68	€620.696,44	€3.598.312,24

Fuente: Recurso propio

Tabla 46 Cálculo del VAN y la TIR de la propuesta.

Año	Flujo de Efectivo	Valor presente	Valor acumulado
0	-	-	-
1	€4.360.494,26	€4.360.494,26	€4.360.494,26
2	€1.423.974,34	€1.232.878,22	€3.127.616,04
3	€1.495.173,06	€1.120.798,38	€2.006.817,66
4	€1.569.931,71	€1.018.907,62	-€987.910,05
5	€1.648.428,30	€926.279,65	-€61.630,40
6	€1.730.849,71	€842.072,41	€780.442,01
7	€1.817.392,20	€765.520,37	€1.545.962,39
8	€1.908.261,81	€695.927,61	€2.241.890,00
9	€2.003.674,90	€632.661,47	€2.874.551,47
10	€2.103.858,64	€575.146,79	€3.449.698,25
11	€2.209.051,57	€522.860,72	€3.972.558,97
12	€2.319.504,15	€475.327,92	€4.447.886,89
13	€2.435.479,36	€432.116,29	€4.880.003,18
14	€2.557.253,33	€392.832,99	€5.272.836,18
15	€2.685.115,99	€357.120,90	€5.629.957,08
16	€2.819.371,79	€324.655,37	€5.954.612,45
17	€2.960.340,38	€295.141,24	€6.249.753,69
18	€3.108.357,40	€268.310,22	€6.518.063,91
19	€3.263.775,27	€243.918,38	€6.761.982,30
20	€3.426.964,03	€221.743,98	€6.983.726,28
20	€3.598.312,24	€201.585,44	€7.185.311,72

Tasa de descuento	15,50%
Plazo	20 años

VAN	€7.185.311,72
TIR	38%

Fuente: Recurso propio

Diagrama unifilar de la propuesta

Para la selección de las conexiones en serie y en paralelo que se utilizan para el inversor de la propuesta, se utiliza el voltaje máxima panel, voltaje máxima de entrada del inversor, la corriente de la conexión para calcular el número de conexiones en serie y paralelo que puede soportar el inversor.

$N \text{ de filas en serie} = \frac{\text{Voltaje máxima de entrada del inversor}}{\text{Voltaje máxima panel}}$

Voltaje máxima panel

$N \text{ de filas en serie} = 16.2$

Voltaje máxima panel= 37 V

Voltaje máxima de entrada del inversor= 600V

Corriente del panel= 7,2 A

Conexión en serie

Se selecciona una conexión en serie de 16 paneles en serie para que no superen el voltaje del inversor que es de 600 V

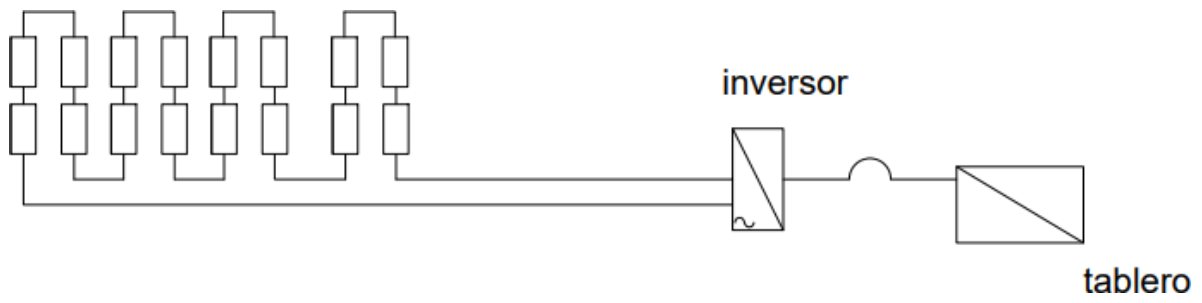
16 paneles en serie = 592 V Corriente de 7,2 A

Voltaje total= 592 V

Potencia del sistema= $V \cdot I = 592 \cdot (7,2) = 4.262,4 \text{ W}$

Potencia del inversor= 6.000 W

Diagrama unifilar



Referencias

Acesolar (abril 2016) Decreto N°39220 Reglamento-Generación-Distribuida

Recuperado de <http://www.acesolar.org/wp-content/uploads/2016/04/Decreto-39220-Reglamento-Generaci%C3%B3n-Distribuida-Final.pdf>

Alvarado, S. (2014) Rediseño de los Sistemas Eléctricos de Emergencia del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega (HCLVV) acorde con el Código Eléctrico Nacional y la Norma NFPA (National Fire Protection Association). (Tesis de Licenciatura) Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. Recuperado de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/5822>

Automa (octubre 2017) Tipos de inversores

Recuperado de <http://www.automa.solar/solar/tipo-de-inversores/>

Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (2019) Norma técnica de planeación, operación y acceso al sistema eléctrico nacional (POASEN) Recuperado de <https://aresep.go.cr/normativa/1392-normativa-tecnica-nacional>

Castellon,.A y Santamaria,.G (marzo 2010) Instalaciones solares fotovoltaicas

Recuperado de

<http://juandiaz.pro/fp/Libros%20en%20formato%20digital/Instalaciones%20Solares%20y%20Fotovoltaicas%20-%20Editex.pdf>

Compañía Nacional de Fuerza y Luz (2018). Tarifas vigentes

Recuperado de <https://www.cnfl.go.cr/servicios-comerciales-sc/tarifas-vigentes-sc>

Economipedia, (julio 2017) Comparación entre van y tir

recuperado de <https://economipedia.com/definiciones/comparacion-entre-van-y-tir.html>

Erenovable (marzo 2018) Energía solar fotovoltaica-Que es, cómo se genera y usos

Recuperado de <https://erenovable.com/energia-solar-fotovoltaica/>

Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2000). INTECO INTE 31-08-06-2000.

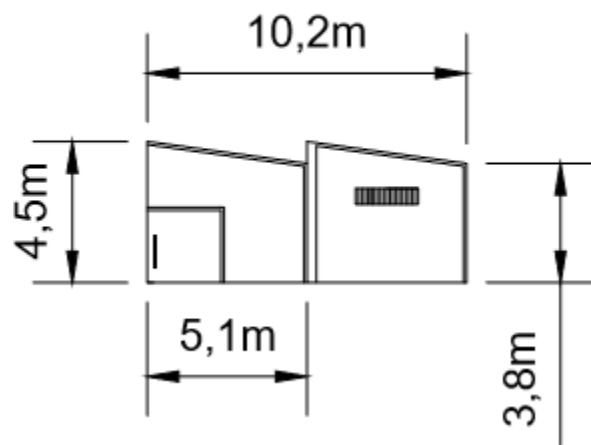
Recuperado de: <http://higieneindustrialambiente.com/userfiles/INTE2031-08-06-00iluminacion.pdf>

