

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**



**“PROPUESTA PARA LA REDUCCION DE CONSUMO
ELECTRICO Y OPTIMIZACION DE ILUMINACION EN EL
INSTITUTO DE INFORMATICA DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL ALTIPLANO IMPLEMENTANDO UN SISTEMA
FOTOVOLTAICA Y TECNOLOGIA LED”**

TESIS

PRESENTADA POR:

OSCAR CACERES USCCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

**“PROPUESTA PARA LA REDUCCION DE CONSUMO ELECTRICO Y
 OPTIMIZACION DE ILUMINACION EN EL INSTITUTO DE
 INFORMATICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 IMPLEMENTANDO UN SISTEMA FOTOVOLTAICA Y TECNOLOGIA
 LED”**

TESIS PRESENTADO POR:

OSCAR CACERES USCCA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



PRESIDENTE : 

 Dr. BELTRÁN CASTAÑÓN, NORMAN JESÚS

PRIMER MIEMBRO : 

 M.Sc. VERANO GALINDO, CARLOS ALBERTO

SEGUNDO MIEMBRO : 

 M.Sc. VILCA CALLATA, LEONIDAS

DIRECTOR / ASESOR : 

 M.Sc. RAMOS CUTIPA, JOSÉ MANUEL

ÁREA : Energías Renovables
TEMA : Sistemas Fotovoltaicos

FECHA DE SUSTENTACIÓN 26 DE DICIEMBRE DEL 2018

Dedicatoria:

A dios por darme la oportunidad de estudiar una carrera profesional y guiarme en mi vida universitaria no dejar que me rinda ante las dificultades.

A mi familia que incansablemente me apoyan inculcándome la perseverancia que se tiene que tener para lograr los objetivos trazados.

Agradecimiento:

A la Universidad Nacional del Altiplano – Puno quien permitió formarme académicamente y humanamente, a las autoridades y docentes de carrera Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, por la formación profesional que adquirí para estar al servicio de la sociedad.

A mi director de investigación de tesis Ing. José Manuel Ramos Cutipa, por sus orientaciones, y enseñanzas, quien con su conocimiento y experiencia se logró concretar esta tesis.

Estoy convencido de que es prácticamente imposible llevar a cabo y completar un proyecto como éste sin el estímulo, orientación y asistencia de todos mis seres queridos y amigos.

Oscar Cáceres Uscca.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| ÍNDICE DE FIGURAS | 9 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 11 |
| ÍNDICE DE ACRÓNIMOS | 12 |
| RESUMEN | 13 |
| ABSTRACT | 14 |
| CAPÍTULO I | 15 |
| INTRODUCCIÓN | 15 |
| 1.1. Planteamiento del problema de investigación | 16 |
| 1.2. Antecedentes de la investigación | 16 |
| 1.3. Justificación del problema..... | 20 |
| 1.4. Objetivos de la investigación | 20 |
| 1.4.1. Objetivo general | 20 |
| 1.4.2. Objetivos específicos | 21 |
| CAPITULO II | 22 |
| REVISIÓN DE LITERATURA | 22 |
| 2.1. MARCO TEORICO..... | 22 |
| 2.1.1. Eficiencia energética | 22 |
| 2.1.1.1. La eficiencia comienza por casa | 22 |
| 2.1.2. Sistema de Iluminación | 22 |
| 2.1.2.1. Términos para Lámparas..... | 23 |
| 2.1.2.1.1. Flujo Luminoso | 23 |
| 2.1.2.1.2. Nivel de Iluminación..... | 24 |
| 2.1.2.1.3. Temperatura de Color | 26 |
| 2.1.3. Tecnología LED | 27 |

| | | |
|------------|--|----|
| 2.1.3.1. | Evolución de la iluminación..... | 27 |
| 2.1.3.2. | La era del LED | 28 |
| 2.1.3.3. | Ventajas del LED | 31 |
| 2.1.3.4. | Funcionamiento de los elementos de una luminaria LED | 31 |
| 2.1.4. | Sistemas fotovoltaicos | 34 |
| 2.1.4.1. | Energía solar..... | 34 |
| 2.1.4.2. | El efecto fotovoltaico | 35 |
| 2.1.4.3. | Posibilidades y limitaciones | 36 |
| 2.1.4.4. | Unidades en energía solar | 37 |
| 2.1.4.5. | Inclinación y orientación..... | 38 |
| 2.1.4.6. | Sombras y reflejos..... | 39 |
| 2.1.5. | Componentes de un sistema solar fotovoltaico domiciliario..... | 40 |
| 2.1.5.1. | Módulo fotovoltaico..... | 42 |
| 2.1.5.1.1. | Paneles solares monocristalinos | 43 |
| 2.1.5.1.2. | Paneles solares policristalinos..... | 43 |
| 2.1.5.2. | Regulador de carga (Controlador de carga) | 44 |
| 2.1.5.3. | Baterías solares..... | 46 |
| 2.1.5.3.1. | La acumulación de la energía sirve para: | 46 |
| 2.1.5.3.2. | Capacidad de almacenamiento..... | 47 |
| 2.1.5.3.3. | Carga, descarga y estado de carga..... | 47 |
| 2.1.5.3.4. | Ciclo, ciclo de vida y profundidad de descarga | 48 |
| 2.1.5.3.5. | Auto descarga..... | 49 |
| 2.1.5.3.6. | Tipos de batería | 49 |
| 2.1.5.4. | Cables eléctricos..... | 50 |
| 2.1.5.5. | Estructuras de soporte | 51 |
| 2.1.6. | Dimensionamiento de los Sistemas Solares Fotovoltaicos | 52 |
| 2.1.6.1. | Descripción del método simplificado..... | 54 |

| | | |
|-----------------------------------|---|-----------|
| 2.1.6.2. | Cálculo del consumo de energía | 54 |
| 2.1.6.3. | Cálculo del generador fotovoltaico | 55 |
| 2.1.6.4. | Cálculo de la batería..... | 56 |
| 2.1.6.5. | Calculo del regulador de carga..... | 57 |
| 2.1.6.6. | Correcta disposición del cableado..... | 58 |
| 2.1.6.7. | Selección del lugar de ubicación, requerimientos..... | 60 |
| CAPITULO III | | 62 |
| MATERIALES Y MÉTODOS | | 62 |
| 3.1. | Ubicación del proyecto | 62 |
| 3.2. | Población y muestra de investigación | 62 |
| 3.3. | Metodología | 62 |
| 3.4. | Técnicas e Instrumentos de recolección de datos. | 62 |
| 3.4.1. | Recolección de información..... | 62 |
| 3.4.2. | Trabajo de campo | 63 |
| 3.4.3. | Instrumentos utilizados: | 63 |
| 3.5. | Técnicas para el procesamiento y análisis de datos de la institución..... | 64 |
| 3.5.1. | Toma datos de intensidad de iluminación de foco de fluorescente..... | 64 |
| 3.5.2. | Toma de datos de intensidad de iluminación de focos LED..... | 68 |
| 3.5.3. | Norma técnica de iluminación en interiores..... | 70 |
| 3.6. | Dimensionamiento del sistema FV con la alternativa del sistema LED | 73 |
| 3.6.1. | Dimensionamiento de sistema FV | 74 |
| 3.6.1.1. | Calculo de consumo de energía..... | 74 |
| 3.6.1.2. | Dimensionamiento de paneles fotovoltaicos..... | 75 |
| 3.6.1.3. | Calculo de controlador | 78 |
| 3.6.1.4. | Calculo de baterías | 81 |
| 3.6.1.5. | Dimensionamiento del cableado para el sistema fotovoltaico. | 82 |
| 3.6.1.6. | Resumen de materiales a comprar..... | 83 |

| | |
|--|----|
| CAPITULO IV | 84 |
| ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS | 84 |
| 4.1. Análisis técnico de intensidad de iluminación | 84 |
| 4.2. Comparativa de consumo con el sistema de iluminación actual y con el sistema de iluminación con sistema LED conectado con al sistema FV autónomo. | 84 |
| 4.2.1. Consumo mensual de energía con el sistema actual | 84 |
| 4.2.2. Consumo del mensual de energía con tecnología LED | 85 |
| 4.2.3. Costo del sistema fotovoltaico en la compra de los insumos incluido mano de obra | 86 |
| 4.2.4. Tiempo de recuperación de inversión. | 87 |
| 4.2.4.1. Tiempo de recuperación de inversión por energía producida por mes. | 87 |
| 4.2.4.2. Tiempo de recuperación de inversión por energía producida mensual menos el costo mantenimiento POA 2018 | 88 |
| CONCLUSIONES | 89 |
| RECOMENDACIONES | 90 |
| REFERENCIAS | 91 |
| ANEXOS | 92 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1: Flujo luminoso..... | 24 |
| Figura 2.2: Lumen y luxes en el ambiente..... | 24 |
| Figura 2.3: Ley inversa del cuadrado..... | 25 |
| Figura 2.4: Temperatura de color de algunas fuentes luminosas..... | 27 |
| Figura 2.5: Hay una amplia variedad de fuentes de luz..... | 28 |
| Figura 2.6: Diodo emisor de luz (LED)..... | 29 |
| Figura 2.7: Periodos en la historia de la iluminación eléctrica..... | 30 |
| Figura 2.8: Chip de luminaria LED..... | 32 |
| Figura 2.9: Placa de base de luminaria LED..... | 32 |
| Figura 2.10: Sistema de gestión térmica de luminaria LED..... | 33 |
| Figura 2.11: Lente óptico de luminaria LED..... | 34 |
| Figura 2.12: Energía Solar Fotovoltaica..... | 34 |
| Figura 2.13: Esquema del efecto FV..... | 35 |
| Figura 2.14: Sistema solar y algunos obstáculos bajos..... | 40 |
| Figura 2.15: Componentes de un SFD Básico..... | 42 |
| Figura 2.16: Tipos de módulos fotovoltaicos monocristalinos y policristalinos..... | 43 |
| Figura 2.17: Regulador o controlador de carga..... | 45 |
| Figura 2.18: Tipos de baterías solares..... | 46 |
| Figura 2.19: Tipos de soporte..... | 51 |
| Figura 2.20: Diagrama de flujo de un proyecto FV..... | 53 |
| Figura 2.21: Diagrama simple de un sistema FV (sin unidad de control)..... | 58 |
| Figura 3.1: Luxómetro..... | 63 |
| Figura 3.2: Amperímetro..... | 64 |
| Figura 3.3: Distribución de puntos eléctricos del Instituto de informática..... | 65 |
| Figura 3.4: Ambientes del Instituto de Informática..... | 65 |
| Figura 3.5: Foco actual de iluminación del Instituto de Informática..... | 66 |
| Figura 3.6: Cantidad de intensidad de iluminación de luminaria de 20W..... | 67 |
| Figura 3.7: Foto Opalux 7W..... | 68 |
| Figura 3.8: Cantidad de intensidad de iluminaria de 7W..... | 70 |
| Figura 3.9: Simulación de iluminación programa de DIALux evo 8.1 de intensidad de iluminaria con el sistema LED 7W 12V..... | 70 |
| Figura 3.10: Nivel de Lux establecida según Norma EM.010..... | 72 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.11: Cumplimiento del nivel de Lux establecida según Norma EM.010 DIALux evo 8.1..... | 72 |
| Figura 3.12: Foco LED Opalux 12V 7W..... | 74 |
| Figura 3.13: Ubicación de Punto exacto del trabajo..... | 75 |
| Figura 3.14:Desplazamiento del sol en el proceso de radiación diaria..... | 76 |
| Figura 3.15: Aplicativo de la NASA para obtención de datos de Radiación y temperatura. | 76 |
| Figura 3.16: Resultados del aplicativo de la NASA..... | 77 |
| Figura 3.17: Especificaciones técnicas de controlador..... | 79 |
| Figura 3.18: Especificaciones técnicas del modulo..... | 80 |
| Figura 3.19: Módulos en serie..... | 81 |
| Figura 4.1: Comparación de sistema de ambos sistemas..... | 84 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 2.1: Tecnologías importantes de celdas solares | 36 |
| Tabla 2.2: Panorama general de potencial y limitaciones del sistema FV | 37 |
| Tabla 2.3: Unidades utilizadas en energía solar fotovoltaica | 38 |
| Tabla 2.4: Tamaño de los cables, corriente máxima y potencia | 51 |
| Tabla 2.5: Ampacidad y resistencia de cables de cobre (AWG) | 59 |
| Tabla 3.1: Resumen de intensidad de iluminación de los 44 puntos | 66 |
| Tabla 3.2: Resumen de intensidad de iluminación de focos LED | 69 |
| Tabla 3.3: Niveles de LUX | 71 |
| Tabla 3.4: Calidad de Lux en los ambientes | 71 |
| Tabla 3.5: Calidad de Lux | 71 |
| Tabla 3.6: Cuadro actual | 73 |
| Tabla 3.7: Cuadro con Iluminación LED | 74 |
| Tabla 4.1: Consumo de kWh con el sistema actual | 84 |
| Tabla 4.2: Consumo de kWh con el sistema nuevo | 85 |
| Tabla 4.3: Resumen de materiales para instalación de sistema FV | 86 |
| Tabla 4.4: Tiempo de recuperación de inversión | 87 |
| Tabla 4.5: Tiempo de recuperación de inversión menos POA 2018 | 88 |

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

A: Ampacidad

AC: Corriente alterna

Ah: Amper hora

AWG: American Wire Gauge (Calibre de alambre estadounidense)

DC: Corriente continua

FV: Fotovoltaico

HSP: Hora Solar Pico

INFOUNA: Instituto de Informática de la Universidad Nacional del Altiplano

KM: Kilowatt (1000W)

KWh/m²: KWh por metro cuadrado

LED: Light-emitting diode (diodo emisor de luz)

Lm: Lúmenes

Lx: Lux

SFD: Sistema fotovoltaico domestico

SI: Sistema de iluminación.

V: Voltios

W/m²: Watt por metro cuadrado

Wp: Watts pico.

RESUMEN

El proyecto busca reducir los datos de consumo eléctrico mensual en el Instituto de Informática de la Universidad Nacional del Altiplano (INFOUNA) con la propuesta de un sistema fotovoltaico autónomo y tecnología LED, la reducción se dará al cambiar el sistema de iluminación de focos ahorradores, a un sistema de iluminación por focos LED, que funcionaran con energía Fotovoltaica autónoma diferentes escenarios como pasillos, escaleras y servicios higiénicos.

A fin de poder implementar el sistema fotovoltaico a medida y sistema de iluminación que mejor se adecue se tomó como punto de referencia el promedio de iluminación, la cantidad de luminarias y los valores mínimos y máximos que establece la norma de iluminación en interiores, de esta manera realizar el dimensionamiento y estimaciones a futuro del sistema fotovoltaico requerido.

Finalmente se concluye que el sistema fotovoltaico propuesto cumple los valores mínimos y máximos de la norma en iluminación en interiores, el costo de implementación es rentable y sostenible 3.5 años en energía consumida.

Palabras Clave: Tarifa Eléctrica, Tecnología LED, Sistema de Iluminarias, Sistema Fotovoltaico Solar, Reducción

ABSTRACT

The project aims to reduce the monthly electricity consumption data in the Institute of Computing of the National University of the Altiplano (INFOUNA) with the proposal of an autonomous photovoltaic system and LED technology, the reduction will be given by changing the lighting system of saving lights, to a system of lighting by LED spotlights, which will work with autonomous photovoltaic energy different scenarios such as corridors, stairs and hygienic services.

In order to implement the customized photovoltaic system and lighting system that best fits the average lighting, the number of luminaires and the minimum and maximum values established by the indoor lighting standard, were taken as a point of reference. way to perform the sizing and future estimates of the photovoltaic system required.

Finally it is concluded that the proposed photovoltaic system meets the minimum and maximum values of the indoor lighting standard, the cost of implementation is profitable and sustainable 3.5 years in energy consumed.

Keywords: Electric Rate, LED Technology, Lighting System, Solar Photovoltaic System, Reduction.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La presente tesis busca reducir los costos de energía eléctrica y los costos de mantenimiento en iluminación en interiores del Instituto de informática. Con la implementación de un sistema a medida, autónomo y eficiente que reemplace la tecnología actual instalada.

La Norma EM.010 Instalaciones Eléctricas Interiores, en su artículo 3° establece los valores mínimos y máximos de iluminación en **ÁREAS GENERALES EN EDIFICIOS** como pasillos, corredores, baños, almacenes, escaleras, etc. Siendo este obligatorio de todas sus prescripciones.

Este proyecto enfoca el análisis de la iluminación basados en focos ahorradores cuya iluminación se deteriora con el paso del tiempo causando penumbras en diferentes áreas de la institución afectando al personal docente, administrativo y estudiantes que circulan en el edificio.

En el capítulo II da a conocer los conceptos de eficiencia energética, sistemas de iluminación, tecnología led, sistemas fotovoltaicos, componentes de un sistema fotovoltaicos domiciliario y dimensionamiento de un sistema fotovoltaico.

En el capítulo III los material usados en esta tesis fueron un amperímetro y un luxómetro para determinar la necesidad de implementar un nuevo sistema de iluminación interior ahorrador de energía, se partió a tomar mediciones a las luminarias de focos ahorradores fluorescentes de 20W actualmente instalados en la institución, la cantidad de

intensidad luminosa que estas producen para luego implementar un nuevo sistema de iluminación con tecnología led, alimentado con un sistema fotovoltaico autónomo.

En el capítulo IV análisis e interpretación de resultados, se analizó la situación actual de iluminación de ambiente del Instituto de Informática de la Universidad Nacional del Altiplano aplicando luminarias LED 7W de 12V ya que cumple con los valores mínimos y máximos de la norma en iluminación en interiores, el costo de implementación es rentable y sostenible el tiempo de recuperación es de 3.5 años. Se dimensiono el sistema fotovoltaico adecuado para el sistema de iluminación que requiera el instituto de Informática para el funcionamiento del sistema de iluminación de focos LED de 7W 12V costando un valor de S/ 14432. 00.

1.1. Planteamiento del problema de investigación

En la actualidad, el instituto de informática de la universidad nacional de altiplano invierte elevados costos de consumo eléctrico, elevados costos de mantenimiento y deficiencia en su sistema de iluminación ya que las constantes caídas de tensiones de la red eléctrica dañan los sistemas de iluminación a esto sumado la alta carga consumida por un total de 170 quipos de computo que dependen de un único servicio eléctrico sistema trifásico 220v.

1.2. Antecedentes de la investigación

Necochea, P. & Ramírez W. (2016) tesis “Diseño de un sistema fotovoltaico para abastecer parte del consumo de energía eléctrica en un domicilio tipo R4 en la ciudad de trujillo-2016” El presente trabajo de investigación se centra en realizar un Diseño de un Sistema Fotovoltaico para abastecer parte del consumo de energía eléctrica en un domicilio tipo R4 en la ciudad de Trujillo en el año 2016. Se plantea en primer lugar la problemática existente tanto con el aumento de dispositivos eléctricos y electrónicos en

casa, el uso inadecuado de equipos eléctricos y electrónicos y la posibilidad de migrar a otro plan tarifario de mayor costo por kwh si su proyección de consumo va en aumento. Del mismo modo se define el problema en proponer una alternativa tecnológica que permita disminuir el consumo de energía eléctrica en una residencia tipo R4 en la ciudad de Trujillo. Por lo tanto, nuestro objetivo general está orientado a diseñar un sistema de abastecimiento alternativo de energía eléctrica para atender parte del consumo de la vivienda tipo R4 a partir de la identificación del consumo energético de la residencia tipo R4, análisis del consumo de los equipos que pueden ser alimentados desde el sistema fotovoltaico y el dimensionamiento los diversos componentes a utilizar en el diseño del sistema fotovoltaico.

Vásquez C. & Zúñiga A. (2015) Tesis UPC En la actualidad, el Perú cuenta con una matriz energética poco diversificada la cual tiene con mayor porcentaje el uso de energías no renovables como lo son el gas natural y la hidroeléctrica (mayor a 20 MW). Esto conlleva a que se creen nuevas políticas para promover e incentivar la diversificación de la matriz energética peruana con énfasis en las fuentes renovables y la eficiencia energética; de tal manera que se promuevan proyectos e inversiones para lograr y garantizar la seguridad energética del país.

Pérez, D. (2009), en su investigación “Análisis de un sistema de iluminación, utilizando ampollitas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos”, se propuso como objetivo desarrollar un proyecto que permita determinar la conveniencia de la utilización de energías no convencionales para sistemas de iluminación de bajo consumo, utilizando 9 paneles fotovoltaicos y diseñar un sistema que permita conmutar en forma automática entre energía eléctrica proporcionada por paneles solares y red eléctrica convencional. Su estudio concluyó que el uso de fuentes de energías alternativas,

son medidas que permiten aliviar el uso de las energías convencionales, logrando con esto alcanzar una cierta independencia, consiguiendo, además, disminuir los niveles de consumo de energía y contaminación al dejar de utilizar en parte combustibles fósiles, disminuyendo también la necesidad de construir centrales hidroeléctricas para satisfacer la demanda energética. El aporte principal al trabajo de investigación es que proporciona información técnica sobre las formas de captación de la energía solar, colectores solares y sus características de funcionamiento, así como el cálculo del consumo energético en las diferentes habitaciones de la vivienda.

Bárcena, A. (2014), en su investigación “Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica dentro de un proyecto de vivienda sustentable”, se propuso como objetivo estudiar la factibilidad técnica y viabilidad económica de un sistema de autoabastecimiento eléctrico con base a paneles fotovoltaicos en una casa habitación en el Municipio de Tlayacapan, Estado de Morelos y analizar diferentes configuraciones de sistemas fotovoltaicos a diferentes voltajes de trabajo, con y sin baterías y paneles de diferente calidad, en función de los costos de inversión, mantenimiento y operación de dichos sistemas determinar cuál configuración de operación genera resultados de rentabilidad económica 10 más atractivos. La investigación concluyó que el cálculo de la inversión inicial muestra que existe una diferencia económica significativa entre sistemas con y sin baterías. El incremento del costo en el sistema con baterías nos da un mayor tiempo de recuperación y por otro lado el sistema sin baterías interconectados a la red de CFE si obtuvo un tiempo óptimo de recuperación dentro de su vida útil, dejando una ganancia al final del período de estudio de 20 años, dando como resultado para nuestro caso de estudio que este sistema si es factible para su instalación.

El aporte principal al trabajo de investigación es que nos proporciona un panorama general de las energías y técnicas sustentables, la forma de instalación, en este caso es la casa habitación con todas sus características y necesidades energéticas solares, con los datos obtenidos 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.