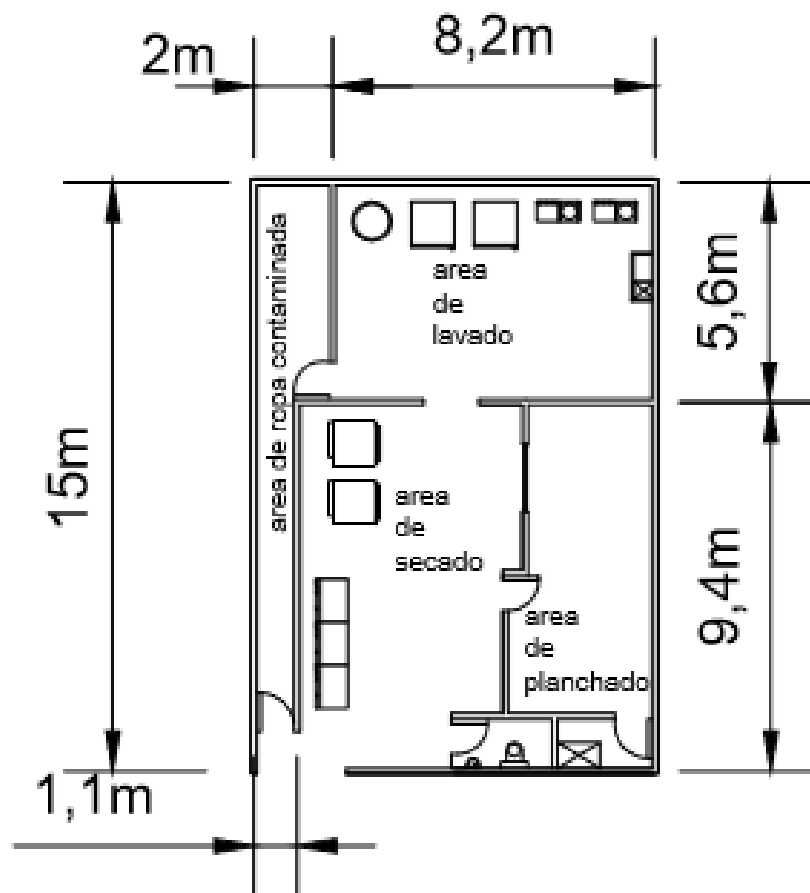
Pertuz, J. Barraza, F (2013) Diseño de un sistema solar fotovoltaico para dos aulas móviles del SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje)” (Tesis de Licenciatura) Universidad de la Costa, Colombia.

- Loaiza, L. (2016) Proyecto y diseño de instalaciones en media y baja tensión para un edificio. (Tesis de Licenciatura) Universidad de Santiago, Ecuador.
Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/5410/1/T-UCSG-PRE-TEC-IEM-75.pdf>
- Miranda, M. (2016). Diseño de sistema de generación fotovoltaica para viviendas conectadas a la red de distribución, en el contexto de la Ley N° 20.571.(Tesis de Licenciatura) Universidad de Chile, Chile. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/141781/Diseno-de-sistema-de-generacion-fotovoltaica-para-viviendas-conectadas-a-la-red-de-distribucion-en-el-contexto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Nasa (febrero 2019) software gratuito Power Project Data Sets
recuperado de <https://power.larc.nasa.gov/>
- Solar-energía (febrero 2018) Paneles fotovoltaicos
Recuperado de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/panel-fotovoltaico>
- Sotysolar, (20017) ¿Cómo dimensionar y calcular una instalación fotovoltaica de autoconsumo y cuántas placas solares necesito?
Recuperado de <https://sotysolar.es/placas-solares/calcular>
- Yuba. (febrero 2015) Tutorial instalación solar fotovoltaica para viviendas cálculo de la instalación.
Recuperado de <http://www.ybasolar.net/2015/02/tutorial-instalacion-solar-fotovoltaica.html>

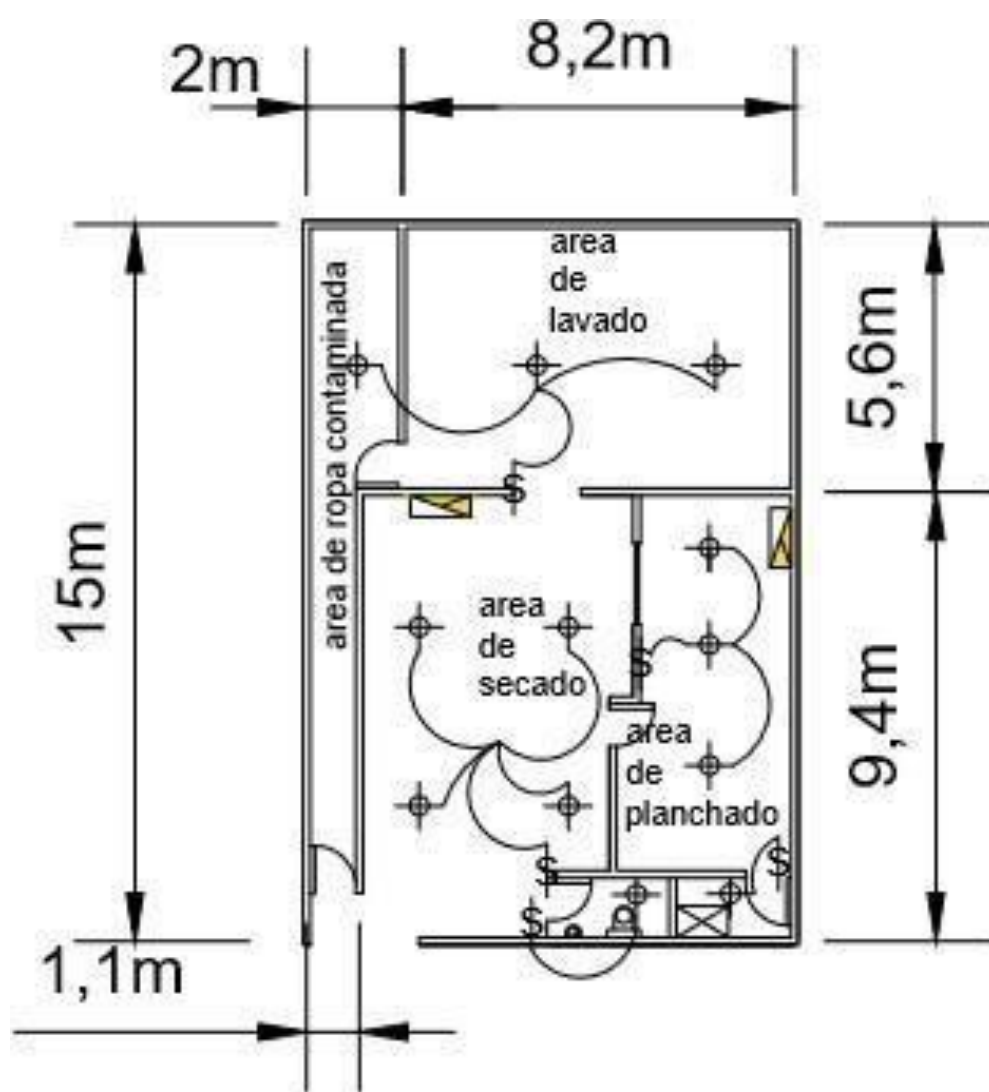
ANEXOS
Anexo A Planos de Lavandería

vista frontal





Distribucion de planta



Plano electrico

Anexo B Consumos de energía durante el periodo del año 2018



ESTUDIO DE CONSUMOS ACUMULADOS

CONTRATO: 27621682 LOCALIZACIÓN: 1800921112
 LOCALIZACIÓN: LOCALIZACIÓN: 1800921112
 SUBPRODUCTO: TOD TODOS LOS SUBPRODUCTOS
 TIPO CONSUMO: TOD TODOS LOS TIPOS
 CONTADOR: 0 - TODOS LOS CONTADORES
 DESDE: ENERO-2018 HASTA: ENERO-2019