Dimter, D. (2010), en su investigación “Solución de abastecimiento eléctrico a través de paneles fotovoltaicos para una vivienda en la ciudad de Valdivia”, se propuso como objetivo desarrollar el proyecto de una vivienda unifamiliar completo aplicando la energía solar fotovoltaica para cubrir las necesidades de energía eléctrica de los habitantes, incluyendo ahorros y eficiencia energética. La investigación concluyó que en cuanto al objetivo principal que hace referencia al desarrollo de la vivienda se realizó satisfactoriamente con todos los 11 elementos propuestos, energía fotovoltaica, eficiencia energética y una propuesta de ahorro de energía planteado por el Programa Chile Sustentable, además que a lo largo del desarrollo de esta Tesis el tema de la crisis energética tanto en Chile como en el resto del mundo cobra mayor importancia, es por esto que el conocimiento de las energías mal llamadas alternativas, se convierte en algo importantísimo si es que no fundamental para los profesionales que se están desarrollando, así como también la conciencia a fondo del uso eficiente de la energía que sí disponemos. El aporte principal al trabajo de investigación es que tan importante como la producción limpia de energía es el buen uso que hacemos de ella. Un tema tan importante como es la Eficiencia Energética que apunta al uso Óptimo de la energía, pero sin disminuir el nivel de vida, ni su calidad como consumidores del sector residencial dado que se considera un gran porcentaje de la demanda total de electricidad y en donde podemos encontrar varias formas de disminuir el consumo de energía.

¿Un sistema fotovoltaico autónomo soluciona las altas tarifas eléctricas, deficiencias en los sistemas de iluminación, elevados costos de mantenimiento y problemas causados en situaciones de emergencia?

1.3. Justificación del problema

La iluminación en instituciones juega un papel importante debido a que de esta depende la transpirabilidad y seguridad en los accesos pues esta debe ser eficiente en todo su ambiente ya que, un promedio de 870 estudiantes acude al instituto de informática diariamente y en horario nocturnos 300 personas reciben diversas capacitaciones.

Por otro lado, los fenómenos climatológicos en nuestra geografía causan frecuentes y largos apagones en los meses de setiembre – mayo causando múltiples daños en equipos, artefactos y sistemas de iluminación siendo este último el más crítico ya que la evacuación de edificios en horarios nocturnos depende de ello.

La presente tesis comienza por una visión tecnológica y autosustentable mejorando los sistemas tradicionales de iluminación, con un enfoque ecológico y amigable con la naturaleza, un enfoque científico con conceptos de eficiencia energética y recursos renovables y un aporte social de soluciones de iluminación en diferentes escenarios (apagones, costo beneficio, tiempo de vida de las luminarias).

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Proponer un sistema fotovoltaico autónomo conectado al sistema de iluminación con tecnología led para la reducción consumo de energía eléctrica.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar la situación actual de iluminación de ambiente del Instituto de Informática de la Universidad Nacional del Altiplano
- Dimensionar el sistema fotovoltaico adecuado para el sistema de iluminación que requiera el instituto de Informática
- Reducción de los costos de mantenimiento en la parte eléctrica.
- Mejorar la transitabilidad en accesos en situaciones de emergencia.
(transitabilidad en apagones)

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. MARCO TEORICO

2.1.1. Eficiencia energética

Calefaccionar, refrescar, mover, iluminar: la energía es el combustible del mundo moderno. Pero los problemas climáticos y ambientales nos obligan a repensar la manera en que utilizamos energía en la vida diaria. Si no deseamos hipotecar el futuro de nuestros hijos, actuemos hoy.

Una manera de actuar es a través de la eficiencia energética, un concepto que no significa privaciones ni sacrificios.

En realidad, la eficiencia energética implica el aprovechamiento consciente y por lo tanto más inteligente de la energía disponible. Este uso racional y a conciencia de la energía incluye su producción, conversión, transporte y uso. (EPEC, 2010)

2.1.1.1. La eficiencia comienza por casa

En el ámbito hogareño, el uso eficiente de la energía permite disminuir el monto de las facturas sin pérdida de bienestar. Y eso no es todo: no sólo se puede reducir el consumo y mantener el confort, sino que es posible mejorar la calidad de vida consumiendo menos. (EPEC, 2010)

2.1.2. Sistema de Iluminación

Un sistema de iluminación es un conjunto de elementos, que se diseña para proporcionar una visibilidad clara y los aspectos estéticos requeridos en un espacio y actividades definidas.

Esto se realiza seleccionando las mejores luminarias y lámparas que proporcionan el nivel de iluminación adecuado para cada tarea y se minimicen efectos de brillo directo y reflejado buscando en todos los casos optimizar el uso de energía y reducir el costo operativo. (sistemas de iluminacion, 2010)

Un sistema de iluminación está integrado por los siguientes elementos:

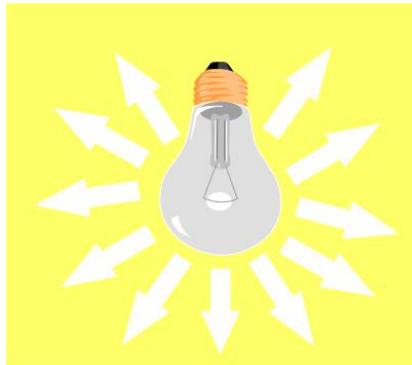
- **Lámparas.** Son las encargadas de transformar la energía eléctrica en luminosa.
- **Luminarios.** Son los gabinetes que contienen a las lámparas y en algunos casos también el balastro, además sirven para controlar y dirigir el flujo luminoso de una o más lámparas.
- **Balastros.** Son dispositivos electromagnéticos, electrónicos o híbridos, los cuales limitan la corriente de las lámparas y cuando es necesario, la tensión y corriente de encendido.
- **Dispositivos de control.** Son dispositivos tales como apagadores, fotoceldas, controladores de tiempo, sensores de movimiento, etc. Para el control de los sistemas de iluminación.

2.1.2.1. Términos para Lámparas

2.1.2.1.1. Flujo Luminoso

Es la cantidad total de luz emitida por una fuente luminosa. El lumen es la unidad para la medida del flujo luminoso. Un término importante es el de lúmenes iniciales, el cual indica la cantidad de flujo luminoso antes de las primeras 100 horas de operación.

El flujo luminoso también puede estar referido a la salida del luminario, en cuyo caso es menor debido a que el luminario absorbe una porción de la luz producida por las lámparas.

Figura 1: Flujo luminoso

Fuente: Raquel Capetillo

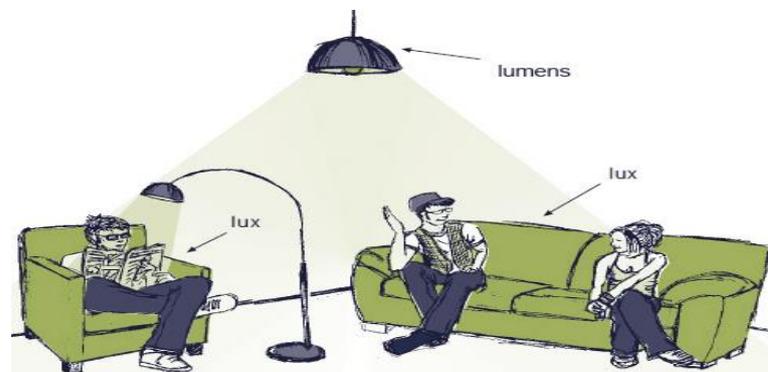
2.1.2.1.2. Nivel de Iluminación

La iluminancia o nivel de iluminación es la intensidad de luz en el plano de trabajo y se expresa como la relación entre el flujo luminoso que recibe una superficie y su área:

$$E = \frac{\varphi}{A} (Lux) \quad \dots \text{ (Ec. 01)}$$

Donde:

- E : Es el nivel de iluminación en Lux's.
- φ : Es el flujo luminoso en lúmenes.
- A : Es el área de la superficie en metros cuadrados.

Figura 2: Lumen y luxes en el ambiente

Fuente: <https://blog.ledbox.es/informacion-led/diferencias-entre-lumens-y-luxes/attachment/que-es-lux-lumen>

De acuerdo con el SI de unidades el lux se define como la iluminancia de una superficie que recibe un flujo luminoso de 1 lumen, uniformemente repartido sobre 1 m² de superficie. En otras palabras, esto quiere decir que, si un lumen incide sobre un metro cuadrado de superficie, el nivel de iluminación sobre ese metro cuadrado será de 1 lux. (sistemas de iluminacion, 2010)

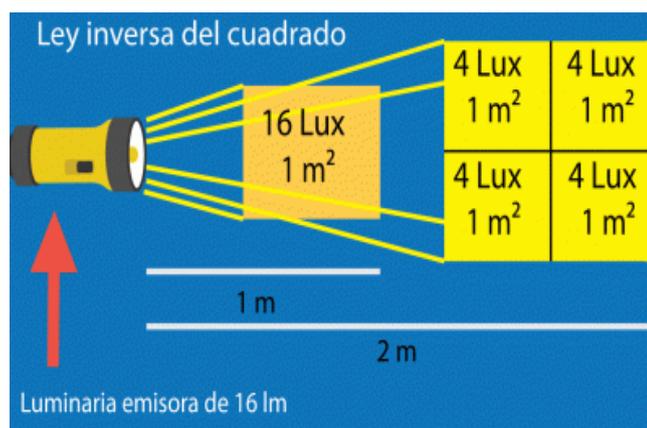
Es importante hacer notar que la iluminancia producida por una fuente luminosa disminuye inversamente con el cuadrado de la distancia desde el plano a iluminar hasta la fuente, como se aprecia en la siguiente expresión:

$$E = \frac{I}{D^2} (Lux) \quad \dots \text{ (Ec. 02)}$$

Donde:

- E : Es el nivel de iluminación en luxes.
- I : Es la intensidad luminosa (unidad es la candela).
- D : Distancia

Figura 3: Ley inversa del cuadrado



Fuente: Federico García <https://www.iluminet.com/que-es-un-lux/>

2.1.2.1.3. Temperatura de Color

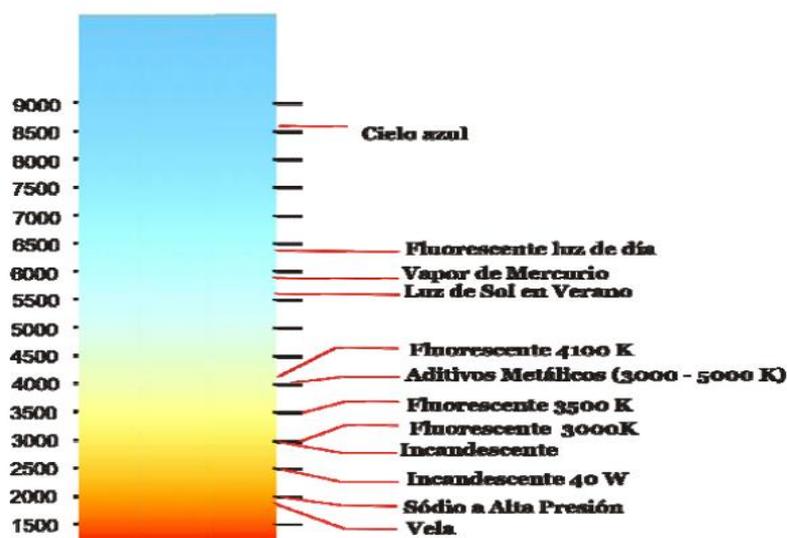
La temperatura de color de una lámpara es la medida de que tan fría o cálida es la luz emitida por esta, lo cual tiene un efecto en el aspecto del espacio a iluminar.

Un cuerpo negro emite una radiación con una cierta longitud de onda, la cual dependerá de su temperatura. Para hallar la temperatura de color de una fuente luminosa, se compara con la del cuerpo negro que presenta el mismo color que la fuente analizada. Dicho de otra forma, la tonalidad que es emitida por la lámpara es comparada con la tonalidad que adquiere el cuerpo negro patrón al variar su temperatura; cuando el cuerpo negro alcanza una tonalidad lo más parecido a la lámpara de prueba, se mide su temperatura y esta es la que se le asigna a la lámpara de prueba.

Existe una graduación de los colores en función de su temperatura de color:

- **Colores fríos.** Colores verde, azul y violeta. Sus temperaturas de color están por encima de 5000° K.
- **Colores intermedios.** Colores como el amarillo y algunas tonalidades del verde. Temperaturas de color entre 3300° K y 5000° K.
- **Colores cálidos.** Colores como rojo y naranja. La temperatura de color es inferior a los 3300° K.

Figura 4: Temperatura de color de algunas fuentes luminosas



Fuente: (*sistemas de iluminacion, 2010*)

2.1.3. Tecnología LED

Es increíble cómo el diodo emisor de luz (LED), que empezó siendo una tenue lucecita en los 60s, ha superado ya a la lámpara incandescente y fluorescente en términos de eficiencia. Cada vez nos estamos acercando más a la era del LED, usamos su luz en muchas aplicaciones y muchas más están por venir. Es por eso que, en esta ocasión, en “Explorando la Óptica” comentaremos un poco sobre la evolución del LED en iluminación (Moreno Hernandez, 2012)

2.1.3.1. Evolución de la iluminación

Basta experimentar un apagón de larga duración para que reflexionemos sobre la importancia de la luz eléctrica en nuestra vida diaria. En los últimos cien años nos hemos acostumbrado a tener siempre luz con el simple uso de un botón, tan así que es impensable su ausencia.

Desde sus orígenes el ser humano ha necesitado fuentes de luz (Fig. 5). La historia de la iluminación comienza con el uso del fuego hace unos 20 mil años. Con el tiempo

surgieron las primeras lámparas de grasa animal. Pero el progreso de la tecnología de iluminación fue lento, y no fue hasta el final de la Edad Media que aparecieron las primeras lámparas portátiles de aceite. La primera gran evolución de la iluminación se originó con la Revolución Industrial. La necesidad de extender las jornadas laborales provocó que se hicieran muchas mejoras en las lámparas de aceite. Después se crearon las lámparas de gas. Esta importante era de la iluminación termina de forma magistral con el desarrollo de la lámpara eléctrica incandescente. Desde 1802 se había demostrado que un alambre de metal emite luz al pasarle una corriente eléctrica. Pero el alambre sólo duraba un pequeño instante. Fue hasta 1879 que Edison desarrolló el primer bulbo incandescente que no se quemaba.

Figura 5: Hay una amplia variedad de fuentes de luz.



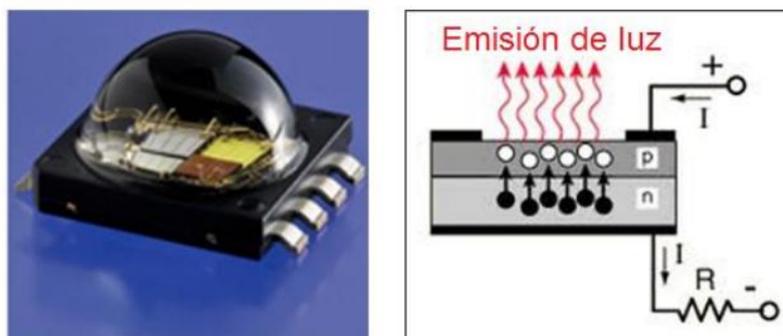
Fuente: (Moreno Hernandez, 2012)

2.1.3.2. La era del LED

La última revolución en iluminación comenzó en los 90s con el desarrollo de LEDs súper brillantes. La luz LED se genera por emisión espontánea de luz (o electroluminiscencia) cuando una corriente eléctrica fluye a través de la unión p y n de materiales semiconductores dopados (Fig. 2). Esta forma de producción de luz es extremadamente eficiente. Hoy en día se tienen eficiencias cuánticas internas cercanas al

100 por ciento. El espectro de emisión de un LED depende de la energía de banda prohibida (en inglés bandgap) del material semiconductor del cual está hecho. De esta manera, al cambiar la composición del semiconductor se puede obtener emisión de luz desde el ultravioleta hasta el infrarrojo. Por lo que casi todos los LEDs azules y verdes están hechos con compuestos de nitruro de aluminio-galio-indio (AlInGaN), y casi todos los LEDs que emiten luz roja usan compuestos de fosfuro de aluminio-galio-indio (AlInGaP).

Figura 6: Diodo emisor de luz (LED).

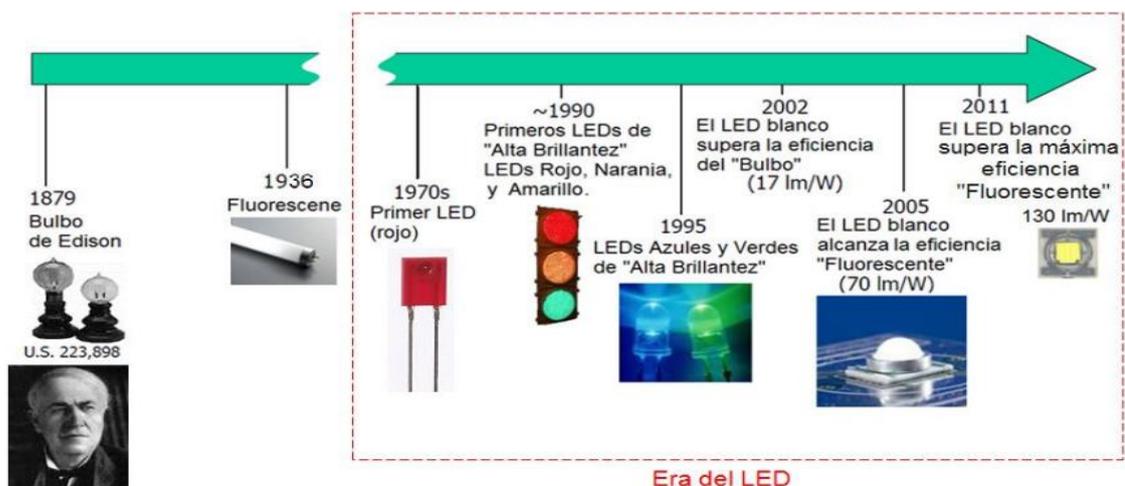


Fuente: (Moreno Hernandez, 2012)

Se podría decir que la era del LED comienza en 1962 con Nick Holonyak Jr., quien desarrolló el primer LED visible. Esos LEDs emitían una tenue luz roja. Poco después se introdujo al mercado (Fig. 3), pero el flujo luminoso era tan pequeño que sólo se usó como luz indicadora. Una fuente de luz indicadora no es para iluminar objetos, la luz que emite viaja directamente hacia el ojo humano (como la luz de relojes y calculadoras). Durante unos 20 años el LED siguió siendo una fuente de baja brillantez, hasta que en los 80s se crearon los primeros LEDs rojos de alta brillantez. Esto transformó la tenue lucecita de Holonyak, abriendo nuevas aplicaciones para los LEDs, principalmente en luces de semáforos. Pero siguieron siendo luces indicadoras. El evento decisivo sucedió en 1993 cuando Shuji Nakamura desarrolló el primer LED azul super-luminiscente. Por primera vez se podía generar luz blanca de un LED. El LED azul super-luminiscente

producía suficiente luz para excitar un recubrimiento de fósforos y con ello generar luz blanca. Así nacía una brillante esperanza, así se abría el camino a la nueva tecnología de iluminación LED, también conocida como iluminación de estado sólido. Poco tiempo después, en 1995 la compañía japonesa Nichia sacó al mercado los primeros LEDs blancos. Estos LEDs aun tenían poca eficacia luminosa (~5 lm/W), además de un muy bajo índice de reproducción de colores (CRI ~60), entre otras limitaciones. Aun así muchos empezaron a vislumbrar el gran potencial de los LEDs, y en 1999 Philips lanzó al mercado los primeros LEDs de alta potencia de 1 Watt. Rápidamente los LEDs superaron el límite de eficiencia de 17lm/W impuesto por el foco incandescente (Fig. 7). Para el 2002 Philips introdujo LEDs con eficacias luminosas de hasta 22 lm/W. El año pasado el LED venció su último reto, al superar la máxima eficacia luminosa de las lámparas fluorescentes. Lo que, junto con sus otras ventajas, coloca al LED al frente de todas las tecnologías en iluminación. Todavía quedan retos por vencer, especialmente en costo de adquisición [4]. Según tendencias y predicciones, el precio del LED bajará lo suficiente para ingresar fuertemente al mercado en el 2015 y se espera que antes del 2020 domine todos los mercados.

Figura 7: Periodos en la historia de la iluminación eléctrica.



Fuente: (Moreno Hernandez, 2012)

2.1.3.3. Ventajas del LED

Ya las comentamos hace no mucho pero nunca viene mal volver a mencionarlas. Y es que, frente a las bombillas incandescentes suponen una gran mejora, pero sobre las luces halógenas también.

- **Eficiencia energética** con un consumo de hasta un 85% menos de electricidad.
- **Mayor vida útil** pudiendo ofrecer unas 45.000 horas de uso.
- **La luz más ecológica.** No sólo por el ahorro energético sino por los componentes químicos que la forman. Nada de tungsteno o mercurio y resto de productos tóxicos.
- **Baja emisión de calor y mínimo mantenimiento.** La eficiencia energética provoca una mínima emisión de calor provocado por el desperdicio de energía para conseguir la potencia de luz deseada en las bombillas incandescente

2.1.3.4. Funcionamiento de los elementos de una luminaria LED

a) El Chip

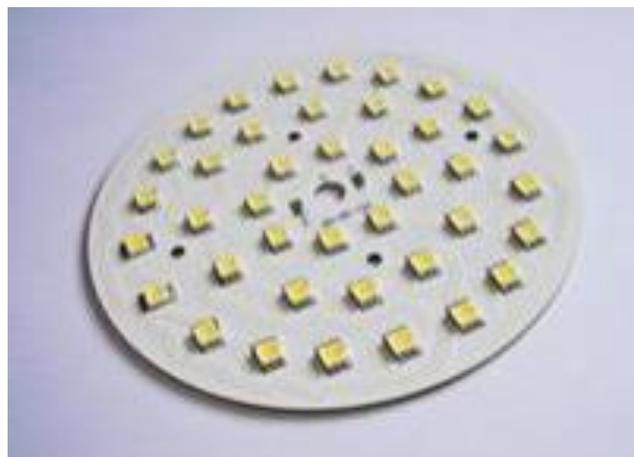
El chip es el corazón de una lámpara LED. Es una pieza de un material semiconductor (normalmente de cristales de silicio o galio) de unos 5 milímetros de grosor, capaz de generar luz cuando se le aplica corriente eléctrica. Sobre esta base de silicio se depositan en forma de capas diferentes materiales como el fósforo, cuya mezcla es la que da el color y la calidad de la luz. Usualmente el chip se protege del exterior mediante una carcasa de resina o policarbonato semirrígida. Existen en el mercado dos tipos.

Figura 8: Chip de luminaria LED.

Fuente: http://lowbill.green/index.php/calidad_led.

b) Placa Base

Es la placa de circuito impreso o PCB (Printed Circuit Board), que soporta las conexiones de los componentes electrónicos, como las conexiones del chip (normalmente mediante hilos de oro) y las vías de disipación del calor. Según el sistema de evacuación del calor utilizado puede componerse de distintas capas y materiales (principalmente aluminio y cobre además de otros materiales conductores)

Figura 9: Placa de base de luminaria LED.

Fuente: http://lowbill.green/index.php/calidad_led.

c) El Sistema de Gestión

Térmica La disipación del calor es una de las claves de la duración de un LED. Es importante explicar que los LED no emiten calor y de hecho pueden tocarse cuando están encendidos sin peligro de quemarse los dedos. Pero eso no significa que no lo generen. Es decir, el calor, al contrario que un foco incandescente, sale en la dirección contraria a la luz, lo que influye en la duración y funcionamiento de la lámpara LED. Por este motivo es necesario disipar ese calor, ya que hasta el 70% de la energía puede llegar a perderse.