Servidor: 8GUAOSIFRAS03
 Terminal: GUADALUPE
 Oficina: LMR0265
 Nombre Físico: 21-01-2019 09:33
 Fecha: 1 / 1
 Página:

Contrato: 27621682 Localización: 1800921112
 Nombre: CERDAS RAMIREZ ANA MARITZA DE LOS A
 Dirección: 200 ESTE DE PLAZA DEPORTES CALLE BLANCOS.
 Tarifa: TG - COMERCIAL

Ciclo: 10 Ruta: 01 Consecutivo: 1800

Periodo	Contador	Medidor	Lect. Anterior	Lect. Actual	Fecha Lectura	Factor	Consumo	Importe	Tipo Evento
01-2018	4	ENE	899414	91,018.00	02-01-2018	1	1,010.00KWH	119,520.00	LECTURA PERIODI
1416292166	32			144,810.00					CANCELADO
02-2018	4	ENE	899414	92,028.00	01-02-2018	1	905.00KWH	107,860.00	LECTURA PERIODI
1417539466	30			133,200.00					CANCELADO
03-2018	4	ENE	899414	92,933.00	02-03-2018	1	947.00KWH	112,865.00	LECTURA PERIODI
1418859241	29			135,390.00					CANCELADO
04-2018	4	ENE	899414	93,880.00	02-04-2018	1	974.00KWH	116,080.00	LECTURA PERIODI
1419673399	31			139,215.00					CANCELADO
05-2018	4	ENE	899414	94,854.00	02-05-2018	1	1,192.00KWH	142,065.00	LECTURA PERIODI
1420751448	30			172,780.00					CANCELADO
06-2018	4	ENE	899414	96,046.00	01-06-2018	1	1,065.00KWH	126,925.00	LECTURA PERIODI
1421559075	30			155,650.00					CANCELADO
07-2018	4	ENE	899414	97,111.00	02-07-2018	1	970.00KWH	115,700.00	LECTURA PERIODI
1429412257	31			137,715.00					CANCELADO
08-2018	4	ENE	899414	98,081.00	01-08-2018	1	894.00KWH	109,220.00	LECTURA PERIODI
1435674639	30			132,890.00					CANCELADO
09-2018	4	ENE	899414	98,975.00	01-09-2018	1	816.00KWH	99,690.00	LECTURA PERIODI
1436881087	31			121,490.00					CANCELADO
10-2018	4	ENE	899414	99,791.00	01-10-2018	1	888.00KWH	108,485.00	LECTURA PERIODI
1437698717	30			131,600.00					CANCELADO
11-2018	4	ENE	899414	100,679.00	01-11-2018	1	890.00KWH	108,100.00	LECTURA PERIODI
1439855949	31			130,670.00					CANCELADO
12-2018	4	ENE	899414	101,569.00	01-12-2018	1	911.00KWH	110,650.00	LECTURA PERIODI
1440759408	30			134,185.00					CANCELADO
01-2019	4	ENE	899414	102,480.00	02-01-2019	1	895.00KWH	108,250.00	LECTURA PERIODI
1445492804	32			130,930.00					CANCELADO