Figura 10: Sistema de gestión térmica de luminaria LED.



Fuente: http://lowbill.green/index.php/calidad_led.

d) Lente Óptico

La óptica secundaria es el conjunto de lentes exteriores que determinan la distribución de la luz emitida por el LED. La norma y composición de las lentes que forman la óptica secundaria puede variar en función de las necesidades de iluminación y distribución de la luz que se requieran. De esta forma, según la forma de la lente, el haz de luz puede hacerse converger o divergir. Es decir, el ángulo de luz puede ser grande o pequeño dependiendo del lente óptico que utilice la luminaria LED.

Figura 11: Lente óptico de luminaria LED.

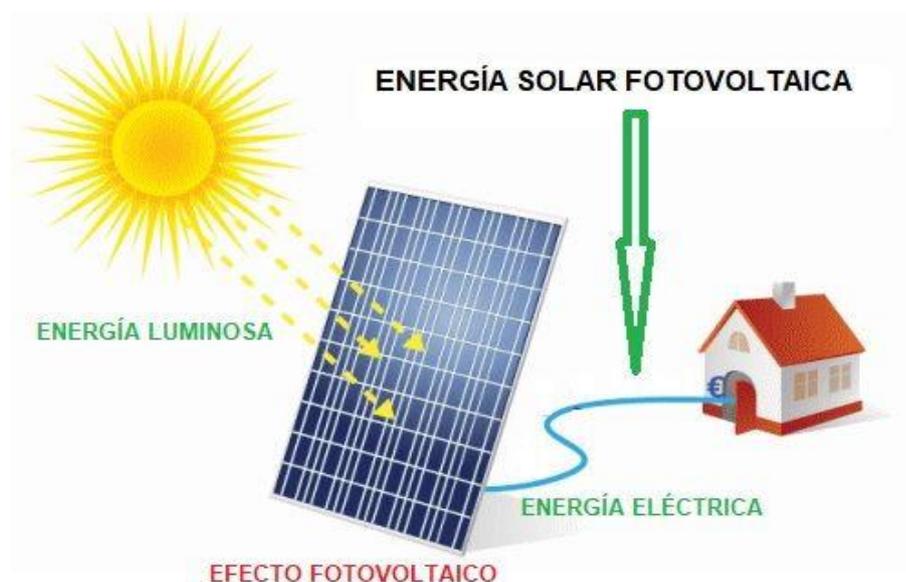
Fuente: http://lowbill.green/index.php/calidad_led

2.1.4. Sistemas fotovoltaicos

2.1.4.1. Energía solar

La Energía solar es la que llega a nuestro planeta Tierra en forma de radiación electromagnética procedente del Sol (luz y calor). Esta energía la podemos aprovechar para convertirla en energía eléctrica u otro tipo de energía útil.

La Energía Solar Fotovoltaica es la energía obtenida por la conversión directa de la luz solar en electricidad. Es la energía solar convertida en energía eléctrica por medio de las placas o paneles solares fotovoltaicos. (ORBEGOZO & ARIVILCA, 2017)

Figura 12: Energía Solar Fotovoltaica

Fuente: <http://www.areatecnologia.com/energia-solar-fotovoltaica.htm>

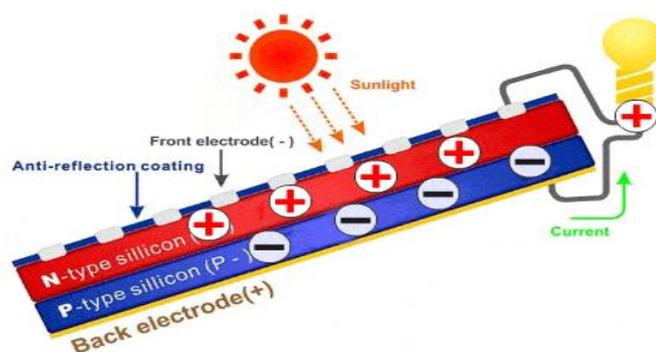
Este tipo de energía explota directamente nuestra mayor fuente de energía renovable, el Sol. Es una energía limpia, barata, renovable y mientras tengamos Sol es inagotable.

2.1.4.2. El efecto fotovoltaico

Una de las principales aplicaciones del efecto fotoeléctrico es el efecto fotovoltaico, de hecho, muchas veces la gente habla de uno u otro como si fueran lo mismo, pero realmente no lo son.

Podemos decir que el efecto fotovoltaico es un proceso del efecto fotoeléctrico, es cuando gracias al efecto fotoeléctrico conseguimos generar corriente eléctrica, por ejemplo en una celda solar o en los paneles solares (ORBEGOZO & ARIVILCA, 2017)

Figura 13: Esquema del efecto FV



Fuente: <http://www.areatecnologia.com/electricidad/efecto-fotoelectrico.html>

El efecto fotoeléctrico produce electrones libres (cargas) y el efecto fotovoltaico produce corriente eléctrica gracias a esos electrones libres liberados mediante el efecto o proceso fotoeléctrico.

Los elementos para producir el efecto fotovoltaico son las placas o celdas solares que son semiconductores P y N unidos (unión PN). Si quieres saber más sobre esto sigue el enlace anterior donde pone paneles solares.

La eficiencia de las celdas solares es determinante para reducir los costos de los sistemas fotovoltaicos, ya que su producción es la más cara de todo el sistema. El Cuadro 01 muestra un panorama de las eficiencias alcanzadas en diversos tipos de celdas.

En el Perú, las principales tecnologías que se comercializan son: Módulos de silicio monocristalino, policristalino y películas delgadas de silicio amorfo. (GERENCIA ENERGETICA, 2017)

Tabla 2.1: Tecnologías importantes de celdas solares

| Tecnología | Símbolo | Características | Eficiencia de celdas en laboratorio (%) | Eficiencia típica en módulos comerciales (%) |
|--|---------|-------------------------------|---|--|
| Silicio monocristalino | sc-Si | Tipo oblea | 24 | 13 - 24 |
| Silicio policristalino | mc-Si | Tipo oblea | 19 | 12 - 14 |
| Películas de silicio cristalino sobre cerámica | f-Si | Tipo oblea | 17 | (8 - 11) |
| Películas de silicio cristalino sobre vidrio | | Película delgada | 9 | |
| Silicio amorfo (incluye tandems silicio-germano) | a-Si | Película delgada | 13 | 6 - 9 |
| Diseleniuro de cobre-indio / galio | CIGS | Película delgada | 18 | (8 - 11) |
| Telurio de cadmio | CdTe | Película delgada | 18 | (7 - 10) |
| Celdas orgánicas (incluye celdas de TiO ₂ sensibles a la humedad) | | Película delgada | 11 | |
| Celda tandem de alta eficiencia | III-V | Tipo oblea y película delgada | 30 | |
| Celdas concentradoras de alta eficiencia | III-V | Tipo oblea y película delgada | 33 (Tándem) 28 (solo) | |

FUENTE: Green y otros, 1999.

2.1.4.3. Posibilidades y limitaciones

Una de las restricciones más importantes es el precio. Eso es lo que la mayoría de la gente piensa. Esta tesis pretende demostrar que el precio no es el único punto

importante. A veces la confiabilidad, seguridad o confort pueden ser buenas razones para pagar más por un sistema fotovoltaico.

Tabla 2.2: Panorama general de potencial y limitaciones del sistema FV

| Sector | Potencial | Limitación | Resultados |
|---------------------------|---|---|---|
| Equipo e inversión | Flexibilidad: facilidad de aumentar de pocos a más watts pico (Wp) | Gastos elevados de inversión por unidad (Wp) | Los sistemas fotovoltaicos son competitivos sobre todo en el rango de poco consumo de energía en zonas alejadas sin electricidad. Necesidades de sistemas de financiación (debido a poca disponibilidad de capital en las zonas rurales) |
| Operación y mantenimiento | Fiabilidad: pocos gastos y poca necesidad de mantenimiento y supervisión | Necesidades de respaldo o almacenamiento para uso nocturno y en días nublados. Las baterías es el punto débil de los sistemas FV | Los sistemas FV a menudo son competitivos por la relación de su costo y duración |
| Organización | Integración fácil en paquetes de consumo adaptados a las necesidades del usuario | Una mayor participación del usuario es mas necesario en los proyectos de energía FV que en los de extensión de la red eléctrica | Necesidad de introducir cambios institucionales en el sector eléctrico para proyectos de electrificación rural con sistemas FV |
| Consecuencias | No perjudicar al ambiente, emiten poco CO2 y otros gases, en comparación con los sistemas que consumen combustibles fósiles | La eliminación de baterías es un aspecto ambiental importante | Posible financiamiento conjunto de los programas interesados en el cambio climático |

FUENTE: Encuesta de la FAO y revisión bibliográfica de los autores

2.1.4.4. Unidades en energía solar

La radiación solar, la potencia solar, así como muchas otras variables pueden medirse en diversos tipos de unidades. En el siguiente cuadro se da una visión general de

las diferentes unidades comúnmente utilizadas y se dan sus factores de conversión.

(INSTALCION SOLAR FOTOVOLTAICA)

Tabla 2.3: Unidades utilizadas en energía solar fotovoltaica

| Unidad | Explicación | Conversión |
|----------------------|---|----------------------|
| Potencia solar | | |
| Wp | Watt pico | - |
| W | Watt | - |
| KM | Kilowatt (1000W) | - |
| W/m ² | Watt por metro cuadrado | - |
| Energía solar | | A KWh/m ² |
| KWh/m ² | KWh por metro cuadrado | 1 |
| KJ/cm ² | KJ por centímetro cuadrado | 2.778 |
| MJ/m ² | Mj por metro cuadrado | 0.2778 |
| KCal/cm ² | 1000 calorías por centímetro cuadrado | 11.67 |
| Btu/ft ² | Unidades térmicas británicas por pie cuadrado | 0.0428 |
| Langley | Caloría por centímetro cuadrado | 0.0116 |

FUENTE: Green y otros

Cuando queremos comprar un módulo FV, lo que debemos indicarle al proveedor es la potencia que necesitamos. la potencia eléctrica de un módulo FV se expresa en Watt Pico (Wp). Esta medida nos dice que, en un día despejado y soleado, a las 12 del medio día, un módulo de Wp produce 50W a luz solar plena, indiferentemente de dónde sea instalado. Esta potencia es medida en los laboratorios del fabricante y debe garantizar ese valor.

2.1.4.5. Inclinación y orientación

Muchos de los módulos FV están inclinados para colectar mayor radiación solar. La cantidad óptima de energía se colecta cuando el módulo está inclinado en el mismo ángulo que el ángulo de latitud.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que el ángulo mínimo de inclinación debería ser de por lo menos 15° para asegurar que el agua de las lluvias drene fácilmente, lavando el polvo al mismo tiempo. A latitudes mayores (> 30° Norte o Sur), los módulos a veces

están más inclinados sobre el ángulo de latitud para tratar de nivelar las fluctuaciones por estaciones.

Los módulos deben estar inclinados en la dirección correcta. Esto significa: en el hemisferio sur, los módulos están mirando exactamente hacia el Norte y en el hemisferio norte, los módulos están mirando hacia el Sur. Para saber dónde se encuentra el Norte y el Sur, se debe utilizar una brújula.

Por supuesto, algunas veces hay circunstancias locales que impiden la correcta colocación de los módulos.

Por ejemplo, los módulos deben acoplarse sobre un techo inclinado que no tiene la inclinación adecuada y que no está mirando exactamente al sol.

En países cercanos al ecuador, las consecuencias de desviaciones de las inclinaciones óptimas son poco importantes. El ángulo de inclinación es pequeño, así que los módulos FV normales (normal = línea haciendo ángulo de 90° con el módulo) nunca se desvían mucho del ángulo promedio de incidencia sobre la radiación solar (que está cercana al Cenit sobre la superficie de la tierra). Aun así, de ser posible, es mejor dejar que los módulos miren al sol.

2.1.4.6. Sombras y reflejos

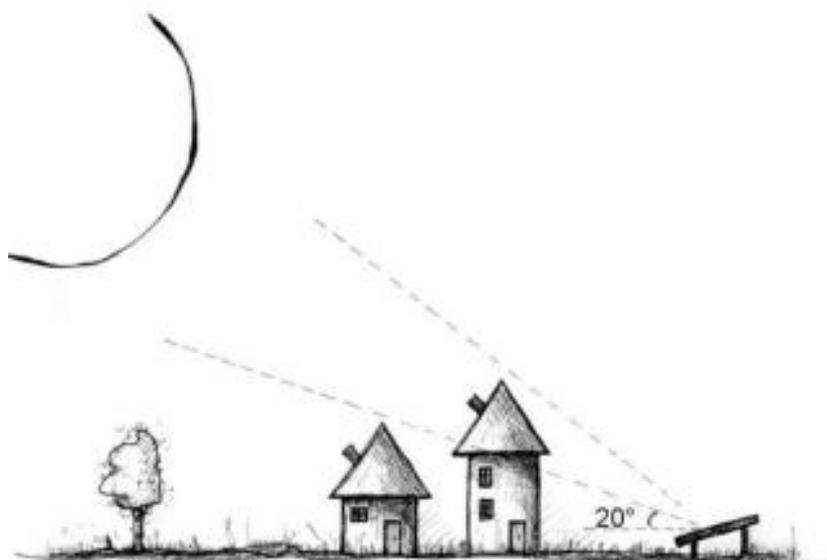
Es obvio que deben evitarse las sombras lo más posible. ¿Pero cuál es exactamente la influencia de un pequeño árbol al Este de un módulo FV?, ¿un edificio alto a 100 metros?, ¿o una pared detrás de los módulos?

Primero, uno debe considerar que la sombra puede crear problemas con puntos calientes. Suponga, que, de una serie de celdas, una está en la sombra y las otras están en el sol. Las celdas que están en el sol producen corriente eléctrica que debe correr también

por la celda que está en la sombra, la cual está actuando como una gran resistencia. Esta celda puede calentarse mucho por ese efecto.

En segundo lugar, cualquier sombra tiene su influencia negativa sobre el rendimiento de un sistema solar. Así que aún un árbol pequeño (además del hecho de que árboles pequeños se convierten en árboles grandes) puede tener una influencia sustancial sobre el rendimiento si está justo en el lugar equivocado. Como regla, la influencia de objetos en los alrededores puede descuidarse cuando el ángulo de la línea desde el módulo fotovoltaico hasta la cima del objeto con la horizontal es menor a 20° , así como lo muestra la siguiente figura.

Figura 14: Sistema solar y algunos obstáculos bajos



Fuente: Carlos Orbegoso

2.1.5. Componentes de un sistema solar fotovoltaico domiciliario

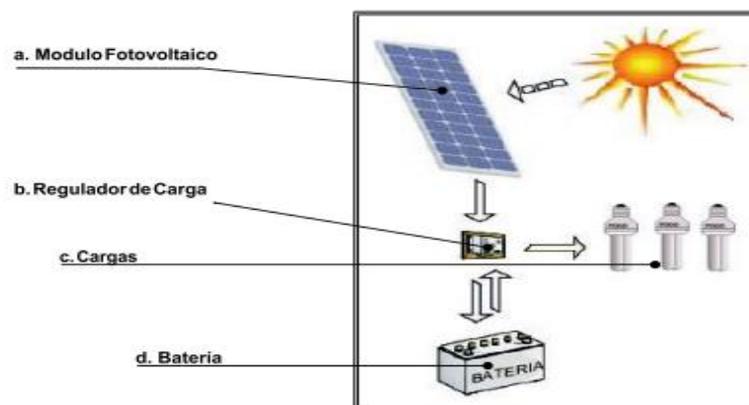
El Sistema fotovoltaico domiciliario (SFD), produce energía eléctrica directamente de la radiación solar. La función básica de convertir la radiación solar en electricidad la realiza el módulo fotovoltaico. La corriente producida por el módulo fotovoltaico es

corriente continua a un voltaje que generalmente es de 12V (Voltios), dependiendo de la configuración del sistema puede ser de 24V ó 48V. (GERENCIA ENERGETICA, 2018)

La energía eléctrica producida se almacena en baterías, para que pueda ser utilizada en cualquier momento, y no sólo cuando está disponible la radiación solar. Esta acumulación de energía debe estar dimensionada de forma que el sistema siga funcionando incluso en periodos largos de mal tiempo y cuando la radiación solar sea baja (por ejemplo, cuando sea un día nublado). De esta forma se asegura un suministro prácticamente continuo de energía.

El regulador de carga es el componente responsable de controlar el buen funcionamiento del sistema evitando la sobrecarga y descarga de la batería, proporcionando alarmas visuales en caso de fallas del sistema. Así se asegura el uso eficiente y se prolonga su vida útil.

El Sistema Fotovoltaico Domiciliario (SFD) permite la alimentación autónoma de equipos de iluminación, refrigeradores de bajo consumo, radio, televisor. Garantizando un servicio de energía eléctrica ininterrumpido, de larga vida útil y con el mínimo mantenimiento. Este sistema está conformado básicamente de un módulo fotovoltaico (generador fotovoltaico), una batería (sistema de acumulación), un regulador de carga (equipo de control) y las cargas en corriente continua (luminarias, Televisor, etc.). A estos elementos hay que añadir los materiales auxiliares de infraestructura (cables, estructuras soporte, etc.). (GERENCIA ENERGETICA, 2018)

Figura 15: Componentes de un SFD Básico

Fuente: Carlos Orbegoso

2.1.5.1. Módulo fotovoltaico

Es un conjunto de celdas fotovoltaicas que sirven para transformar la radiación solar (luz solar) en energía eléctrica.

Genera un voltaje y corriente requeridos por las cargas. Esta energía es de 12V DC (voltaje de corriente continua) para el uso de diferentes equipos, como radio grabadoras, lámparas, bombas de agua, televisores, etc.

Si se utilizan artefactos eléctricos estándar, es necesario cambiar 12V DC a un voltaje mayor de corriente alterna 220V AC, que es el voltaje que utilizamos en las zonas urbanas.

Todas las características básicas de un módulo fotovoltaico están señaladas bajo condiciones estándar (Radiación = 1 000 W/m², T = 25 °C):

- ✓ Potencia Pico [Wp] = Máxima salida de potencia en Watts pico (por ejemplo: 36Wp).
- ✓ Corriente de corto circuito[A] = Corriente entre los polos conectados de un módulo (por ejemplo: 2.31A para un módulo de 36 Wp).

✓ Tensión de circuito abierto[V] = Voltaje entre los polos de un módulo

Figura 16: Tipos de módulos fotovoltaicos monocristalinos y policristalinos



Fuente: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/tipos-de-paneles-solares-fotovoltaicos/>

2.1.5.1.1. Paneles solares monocristalinos

Las células de silicio monocristalino se fabrican a partir de Ingots (bloques de silicio cilíndricos). Se cortan los cuatro lados del cilindro, con lo que se derrocha abundante silicio y se hacen láminas con bordes redondeados. Por tanto, los cristales tienen una pureza elevada, lo que provoca que el rendimiento de cada celda aumente. (ORBEGOZO & ARIVILCA, 2017)

2.1.5.1.2. Paneles solares policristalinos

El proceso es diferente, se funde en bruto (con impurezas) el silicio y a continuación, se vierte en un molde cuadrado. Como resultado, las láminas son todas perfectamente cuadradas. Al tener impurezas, se forman policristales que disminuyen la eficiencia

¿Cómo podemos saber, a primera vista, si un módulo FV está compuesta de silicio monocristalino o policristalino?

La superficie de silicio monocristalino es completamente negra o, en algunos casos, completamente azul oscuro (figura de la izquierda), mientras que el silicio policristalino presenta zonas negras y otras azules de diferentes tonalidades.

2.1.5.2. Regulador de carga (Controlador de carga)

Este componente tiene la finalidad de producir el acople correcto entre el módulo, la batería y la carga (TV, DVD, radio, lámparas, etc.). En general cumple las siguientes funciones:

- Dirige la electricidad generada en los módulos FV hacia el uso final si el tiempo de demanda de electricidad coincide con las horas de sol.
- Dirige la electricidad generada en los módulos FV hacia la batería, en caso que haya un exceso de potencia solar (la potencia generada es mayor que la demanda de potencia).
- Impide daños en los cables y evitar cortocircuitos en todo el SFD.
- Hace que la batería dure más tiempo.
- Protege y sirve para impedir la eventual corriente que pueda fluir de la batería hacia el módulo en periodos sin sol.
- Proteger la(s) batería(s) de los riegos de sobrecarga y descarga profunda, regulando la entrada de corriente proveniente del módulo a la batería y la salida de corriente de la batería a la carga (aparatos, equipos), evitando que la batería se sobrecargue o que trabaje con voltajes por debajo de lo permitido.

Figura 17: Regulador o controlador de carga

Fuente: <https://www.ase-energy.com/regulateur-solaire-victron-bluesolar-pwm-10a,fr,4,REGVIC10A.cfm>

Para elegir una unidad de control, deberás observar varios aspectos técnicos. Las características principales de la unidad son:

- Máxima corriente aceptada, proveniente de los módulos FV (por ejm: 5 A)
- Máxima corriente de suministro a la batería (por ejm: 5 A)
- Indicador de bajo voltaje de la batería (por ejm: LED)
- Indicador de carga solar (por ejm: LED)
- Voltaje de entrada de carga de batería (Depende del tipo de batería. Para una batería sellada, será de 13.3 - 14.0V)
- Voltaje de entrada de descarga (para una batería sellada, entre 11.4 y 11.9V)
- Tipo de regulación (estado sólido y con un relay)
- Dispositivo de reseteo (automático o manual)
- Protección eléctrica (fusibles para cortocircuito o iluminación)
- Protección contra polaridad inversa (fusible o diodo bloqueador)
- Voltajes de entrada regulables
- Su carcasa debe ser a prueba de agua (IP 10 o más)

Debe haber suficiente enfriamiento y ventilación para evitar el recalentamiento de los componentes. Las conexiones a la unidad de control deben hacerse de tal manera que los usuarios menos capacitados no puedan cometer errores fatales.

Finalmente, otro aspecto de las unidades de control modernas es el MPPT o máxima potencia del punto de tracción. Esto significa que el controlador determina el punto óptimo de trabajo de la curva FV.

2.1.5.3. Baterías solares

- La batería es uno de los componentes más importantes del sistema; tiene como función almacenar la electricidad generada por el módulo y suministrarla a los equipos cuando lo necesiten.
- Están diseñadas únicamente para utilizarla en sistemas fotovoltaicos.
- Es necesario proteger la batería colocándola sobre una base de madera e instalarla en un lugar protegido, ventilado y donde no le llegue el sol.

Figura 18: Tipos de baterías solares



Fuente: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/cuales-son-los-nyos-de-vida-de-cada-bateria-solar_1

2.1.5.3.1. La acumulación de la energía sirve para:

- Almacenar el excedente producido en el día, para ser consumido en la noche.