13 Registros recuperados de Consumo.

*A) - Indicador de Factura Ajustada

Anexo C Ficha técnicas de equipos

Lavadoras Unimac 60 Lb



ESPECIFICACIONES		UC20	UC30	UC40	UC60	UC80	UC100
Opción de control		M4, M9, M30	M4, M9, M30	M4, M9, M30	M4, M9, M30	M4, M9, M30	M4, M9, M30
Capacidad, kg (lb)		8 (20)	12 (30)	18 (40)	26 (60)	37 (80)	43 (100)
Anchura total, mm (pulgadas)		660 (26)	737 (29)	778 (30 5/8)	865 (34 1/16)	1054 (41 1/2)	1054 (41 1/2)
Profundidad total, mm (pulgadas)		767 (30 1/4)	878 (34 9/16)	1009 (39 3/4)	1081 (42 9/16)	1308 (51 1/2)	1336 (52 5/8)
Altura total, mm (pulgadas)		1067 (42)	1142 (45)	1199 (47 1/4)	1267 (49 7/8)	1426 (56 3/16)	1426 (56 3/16)
Diámetro del cilindro, mm (pulgadas)		533 (21)	610 (24)	667 (26 1/4)	762 (30)	916 (36)	916 (36)
Profundidad del cilindro, mm (pulgadas)		349 (13 3/4)	406 (16)	514 (20 1/4)	559 (22)	559 (22)	660 (26)
Volumen del cilindro, litros (pies cúbicos)		78.1 (2.76)	118 (4.19)	180 (6.34)	255 (9.0)	354 (12.4)	434 (13 1/2)
Tamaño de la apertura de la puerta, mm (pulgadas)		295 (11 5/8)	364 (14 5/16)	413 (16 1/4)	413 (16 1/4)	470 (18 1/2)	470 (18 1/2)
Distancia de la parte inferior de la puerta al suelo, mm (pulgadas)		365 (14 3/8)	356 (14)	368 (14 1/2)	379 (14 15/16)	455 (17 15/16)	455 (17 15/16)
Conexión del conducto de entrada de agua, mm (pulgadas)		2 @ 19 (3/4)	2 @ 19 (3/4)	2 @ 19 (3/4)	2 @ 19 (3/4)	2 @ 19 (3/4)	2 @ 19 (3/4)
Diámetro del desagüe, mm (pulgadas)		1 @ 52 (2)	1 @ 52 (2)	1 @ 76 (3)	1 @ 76 (3)	1 @ 76 (3)	1 @ 76 (3)
Altura del desagüe al suelo, mm (pulgadas)		114 (4 1/2)	114 (4 1/2)	122 (4 13/16)	119 (4 11/16)	145 (5 3/4)	145 (5 3/4)
N.º total de velocidades		6, 9	6, 9	6, 9	6, 9	6, 9	6, 9
Velocidades del cilindro, RPM (fuerza gravitacional)	Suave	37 (0.4)	34 (0.4)	33 (0.4)	31 (0.4)	28 (0.4)	28 (0.4)
	Lavado	51 (.8)	48 (.8)	46 (.8)	43 (.8)	39 (.8)	39 (.8)
	Distribución	92 (2.5)	86 (2.5)	82 (2.5)	77 (2.5)	70 (2.5)	70 (2.5)
	Muy baja	301 (27)	282 (27)	269 (27)	252 (27)	230 (27)	230 (27)
	Baja	518 (80)	485 (80)	464 (80)	434 (80)	396 (80)	396 (80)
	Media	580 (100)	542 (100)	518 (100)	485 (100)	443 (100)	443 (100)
	Alta	648 (120)	606 (120)	579 (120)	542 (120)	495 (120)	495 (120)
	Muy alta	710 (150)	664 (150)	635 (150)	594 (150)	542 (150)	542 (150)
Ultraalta	819 (200)	766 (200)	733 (200)	686 (200)	626 (200)	568 (165)	
Cables de voltaje/ Interruptor, FLA	B 120/60/1	15-12	No procede	No procede	No procede	No procede	No procede
	X 200-208/220-240/50/60/3/1/3	15-6 (1 Ph) 15-4 (3 Ph)	15-7 (1 Ph) 15-5 (3 Ph)	15-10 (1 Ph) 15-6 (3 Ph)	15-11 (1 Ph) 15-8 (3 Ph)	20-16 (1 Ph) 15-11 (3 Ph)	20-16 (1 Ph) 15-11 (3 Ph)
	Q 200-208/220-240/50/60/3/3	15-5	15-5	15-6	15-8	15-11	15-11
	N 440-480/50/60/3/3	15-4	15-4	15-5	15-6	15-8	15-8
P 380-415/50/60/3/3	15-4	15-4	15-5	15-6	15-8	15-8	
Dimensiones aproximadas de envío, mm (pulgadas)	Anchura	711 (28)	800 (31 1/2)	876 (32 1/2)	953 (37 1/2)	1118 (44)	1118 (44)
	Profundidad	859 (33 13/16)	973 (38 5/16)	1105 (43 1/2)	1191 (46 15/16)	1384 (54 1/2)	1486 (58 1/2)
	Altura	1229 (48 7/16)	1303 (51 5/16)	1361 (53 5/8)	1430 (56 5/16)	1488 (58 5/8)	1488 (58 5/8)
Consumo del motor, kW (CV)		.75 (1)	.75 (1)	1.7 (2)	2.2 (3)	3.7 (5)	3.7 (5)
Peso neto, kg (lb)		152 (335)	209 (460)	249 (550)	315 (695)	549 (1210)	572 (1260)
Peso de envío, kg (lb)		166 (365)	225 (495)	268 (590)	338 (745)	572 (1260)	594 (1310)
Peso de envío en caja de tablas, kg (lb)		204 (450)	268 (590)	313 (690)	390 (860)	628 (1380) 2	651 (1435)
*Autorizaciones de agencia		ETL _{US} CE	ETL _{US} CE	ETL _{US} CE	ETL _{US} CE	ETL _{US} CE	ETL _{US}

Unimac se reserva el derecho de cambiar las máquinas y las especificaciones de este folleto en cualquier momento y sin previo aviso. Los detalles y las fotografías se ofrecen únicamente como muestra y no son vinculantes.

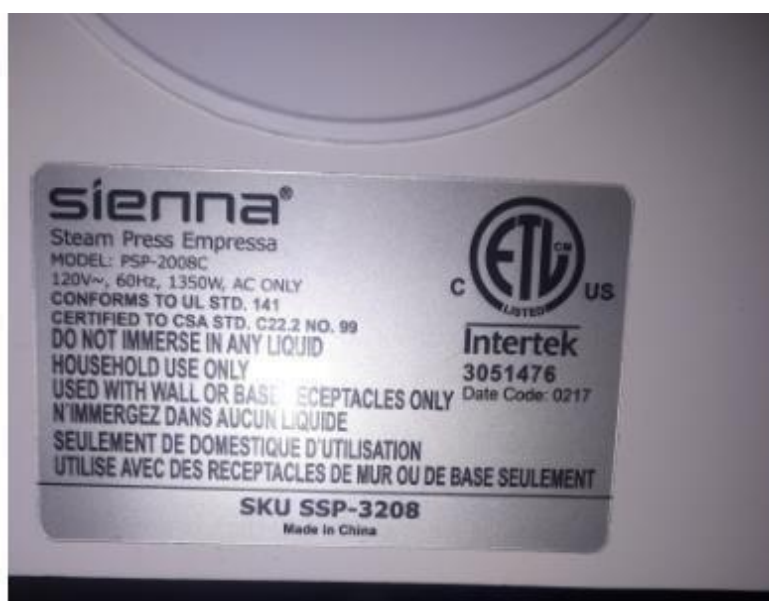
www.unimaclaundry.com

PREFERRED BY ON-PREMISES LAUNDRIES WORLDWIDE

Secadora de 30 Lb y 55 Lb

TIPO		UU025	UU030	UU035	UU055
CAPACIDAD					
Capacidad	kg/lb	11/25	13/30	16/35	24/55
Volumen del tambor	l	220	270	350	490
Diámetro del tambor	Ø mm	673	673	762	838
FLUJO DE AIRE					
Flujo de aire	l/s	240	240	280	330
CAPACIDAD DE EVAPORACIÓN					
Calefacción a gas	g/min	226	267	349	485
Calefacción eléctrica	g/min	172	258	340	371
MOTOR					
Ventilador	kW	0,4	0,4	0,4	0,4
Accionamiento	kW	0,2	0,2	0,2	0,4
CALEFACCIÓN A GAS					
Energía	kW	18,8	21,4	26,4	32,8
Conexión eléctrica		1x100-120V/50-60Hz, 1x200-240V/50-60Hz, 3x200-240V/50-60Hz 3x440-480V/50-60Hz, 3x380-415V/50-60Hz			
Conexión de gas	pulg.	½"	½"	½"	½"
CALEFACCIÓN A VAPOR					
Presión de vapor 6,9 bar	kW	18,5	18,5	22,8	-
Conexión eléctrica		1x100-120V/50-60Hz, 1x200-240V/50-60Hz, 3x200-240V/50-60Hz 3x440-480V/50-60Hz, 3x380-415V/50-60Hz			
Conexión de vapor	pulg.	¾"	¾"	¾"	-
CALEFACCIÓN ELÉCTRICA					
Energía	kW	12	21	24	27
Conexión eléctrica		1x200-208V/50-60Hz, 3x200-208V/50-60Hz, 1x230-240V/50-60Hz, 3x230-240V/50-60Hz, 3x380V/50-60Hz, 3x400-415V/50-60Hz, 3x440V/50-60Hz, 3x460-480V/50-60Hz			
Salida del aire	Ø mm	150	150	200	200
DIMENSIONES					
A x A x P	mm	1625x710x1000	1625x710x1155	1625x800x1155	1700x925x1350
Peso neto (E)	kg	140	150	160	200
Peso neto (G,V)	kg	135	145	155	195
DATOS DE TRANSPORTE					
Empaquetado (film) A x A x P	mm	1720x760x1090	1720x760x1240	1720x840x1240	1790x900x1450
Peso bruto (film, E)	kg	150	160	170	220
Peso bruto (film, G,V)	kg	145	155	165	215
Empaquetado (caja) A x A x P	mm	2210x880x1170	2210x880x1320	2210x950x1320	2210x1020x1520
Peso bruto (caja, E)	kg	210	220	230	300
Peso bruto (caja, G,V)	kg	205	214	220	295