- Tener una reserva que permite sobre pasar sin problemas varios días sucesivos de baja insolación (días nublados)

2.1.5.3.2. Capacidad de almacenamiento

Se denomina capacidad a la cantidad de energía que una batería puede almacenar. Por ejemplo, un tanque de agua con una capacidad de 8000 litros puede almacenar como máximo 8000 litros. Del mismo modo, una batería sólo puede almacenar una cantidad fija de energía eléctrica que por lo general figura en la parte exterior de la batería.

2.1.5.3.3. Carga, descarga y estado de carga

La corriente de carga es la corriente eléctrica de la que está provista una batería y que está almacenada en ella. Así como toma más o menos tiempo llenar un tanque de agua, dependiendo de la velocidad con que ingrese el agua, así el tiempo requerido para cargar completamente una batería depende de la magnitud de la corriente con la cual se carga.

Se puede determinar aproximadamente la cantidad de energía recibida por una batería (Q , en amperios horas), multiplicando la corriente de carga (I , amperios) por el tiempo de carga (T , en horas):

$$Q(\text{cant. de carga en Ah}) = I(\text{corriente de carga en A}) \times T(\text{tiempo en h})$$

Si se multiplica esta fórmula (Q) por el voltaje de batería, se obtendrá la cantidad de energía suministrada a la batería, expresada en watts-hora.

Descarga es el estado de la batería cuando su energía está usada por una carga (por ejemplo, luces, radio, TV o bombas de agua). La corriente de descarga representa la velocidad a la que se sustrae corriente de la batería. Si desea, puede calcular la cantidad

de energía extraída de una batería durante un periodo de tiempo (como en el caso del cargado de energía), multiplicando la corriente de descarga por el tiempo de uso de la carga.

Una lámpara que consume 1.2A utiliza, para cuatro horas, 4.8Ah de energía de una batería, o sea: $1.2 \text{ amperios} \times 4 \text{ horas} = 4.8 \text{ amperios-horas}$.

El estado de carga representa la cantidad de energía restante en la batería. Éste indica si una batería está completamente cargada, cargada a medias o completamente descargada. En el caso de una batería de plomo-ácido, es posible medir su estado de carga utilizando un higrómetro o un voltímetro.

2.1.5.3.4. Ciclo, ciclo de vida y profundidad de descarga

En un SFD, una batería se carga diariamente mediante un módulo FV y luego se descarga debido al uso durante la noche y la madrugada. Un periodo de carga junto con su correspondiente periodo de descarga, conforman lo que llamamos un ciclo. Por ejemplo, en un ciclo, una batería de 100Ah podría cargarse hasta un 95% de su capacidad durante el día y luego descargarse a un 75% de su estado de carga durante la noche, debido al uso de las luces y de la TV.

El ciclo de vida de una batería es el número estimado de ciclos de duración de una batería. La mayoría de baterías tienen un ciclo de vida de varios miles de ciclos; las baterías de níquel-cadmio tienen un ciclo de vida más largo que el de las baterías de plomo-ácido. El ciclo de vida promedio de una batería (el cual debe ser especificado por el fabricante o el distribuidor) es el número estimado de ciclos de duración de una batería antes de que su capacidad disminuya a un 80% de su capacidad nominal. El ciclo de vida real se acorta debido a descargas profundas, alta temperatura, falta de mantenimiento, y

demasiadas descargas a alta velocidad. Esto es típico durante largos periodos nublados, o cuando la carga es mucho mayor que la entrada de sol.

2.1.5.3.5. Auto descarga

Si permanecen constantemente descargadas, las baterías perderán su carga lentamente mediante un proceso llamado autodescarga. La autodescarga es el resultado de una reacción química ocurrida dentro de las celdas de la batería. El porcentaje de descarga de una batería depende de la temperatura del ambiente y del tipo de batería (es decir, aquellas baterías con gran acumulación de ácido en la superficie tienden a tener un porcentaje de auto descarga más alto). El clima cálido aumenta el porcentaje de autodescarga. Por lo general, las baterías nuevas no se descargan más de un 5% al mes. Sin embargo, en climas cálidos, las baterías de plomo-ácido usadas pueden perder hasta un 40% de su capacidad al mes, si no se les carga regularmente. Por lo tanto, para evitar altos porcentajes de descarga, deberá:

1. Guardar la batería en una caja de madera o en una bandeja no metálica.
2. Mantener limpia la parte superior de la batería.
3. Mantener los terminales limpios y engrasados.

2.1.5.3.6. Tipos de batería

Las baterías solares han sido especialmente diseñadas para usos con módulos FV, con el fin de superar los problemas del uso de baterías convencionales. Entre sus características podemos mencionar:

- Un buen ciclo de vida, es decir, entre 1,000 y 2,000 ciclos (entre 3 y 6 años), en caso de que las baterías no pasen por ciclos profundos muy a menudo.
- Un porcentaje de autodescarga bajo, entre 2% y 4% al mes.

- Un gran depósito de electrolito para evitar daños por causa de exceso de gasificación y para disminuir la necesidad de agregar agua destilada.

Las baterías selladas cuentan con un electrolito no líquido, que termina con los problemas de pérdida de agua a través de gasificación. Las baterías son selladas en la fábrica, por lo que no gotean ni derraman líquido, y a su vez, son de fácil transporte y requieren menor mantenimiento.

2.1.5.4. Cables eléctricos

Los cables utilizados en un sistema FV están cuidadosamente diseñados. Como el voltaje en un sistema FV es voltaje bajo: 12V ó 24VCC, las corrientes que fluirán a través de los cables son mucho más altas que las de los sistemas con voltaje de 110 ó 220VCA. La cantidad de potencia en watts producida por la batería o módulo FV está dada por la siguiente fórmula:

$$P = U \times I(\text{watts}) \quad \dots \text{(Ec. 03)}$$

Donde:

- U = es la tensión en Voltios (V)
- I = es la corriente en Amperios (A).

Para suministrar una potencia a 12V, significa que la corriente será casi 20 veces más alta que en un sistema de 220 V. Esto quiere decir que deben usarse cables mucho más gruesos para impedir el recalentamiento e incluso la quema de los cables.

El tamaño de los cables lo mostramos en el siguiente cuadro, la corriente máxima que puede fluir sin recalentar el cable y la cantidad de potencia que puede producirse a diferentes voltajes.

Tabla 2.4: Tamaño de los cables, corriente máxima y potencia

| Tamaño de cable corte de área seccional (mm ²) | Corriente máxima (A) | Potencia generada (W) | | |
|--|----------------------|-----------------------|------|-------|
| | | 12V | 24V | 220V |
| 1.0 | 10 | 120 | 240 | 2200 |
| 1.5 | 15 | 180 | 360 | 3300 |
| 2.5 | 20 | 240 | 480 | 4400 |
| 4.0 | 30 | 360 | 720 | 6600 |
| 6.0 | 35 | 420 | 840 | 7700 |
| 10.0 | 50 | 600 | 1200 | 11000 |
| 16.0 | 70 | 840 | 1680 | 15400 |
| 25.0 | 90 | 1080 | 2160 | 19800 |

FUENTE: Carlos Orbegoso

2.1.5.5. Estructuras de soporte

Como los módulos solares deben mirar al sol sin interferencia de obstáculos en los alrededores, los módulos generalmente están colocados en una posición alta, sobre un techo o un poste.

Figura 19: Tipos de soporte



Fuente: <https://monseg.com/accesorios-y-montajes/1969-sspblv3-montaje-de-poste-para-celdas-solares-prose-y-wk.html>

Cuando los módulos se colocan sobre un techo hay varias soluciones. Primeramente, el módulo puede ser montado sobre una estructura inclinada ya existente, si la orientación de la caída del techo es cercana a la óptima. El techo debe ser lo suficientemente fuerte para soportar el peso extra de los módulos, o más importante, el peso extra del viento. Las penetraciones para cables deben ser impermeables.

En segundo lugar, existe la posibilidad de integrar módulos al techo. Esto significa que los módulos actuarán como parte del tejado y que los materiales del techo como las tejas se ahorran. Los módulos ya son bastante fuertes a prueba de agua, entonces para qué desperdiciar materiales de construcción. Otra ventaja es que la carga del viento se disminuye cuando los módulos están colocados en el techo más que sobre el techo. En tercer lugar, los módulos pueden colocarse en un techo plano sobre un marco que lo soporte. El marco está hecho de metal y fijado al techo (con pernos grandes) o se hacen lo suficientemente pesados utilizando concreto. La ventaja es que se puede escoger cualquier dirección e inclinación, pero, claro, el marco aumenta los costos del sistema

2.1.6. Dimensionamiento de los Sistemas Solares Fotovoltaicos

El dimensionamiento del sistema FV consiste en determinar su capacidad para satisfacer la demanda de energía de los usuarios. En zonas rurales y aisladas, donde no existen sistemas auxiliares, el sistema FV debe poseer una alta confiabilidad. Debido a que un sistema es un conjunto de componentes, cada uno de ellos debe ser tan confiable, que no ponga en peligro al sistema. El método de dimensionamiento se fundamenta en el balance de energía

$$***Energía Generada = Energía Consumida + Perdidas Propias del Sistema FV***$$

Figura 20: Diagrama de flujo de un proyecto FV

Fuente: Roberto Arivilca

Los requerimientos del usuario son el punto de partida de todo ciclo. En el caso de la energía renovable esto no es diferente. Junto con las condiciones climáticas, que ya han sido discutidas con detenimiento en la sección de recursos de energía solar, un sistema puede diseñarse exactamente para satisfacer las necesidades del usuario a los más bajos costos. (ORBEGOZO & ARIVILCA, 2017)

Después de que el sistema se ha diseñado y se ha determinado su tamaño, el usuario debe ser instruido en cómo operar y dar mantenimiento a su sistema. Para esto debe dársele un entrenamiento rápido, pero sencillo, y completo junto con un manual con texto y diagramas fáciles de comprender.

2.1.6.1. Descripción del método simplificado

Tradicionalmente, el método simplificado de dimensionado se ha basado en un balance energético diario en las condiciones más desfavorables. Ahora bien, la experiencia muestra que es más conveniente realizar un balance de carga (Ah/día), en vez de energía (Wh/día) ya que la batería tendrá una tensión variable a lo largo del mismo dependiendo de su estado, y, consiguientemente, haciendo un balance en Amperios-hora generados y consumidos, evitamos el error derivado de la variación de la tensión de funcionamiento del sistema. Este método utiliza valores medios mensuales diarios de radiación global y de la carga. En este caso se considerarán sólo los valores correspondientes al mes más desfavorable en la relación carga/radiación.

Además, hay que definir el número máximo de días de autonomía previstos para la instalación, en función de:

1. Características climáticas de la zona
2. El uso o finalidad de la instalación

2.1.6.2. Cálculo del consumo de energía

Conceptualmente, el cálculo de la energía de consumo necesaria diariamente (Wh/día), E_t , es sencillo, pues basta con multiplicar la potencia (W) de cada una de los equipos que se dispone (luces, televisores, videos, ordenadores, etc.) por el número de horas de su utilización respectivamente (h/día). Es claro que este último parámetro se ve afectado por muchos factores tales como el número de usuarios, sus actividades, costumbres y entorno socioeconómico, la época del año, etc. que resultan de difícil predicción pero que habrá que estimar en base a la experiencia y los datos que se dispongan. Para estimar la carga de consumo diaria (Ah/día), L_t , únicamente habrá que

dividir la energía de consumo diaria (Wh/día) por la tensión nominal del sistema (V_n), o bien realizar los cálculos anteriores en función de la corriente de consumo de cada equipo (A) en vez de la potencia (W).