Plancha de quijada ancha

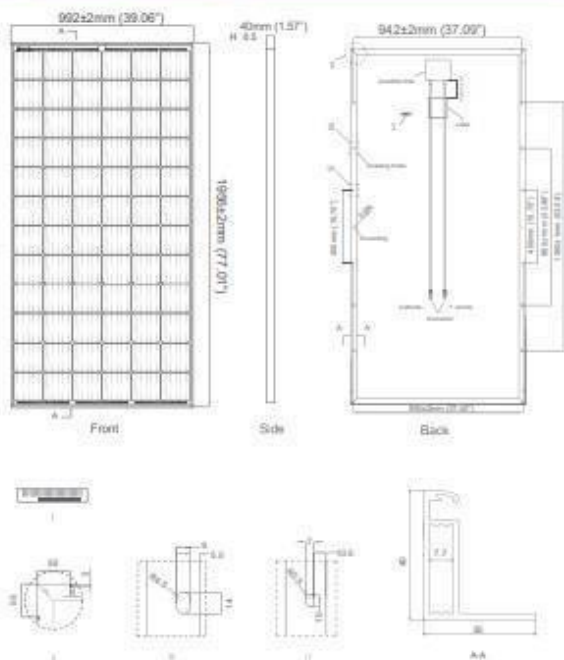


Plancha



Anexo C Ficha técnica del panel solar Jinko Solar 365 W

Engineering Drawings

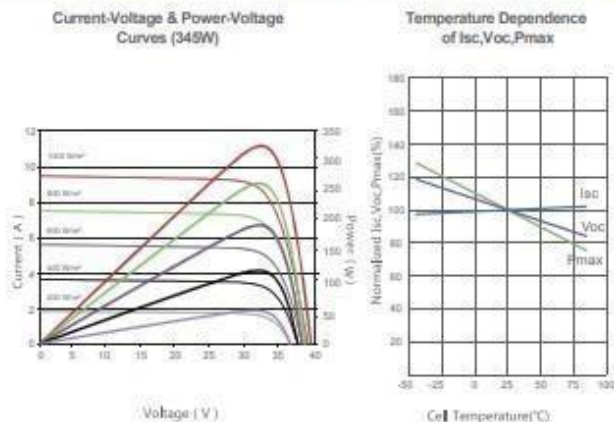


Packaging Configurations

(Two boxes=One Pallet)

26 pcs/box, 52 pcs/pallet, 624 pcs/40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence



Mechanical Characteristics

Cell Type	Monocrystalline PERC 156×156mm (6 inch)
No. of Cells	72 (6×12)
Dimensions	1956×992×40mm (77.01×39.06×1.57 inch)
Weight	26.5 kg (58.4 lbs.)
Front Glass	4.0mm, Anti-Reflection Coating, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	12 AWG, Length: 1200mm (47.24 inch)
Fire Type	Type 1

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM345M-72-V		JKM350M-72-V		JKM355M-72-V		JKM360M-72-V		JKM365M-72-V	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	345Wp	258Wp	350Wp	262Wp	355Wp	266Wp	360Wp	270Wp	365Wp	274Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	38.9V	37.0V	39.1V	37.2V	39.3V	37.5V	39.5V	37.7V	39.7V	37.9V
Maximum Power Current (Imp)	8.87A	6.98A	8.94A	7.05A	9.04A	7.09A	9.12A	7.17A	9.20A	7.24A
Open-circuit Voltage (Voc)	47.3V	45.8V	47.5V	46.0V	47.8V	46.2V	48.0V	46.5V	48.2V	46.8V
Short-circuit Current (Isc)	9.31A	7.38A	9.38A	7.46A	9.45A	7.54A	9.51A	7.61A	9.57A	7.68A
Module Efficiency STC (%)	17.76%		18.01%		18.31%		18.57%		18.82%	
Operating Temperature (°C)	-40°C~+85°C									
Maximum System Voltage	1500VDC (UL and IEC)									
Maximum Series Fuse Rating	15A									
Power Tolerance	0~+3%									
Temperature Coefficients of Pmax	-0.39%/°C									
Temperature Coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature Coefficients of Isc	0.05%/°C									
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±2°C									

Anexo D Ficha técnica Inversor Fronius Symo 24 KW

Número de MPPT	2,0
Potencia FV recomendada (kWp)	19,0 - 31,0 kWp
Máxima corriente de entrada utilizable	33,0 / 25,0 A
Total de corriente de entrada utilizable máxima (MPPT 1 + MPPT 2)	51,0 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV ($1.5 \cdot I_{max}$)	49,5 / 37,5 A
Voltaje nominal de entrada	720,0 V
Rango de voltaje operacional	200 - 1000 V
Rango de voltaje MPP	500 - 800 V
Voltaje de entrada máximo	1000,0 V
Sujetadores de fusible de cadena DC integrados	6- und 6+
Potencia máxima de salida a 480 V	23995 VA
Potencia máxima de salida a 240 V	NA
Potencia máxima de salida a 208 V	NA
Configuración de salida	3~ NPE Delta 480 V
Rango de frecuencia	45 - 65 Hz
Frecuencia nominal de operación	60,0 Hz
Distorsión armónica total	< 1,0 %
Rango de factor de potencia	0 - 1 ind./cap.
Máxima corriente de salida continua a 480 V	28,9 A
Máxima corriente de salida continua a 240 V	NA
Máxima corriente de salida continua a 208 V	NA
Capacidad del interruptor de OCPD/AC 480 V	40 A
Capacidad del interruptor de OCPD/AC 240 V	NA
Capacidad del interruptor de OCPD/AC 208 V	NA
Eficiencia Máxima	98,0 %
Eficiencia CEC a 480 V	97,5 %
Eficiencia CEC a 240 V	NA
Eficiencia CEC a 208 V	NA

Anexo E Ficha técnica del microinversor Enphase IQ6+

Microinversores Enphase IQ 6 y IQ 6+

DATOS DE ENTRADA (CC)	IQ6-60-2-US		IQ6PLUS-72-2-US	
Combinaciones de módulos recomendadas ¹	195 W - 330 W +		235 W - 400 W +	
Compatibilidad del módulo	Solo módulos fotovoltaicos de 60 celdas		Módulos fotovoltaicos de 60 y 72 celdas	
Tensión máxima de CC de entrada	48 V		62 V	
Tensión máxima de registro de corriente	27 V - 37 V		27 V - 48 V	
Intervalo de funcionamiento	16 V - 48 V		16 V - 62 V	
Tensión de arranque mínima/máxima	22 V/48 V		22 V/62 V	
Corriente de cortocircuito de CC máxima (módulo Isc)	15 A		15 A	
Puerto de CC de clase sobretensión	II		II	
Retroalimentación de puerto de CC ante falla única	0 A		0 A	
Configuración de panel fotovoltaico	Panel sin tierra de 1 x 1; No se necesita protección adicional de la CC lateral; La protección de CA lateral requiere un máximo de 20 A por circuito de ramal			
DATOS DE SALIDA (CA)	IQ6-60-2-US		IQ6PLUS-72-2-US	
Potencia máxima de salida	240 VA		290 VA	
Potencia de salida (continua) nominal	230 VA		280 VA	
Tensión nominal/intervalo ²	240 V/211-264 V	208 V (1Φ)/183-229 V	240 V/211-264 V	208 V (1Φ)/183-229 V
Corriente de salida nominal	0,96 A	1,11 A	1,17 A	1,35 A
Frecuencia nominal	60 Hz		60 Hz	
Intervalo de frecuencia extendido	47 - 68 Hz		47 - 68 Hz	
Factor de potencia a potencia nominal	1,0		1,0	
Unidades máximas por circuito derivado de 20 A	16 (240 VAC)		13 (240 VAC)	
	14 (208 VAC monofásico)		11 (208 VAC monofásico)	
Puerto de CA de clase sobretensión	III		III	
Retroalimentación de puerto de CA ante falla única	0 A		0 A	
Factor de potencia (ajustable)	0,7 adelantado ... 0,7 retrasado		0,7 adelantado ... 0,7 retrasado	
RENDIMIENTO	A 240 V	A 208 V (1Φ)	A 240 V	A 208 V (1Φ)
Rendimiento ponderado del CEC	97,0 %	96,5 %	97,0 %	96,5 %

DATOS MECÁNICOS	
Intervalo de temperatura ambiente	-40 a 65 °C
Humedad relativa	4 % a 100 % (con condensación)
Tipo de conector	MC4
Dimensiones (An. x Al. x Pr.)	219 mm x 191 mm x 37,9 mm (sin soporte)
Peso	1,5 kg (3,3 libras)
Refrigeración	Convección natural, sin ventiladores
Aprobado para ubicaciones húmedas	Sí
Grado de contaminación	PD3
Categoría medioambiental/Clasificación de exposición a rayos UV	Exterior: NEMA 250, tipo 6 (IP67)
CARACTERÍSTICAS	
Comunicación	Línea eléctrica
Supervisión	Opciones de monitoreo Enlighten Manager y MyEnlighten Compatible con IQ Envoy de Enphase
Cumplimiento	UL 62109-1, UL1741/IEEE1547, FCC Part 15 Class B, ICES-0003 Class B, CAN/CSA-C22.2 NO. 107.1-01 Este producto se incluye en la lista de UL como un equipo fotovoltaico de apagado rápido y tiene conformidad con NEC-2014 y NEC-2017 sección 690.12 y C22.1-2015, Norma 64-218, Apagado rápido de sistemas fotovoltaicos, en conductores de CA y CC, cuando se instala de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Anexo F Ficha técnica del inversor



Datasheet	Growatt 4000 MTLP-US	Growatt 5000 MTLP-US	Growatt 6000 MTLP-US	Growatt 7000 MTLP-US	Growatt 7600 MTLP-US
Input Data					
Max. power per MPPT	4000/4000W	5000/5000W	6000/6000W	7000/4800W	7600/4800W
Max. usable input current per MPPT	18A/18A	18A/18A	18A/18A	20A/10A	20A/10A
Max. short circuit input current per inverter	42A	47A	56A	47A	47A
Startup voltage	150V	150V	150V	150V	150V
Max. voltage	600V	600V	600V	600V	600V
DC nominal voltage MPPT tracker	360V	360V	360V	360V	360V
DC voltage range	100-600V	100-600V	100-600V	100-600V	100-600V
MPP operating voltage range	120-500V	120-500V	120-500V	120-500V	120-500V
Number of MPPT	2	2	2	2	2
Inputs per MPPT	2/2	2/2	2/2	2/1	2/1
Output data					
Nominal output power	4000W	5000W	6000W	7000W	7600W
Max. Continuous output current	16.7A	21A	25A	29A	31.7A
Peak efficiency	97.2%	97.5%	97.5%	97.4%	97.3%
CEC weighted efficiency	96%	96.5%	96.5%	97%	97%
Max. over current protection device	21A	26A	31A	36A	40A
Operating frequency/range	60/59.5-60.5	60/59.5-60.5	60/59.5-60.5	60/59.5-60.5	60/59.5-60.5
AC nominal voltage; range	Default:240V split-phase, optional:208V & 240V & 277V single phase , 183-228@208V 211-264V@240V 244-305@277V				
Ambient operating temperature range(full load)	-35℃~45℃ (-31...+ 113°F)	-35℃~45℃ (-31...+ 113°F)	-35℃~45℃ (-31...+ 113°F)	-35℃~45℃ (-31...+ 113°F)	-35℃~45℃ (-31...+ 113°F)
Phase shift (cosφ)	Default: 0.99, opt Reactive power adjust / range:-0.85--+0.85				
THDI	<3%	<3%	<3%	<3%	<3%
General Data					
Integrated disconnect	DC disconnect	DC disconnect	DC disconnect	DC disconnect	DC disconnect
DC reverse polarity protection	yes	yes	yes	yes	yes
Output overvoltage protection-varistor	yes	yes	yes	yes	yes
Output over current protection	yes	yes	yes	yes	yes
Ground fault monitoring for Split phase	yes	yes	yes	yes	yes
Grid monitoring	yes	yes	yes	yes	yes
Integrated all - pole sensitive leakage current monitoring unit	yes	yes	yes	yes	yes
Compliant to UL 1699B	yes	yes	yes	yes	yes
Features					
Dimensions(W* H*D)	28.74*15.75*8.46in	28.74*15.75*8.46in	28.74*15.75*8.46in	28.74*15.75*8.46in	28.74*15.75*8.46in
Weight	31.5kg/69.4Lb	31.5kg/69.4Lb	32kg/70.5Lb	32kg/70.5Lb	32kg/70.5Lb
Enclosure	NEMA 4X	NEMA 4X	NEMA 4X	NEMA 4X	NEMA 4X
Cooling concept	natural cooling	natural cooling	natural cooling	natural cooling	natural cooling
Topology	Transformer-less	Transformer-less	Transformer-less	Transformer-less	Transformer-less
Relative humidity	100%	100%	100%	100%	100%
Altitude	Up to 2000m(6560ft) without power de-rating				
Noise emission (typical)	< 25 dB(A)	< 25 dB(A)	< 25 dB(A)	< 25 dB(A)	< 25 dB(A)
Consumption: standby	<5W	<5W	<5W	<5W	<5W
Revenue Grade Meter	opt	opt	opt	opt	opt
Display	LCD	LCD	LCD	LCD	LCD
RS485/ShineLink RF/Wifi/Ethernet/Zigbee/Cellular	yes/yes/opt/opt/opt/opt	yes/yes/opt/opt/opt/opt	yes/yes/opt/opt/opt/opt	yes/yes/opt/opt/opt/opt	yes/yes/opt/opt/opt/opt
Warranty: 5years/10years/15years	yes/yes/opt	yes/yes/opt	yes/yes/opt	yes/yes/opt	yes/yes/opt

Anexo G Ficha técnica de lampara Led 705 SYLVANIA



IP65
UL LISTED

P03548-36	705 LED 24 2X9W ECO C/TUBOS P24653	2 x 9	1800	4000	120V-277V~
P04263-36	705 LED 24 2X9W ECO C/TUBOS P24122	2 x 9	1800	6500	120V-277V~
P04586-36	705 LED 48 2X18W ECO C/TUBOS P24250	2 x 18	3200	6500	120V-240V~
P03918-36	705 LED 48 2X18W ECO C/TUBOS P24651	2 x 18	3600	4000	120V-277V~
P03616-36	705 LED 48 2X18W ECO C/TUBOS P24652	2 x 18	3600	6500	120V-277V~
P03617-36	705 LED 48 2X18W C/BE C/TUBOS P24652	2 x 18	3600	6500	120V-277V~
P03882-36	705 LED 48 3X18W C/TUBOS P24651	3 x 18	5400	6500	120V-277V~
Tubos LED incluidos / LED Tubes included					
P03292-36	705 LED 96 4X18W TANDEM S/TUBOS	-	-	-	-
P02954-36	705 LED 24 2X9W ECO S/TUBOS	-	-	-	-
P03864-36	705 LED 24 2X9W S/TUBOS	-	-	-	-
P03529-36	705 LED 48 1X18W ECO S/TUBOS	-	-	-	-
P03293-36	705 LED 48 2X18W ECO S/TUBOS	-	-	-	-

Tubos LED no incluidos / LED Tubes not included

GUÍA DE ILUMINACIÓN 2017

41

D

LUMINARIAS CON TUBO LED
LED Tube Fixtures

SYLVANIA



Código Code	Modelo Model	Potencia (W) Wattage	Flujo lum. (lm) Luminous Flux	Temp. Color (K) Color Temp.	Tensión (V) Voltage
P04850-36	UL 705 LED 48 2X18W RA C/TUBOS P24995	2 x 18	2800	4100	120V-240V~
P04917-36	UL 705 LED 48 2X18W C/TUBOS P24651	2 x 18	3600	4000	120V-277V~
P04251-36	UL 705 LED 48 2X18W C/TUBOS P24652	2 x 18	3600	6500	120V-277V~

Anexo H Cotizaciones de materiales



Cedula Jurídica número 3-101-579179
 Telefax: 47015020 Heredia, Costa Rica.
 CFIA CC06378

Oferta de servicios.

09 marzo 2019
 090319-010-V01|

Señora Ana Maritza Cerdas Ramírez

Estimado Ingeniero,

J&E Consultores Electromecánicos S.A., empresa consultora y constructora, debidamente registrada ante el CFIA, con registro número CC-06378, Cédula Jurídica No. 3-101-579179 presenta la oferta formal por el suministro de equipos fotovoltaicos.

1. VIGENCIA DE LA OFERTA

La vigencia de la oferta es de (30) días naturales contados a partir de la fecha de presentación de la misma.

2. TIEMPO DE ENTREGA

El tiempo de entrega ofrecido es de 2 semanas después de recibida la orden de compra y el respectivo adelanto.

3. FORMA DE PAGO

Un primer adelanto (50%), contra la orden de compra, o firma del contrato, el restante 50% contra entrega de los equipos.

4. ALCANCE**a. Opción#1**

DESCRIPCION	QTY	UNIT	IV	TOTAL	TOTAL
Inversor Fronius Symo 24KW	1	\$ 4.211,00	\$ 547,43	\$ 4.758,43	€2.909.256,52
Paneles marca Jinko Solar modelo JKM365M-72 365 Watts	68	\$ 185,00	\$ 24,05	\$ 14.215,40	€8.691.153,41
Herrajes de soportería	1	\$ 2.250,00	\$ 292,50	\$ 2.542,50	€1.554.459,08
Instalación y puesta en marcha	1	\$ 5.250,00	\$ -	\$ 5.250,00	€3.209.797,50
			TOTAL	\$ 26.766	€16.364.666,50

b. Opción #2

DESCRIPCION	QTY	UNIT	IV	TOTAL	
Micro inversor Marca Enphase IQ6+ 400W	68	\$ 112,00	\$ 14,56	\$ 8.606,08	€5.261.671,25
Paneles marca Jinko Solar modelo JKM365M-72 365 Watts	68	\$ 185,00	\$ 24,05	\$ 14.215,40	€8.691.153,41
Herrajes de soportería	1	\$ 2.250,00	\$ 292,50	\$ 2.542,50	€1.554.459,08
Instalación y puesta en marcha	1	\$ 5.250,00	\$ -	\$ 5.250,00	€3.209.797,50
			TOTAL	\$ 30.614	€18.717.081,23

TELEFONOS: (506) 47015020

CELULARES: (506) 8323-5692

EMAIL: cartavia@jyeconsultores.com info@jyeconsultores.com

HEREDIA, COSTA RICA



Cedula Jurídica número 3-101-579179
 Telefax: 47015020 Heredia, Costa Rica.
 CFIA CC06378

c. **Opción #3**

DESCRIPCION	QTY	UNIT	IV	TOTAL	
Inversor Growatt 6000MTLP 6000Watts	1	\$ 1.729,00	\$ 224,77	\$ 1.953,77	€1.194.515,44
Paneles marca Jinko Solar modelo JKM365M-72 365 Watts	16	\$ 185,00	\$ 24,05	\$ 3.344,80	€2.044.977,27
Herrajes de soporteria	1	\$ 529,41	\$ 68,82	\$ 598,24	€365.755,08
Instalacion y puesta en marcha	1	\$ 1.235,29	\$ -	\$ 1.235,29	€755.246,47
			TOTAL	\$ 7.132	€4.360.494,26

d. **Opción #4**

DESCRIPCION	QTY	UNIT	IV	TOTAL	
Micro inversor Marca Enphase IQ6+ 400W	16	\$ 112,00	\$ 14,56	\$ 2.024,96	€1.238.040,29
JKM365M-72 365 Watts	16	\$ 185,00	\$ 24,05	\$ 3.344,80	€2.044.977,27
Herrajes de soporteria	1	\$ 529,41	\$ 68,82	\$ 598,24	€365.755,08
Instalacion y puesta en marcha	1	\$ 1.235,29	\$ -	\$ 1.235,29	€755.246,47
			TOTAL	\$ 7.203	€4.404.019,11

e. **Opción #5**

DESCRIPCION	QTY	UNIT	IV	TOTAL	
Inversor Growatt 7600MTLP 7600Watts	1	\$ 1.906,00	\$ 247,78	\$ 2.153,78	€1.316.799,55
Paneles marca Jinko Solar modelo JKM365M-72 365 Watts	18	\$ 185,00	\$ 24,05	\$ 3.762,90	€2.300.599,43
Herrajes de soporteria	1	\$ 595,59	\$ 77,43	\$ 673,01	€411.474,46
Instalacion y puesta en marcha	1	\$ 1.389,71	\$ -	\$ 1.389,71	€849.652,28
			TOTAL	\$ 7.979	€4.878.525,73

f. **Opción #6**

DESCRIPCION	QTY	UNIT	IV	TOTAL	
Micro Inversor Marca Enphase IQ6+ 400W	16	\$ 112,00	\$ 14,56	\$ 2.024,96	€1.238.040,29
Paneles marca Jinko Solar modelo JKM365M-72 365 Watts	16	\$ 185,00	\$ 24,05	\$ 3.344,80	€2.044.977,27
Herrajes de soporteria	1	\$ 529,41	\$ 68,82	\$ 598,24	€365.755,08
Instalacion y puesta en marcha	1	\$ 1.235,29	\$ -	\$ 1.235,29	€755.246,47
			TOTAL	\$ 7.203	€4.404.019,11

g. **Opción #7**

DESCRIPCION	QTY	UNIT	IV	TOTAL	
Inversor Growatt 3000MTLP 7600Watts	1	\$ 1.729,00	\$ 224,77	\$ 1.953,77	€1.194.515,44
Paneles marca Jinko Solar modelo JKM365M-72 365 Watts	16	\$ 185,00	\$ 24,05	\$ 3.344,80	€2.044.977,27
Herrajes de soporteria	1	\$ 529,41	\$ 68,82	\$ 598,24	€365.755,08
Instalacion y puesta en marcha	1	\$ 1.235,29	\$ -	\$ 1.235,29	€755.246,47
			TOTAL	\$ 7.132	€4.360.494,26

TELEFONOS: (506) 47015020

CELULARES: (506) 8323-5692

EMAIL: eartavia@jyeconsultores.com info@jyeconsultores.com

HEREDIA, COSTA RICA

h. **Opción #8**

DESCRIPCION	QTY	UNIT	IV	TOTAL	TOTAL
Lampara Sylvania 705 LED	10	\$ 128,20	\$ 16,67	\$ 1.448,66	€885.696,24
Instalacion	1	\$ 365,85	\$ -	\$ 365,85	€223.679,27
			TOTAL	\$ 1.815	€1.109.375,51

5. EXCLUSIONES GENERALES

- Ningún trabajo de indole Civil, picas, zanjas, perforaciones para pasantes de tuberías.
- Ningún equipo no detallado en el apartado número 4 de la presente oferta.
- Ningún tipo de modificación en la estructura de techo para la colocación de los paneles.
- Ningún tipo de mantenimiento preventivo ni correctivo, si el cliente así lo requiere se hará una propuesta de mantenimiento de los equipos.

6. ESPECIFICACIONES GENERALES.

- Toda la instalación electromecánica se realizará acorde con las normativas vigentes en nuestro país (NEC, CFIA, NFPA, Etc.).
- El personal asignado para este proyecto será personal técnico capacitado, cubierto por la seguridad social CCSS y póliza de riesgos del trabajo # 8924171 del INS tal y como la estipula la legislación nacional.
- Todo nuestro personal cuenta con capacitación y certificación para la realización de trabajos en alturas.

7. GARANTIA

La garantía será de doce meses contra defectos de instalación o defectos en materiales o equipos suministrados e instalados por J&E Consultores Electromecánicos S.A.

La garantía en inversores y micro inversores será de 3 años por defectos de fabricación.

La garantía en paneles solares será de 5 años contra defectos de fabricación.

La garantía de las luminarias Sylvania será de 1 año contra defectos de fabricación.

Esta garantía no cubre ningún equipo o material que no haya sido suministrado e instalado por J&E Consultores Electromecánicos S.A., tampoco aplica cuando por uso inadecuado, desastre natural, actos de vandalismo o cualquier otra situación anormal los equipos o materiales suministrados sufran algún daño reparable o irreparable.

TELEFONOS: (506) 47015020

CELULARES: (506) 8323-5692

EMAIL: eartavia@jyeconsultores.com info@jyeconsultores.com

HEREDIA, COSTA RICA



Cedula Jurídica número 3-101-579179
Telefax: 47015020 Heredia, Costa Rica.
CFIA CC06378

Esperamos que nuestra oferta sea de su aprobación, y tener el honor de trabajar con ustedes en este proyecto. Cualquier duda consulta o sugerencia al respecto por favor comunicarse con nosotros, estamos para servirles.

Atentamente,
Edhyer Artavia Briceño.
DIRECTOR

Anexo I Tarifas de CNFL

Tarifa Comercios y Servicios T-CO	
Bloques de consumo	
Consumo menor o igual a 3.000 kWh	¢106,68
Por Consumo de Energía	
Bloque de 0 - 3.000 Cargo Fijo	¢192.660,00
Bloque mayor a 3.000 kWh cada kWh	¢64,22
Cargo por Potencia	
Bloque 0 – 8 KW Cargo Fijo	¢80.426,32
Bloque mayor a 8 KW	¢10.053,29

Tarifa Preferencial de Carácter Social T-CS	
Consumo menor o igual a 3000 kWh cada kW	
Mínimo 30 kWh	71,84
Clientes con consumo de Energía	
Consumo de Energía kWh	
Bloque de 0-8 kW Cargo Fijo	¢124.110,00
Bloque mayor a 3.000 kWh cada kWh	¢41,37
Por consumos de potencia kW	
Bloque de 0-8 kW Cargo Fijo	¢53.579,84
Bloque mayor a 3.000 kWh cada kWh	¢6.697,48

Tarifa Alumbrado Público T-AP	
Por cada kWh consumido	¢3,51

Anexo J Tarifa para bajada de energía de propia red

Empresa	Tarifa de Acceso (¢/kWh)
ICE	28,44
CNFL	17,92
JASEC	14,68
ESPH	8,48
COOPELESCA	9,50
COOPEGUANACASTE	15,98
COOPESANTOS	27,13
COOPEALFARO	17,96

Anexo K Detalles de préstamo para energías renovables

DIRECCION BANCA DE CONSUMO
SUBGERENCIA GENERAL DE DESARROLLO



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%