La carga real necesaria a suministrar por el sistema fotovoltaico, L , se calcula teniendo en cuenta las eficiencias y pérdidas de los distintos subsistemas que intervienen en el sistema fotovoltaico,

$$L = L_{dc} + \frac{L_{ac}}{\eta_{inv}} \quad \dots \text{ (Ec. 04)}$$

Donde:

- L : carga real necesaria (Ah/día)
- L_{dc} : cargas en corriente continua (Ah/día)
- L_{ac} : cargas en corriente alterna (Ah/día)
- η_{inv} : eficiencia media del inversor

2.1.6.3. Cálculo del generador fotovoltaico

La potencia pico del generador fotovoltaico se determinará teniendo en cuenta la radiación total diaria incidente sobre la superficie de los módulos, $G_{dm}(\beta)$, y el rendimiento global de la conversión fotovoltaica en el que se incluye las pérdidas por conexiones, dispersión de parámetros, efecto de la temperatura, acumulación de suciedad en la superficie de los módulos, etc.

El cálculo del número de módulos viene dado por la expresión:

$$N = N_{PP} \times N_{PS} \quad \dots \text{ (Ec. 05)}$$

$$N_{PS} = \frac{V_{ng}}{V_{np}} \quad \dots \text{ (Ec. 06)}$$

$$N_{pp} = \frac{L}{I_m \times G} \quad \dots \text{ (Ec. 07)}$$

Donde:

- N_{ps} : N.º de módulos asociados en serie para trabajar a la tensión nominal del sistema.
- N_{pp} : N.º de módulos asociados en paralelo para entregar la intensidad adecuada de energía.
- V_{ng} : Tensión nominal de la instalación.
- V_{np} : Tensión nominal del módulo: 12VDC (24VDC en casos especiales).
- L : Energía real a suministrar (Ah)
- I_m : Valor medio que toma la intensidad en el rango de tensión de trabajo, desde el punto de máxima potencia al de corto circuito.
- $G_{dm}(\beta)$: Radiación global diaria media mensual sobre el plano inclinado en el "peor mes"

2.1.6.4. Cálculo de la batería

Para el cálculo de la batería es necesario estimar el número de días de autonomía requerido en la instalación, d , que evidentemente dependerá del número de días seguidos sin sol que pueden darse en la ubicación de la misma (nubosidad local).

El sistema de acumulación, en Ah, vendrá determinado por la expresión:

$$C_{Ah} = \frac{L \times d}{P_d} \quad \dots \text{ (Ec. 08)}$$

Donde:

- C : Capacidad de la batería (Ah).

- L : Carga real de consumo (Ah/día)
- d : Días de autonomía de la instalación. Este parámetro viene fundamentalmente determinado por las características climatológicas de la zona y el uso o finalidad de la aplicación. La recomendación mínima es de unos 3 días.
- P_d : Profundidad de descarga máxima de trabajo. Dependiendo de la tecnología de la batería este parámetro varía entre 0,5 para baterías de automoción, 0,6 para baterías de placa plana espesas y 0,8 para baterías tubulares o de varilla.

Las baterías no deberían ser descargadas en más del 60%, de lo contrario su tiempo de vida disminuirá demasiado.

2.1.6.5. Calculo del regulador de carga

En cuanto al regulador de carga, su elección se realizará en función de la aplicación, la tensión nominal del sistema y la corriente máxima de generación.

La corriente en operación continua que debe ser soportada por el controlador de carga, será como máximo la intensidad de cortocircuito de los módulos multiplicado por el número de módulos en paralelo.

$$I_{mg} = N_{pp} \times I_{cc} \quad \dots \text{ (Ec. 09)}$$

Donde:

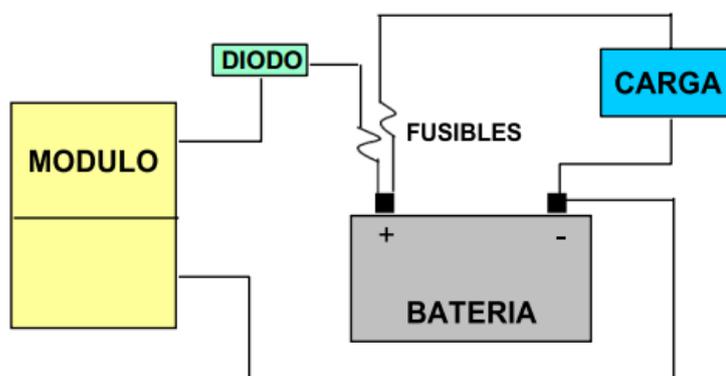
- I_{mg} : Intensidad máxima a soportar en régimen nominal por el regulador.
- N_{pp} : Número de módulos en paralelo que constituyen el generador fotovoltaico.

- I_{cc} : Intensidad de cortocircuito del módulo fotovoltaico.

2.1.6.6. Correcta disposición del cableado

Para realizar un correcto cableado, se debe elaborar un diagrama eléctrico unifilar, en donde se representan todas las partes que componen un sistema eléctrico de modo gráfico, completo, tomando en cuenta las conexiones que hay entre ellos, para lograr así una mejor visualización del sistema de la forma más sencilla. Un ejemplo de diagrama unifilar para un sistema FV se presenta en la siguiente figura.

Figura 21: Diagrama simple de un sistema FV (sin unidad de control)



Fuente: Carlos Orbegoso

Cuando el sistema es de mayor capacidad y complejidad, se recomienda lo siguiente:

- Dividir el arreglo de módulos en grupos de generadores, cada uno con su regulador.
- Cablear los módulos en serie y en paralelo.
- Cablear el banco de baterías.
- Crear centros para el manejo de la carga (centros de CC y CA)
- Instalar diodos de bloqueo y de by-pass.
- Instalar switches, aisladores de circuito (circuit breakers) y fusibles apropiados.

El cable utilizado debe ser apropiado. En el capítulo anterior se mostró un cuadro que posee esta información. Hay por lo menos tres condiciones mínimas que deben cumplir los cables:

1. Deben ser aptos para el ambiente en el que se instalan (para intemperie o para uso en interiores)
2. Deben tener la capacidad requerida para soportar la corriente máxima que fluye por ellos (no sobrepasar el límite de ampacidad)
3. La caída de voltaje en la línea debe ser inferior a 5% (o mejor, inferior a 2.5%)

A continuación, se presenta un cuadro en donde los diferentes tipos de cables se dan en el estándar norte Americano American Wire Gauge (AWG). El cuadro presentado en el capítulo anterior da el tipo de cable por su diámetro (en mm²).

Tabla 2.5: Ampacidad y resistencia de cables de cobre (AWG)

| Calibre (AWG) | Ampacidad (A) | $\Omega/1000\text{m}$ (Ohm) | $\Omega/1000\text{ft}$ (Ohm) |
|---------------|---------------|-----------------------------|------------------------------|
| 16 | 6 | 14.7277 | 4.489 |
| 14 | 15 | 9.2618 | 2.823 |
| 12 | 20 | 5.8235 | 1.775 |
| 10 | 25 | 3.6647 | 1.117 |
| 8 | 35 | 2.3041 | 0.7023 |
| 6 | 50 | 1.4488 | 0.4416 |
| 5 | 55 | 1.1490 | 0.3502 |
| 4 | 70 | 0.9114 | 0.2778 |
| 3 | 80 | 0.7228 | 0.2203 |
| 2 | 90 | 0.5732 | 0.1747 |
| 1 | 100 | 0.4544 | 0.1385 |
| 0 | 125 | 0.3606 | 0.1099 |
| 00 | 150 | 0.2858 | 0.08712 |
| 000 | 175 | 0.2267 | 0.06909 |
| 0000 | 225 | 0.1798 | 0.05479 |

FUENTE: CRC Handbook. 1976

Ω =Resistencia del cable

$\Omega/1000$ =Resistencia específica para 1000 m de cable de cobre del cable

2.1.6.7. Selección del lugar de ubicación, requerimientos

A pesar de que los sistemas FV no son muy exigentes, hay algunos requerimientos para determinar un lugar de ubicación adecuado para el sistema. También deben tomarse en consideración todos los lugares para todos los componentes del sistema porque algunos deben estar fuera (del módulo) mientras que otros componentes deberían estar de preferencia dentro (baterías y unidad de control).

1. Ubicación de los módulos: debe haber suficiente espacio sobre el techo o poste para colocar el módulo. También debe haber suficiente ventilación para los módulos. Debe evitarse las sombras. Ver método para determinar la sombra de obstáculos alrededor.
2. Optimiza el ángulo de inclinación y orientación de los módulos; mirando al sol y en una caída igual a la de la latitud (para el Ecuador hasta 13o)
3. La estructura del techo o marco de soporte deben ser lo suficientemente fuertes para soportar la carga extra del viento (especialmente en áreas donde se dan tormentas esto es un requerimiento importante).
4. Los módulos deberían ser montados de tal manera que estén al alcance para los servicios de limpieza y mantenimiento. Esto también se aplica a la batería y al controlador.
5. La ubicación de los módulos debe estar cerca de los lugares donde se ubican la unidad de control, la batería y el uso final para evitar cables largos que son costosos y originan pérdidas. Mantenga los cables que van desde la unidad de controla los puntos finales de uso lo más cortos posibles.
6. Los módulos deberán ser protegidos contra robos o cualquier posible fuente de daño (vandalismo, niños que juegan, etc.)

7. Los módulos no deben colocarse cerca de fuentes contaminantes como chimeneas industriales de combustión, carreteras polvorientas, etc.
8. La unidad de control y batería de almacenamiento deben instalarse dentro o en una caja que pueda soportar todas las inclemencias del clima (piense en suficiente ventilación para enfriar los componentes electrónicos y para ventilación de las baterías ventiladas)
9. Mantenga la batería a temperatura moderada (10-35°C) para aumentar el comportamiento y tiempo de vida de la batería. Evite los lugares expuestos directamente a la luz del sol.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del proyecto

El presente trabajo será desarrollado en el Departamento de Puno - Perú ubicada junto al lago Titicaca, uno de los lagos más grandes de Sudamérica.

3.2. Población y muestra de investigación

- **Población**

Para este proyecto de investigación, se considera como población a investigar, los puntos de iluminación en diferentes ambientes y accesos del Instituto de Informática la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

- **Muestra**

La muestra está constituida por los puntos de iluminación en lúmenes (Lux) de accesos y gradas del sistema de iluminación del Instituto de Informática de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

3.3. Metodología

Se hará una investigación descriptiva y aplicada.

3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.

3.4.1. Recolección de información

Se recolecto información de fuentes como Internet, libros o trabajos anteriormente realizados, para elaborar un documento resumido en el que se expongan característica, diferencias y beneficios de las luminarias LED, sistemas fotovoltaicos autónomos.

3.4.2. Trabajo de campo

Para determinar la necesidad de implementar un nuevo sistema de iluminación interior ahorrador de energía, se partió a tomar mediciones a las luminarias de focos ahorradores fluorescentes de 20W actualmente instalados en la institución, la cantidad de intensidad luminosa que estas producen

3.4.3. Instrumentos utilizados:

a. Luxómetro

- Marca : PRASEK PREMIUM.
- Modelo : PR – 382.
- Unidad de medida: LUX.

Figura 22: Luxómetro



Fuente: <http://irelectronics.pe/wp-content/uploads/2017/03/PR-382.gif>

b. Multímetro digital (Tipo Pinza)

- Marca : HURRICANE
- Modelo : HR-203
- Unidad de medida: AMPERIOS, VOLTIOS, OHMIOS, HERTZ.

Figura 23: Amperímetro

Fuente: <https://toolboom.com/nfs/product/822358/image/480/digital-clampmeter-unit-ut202.jpg>

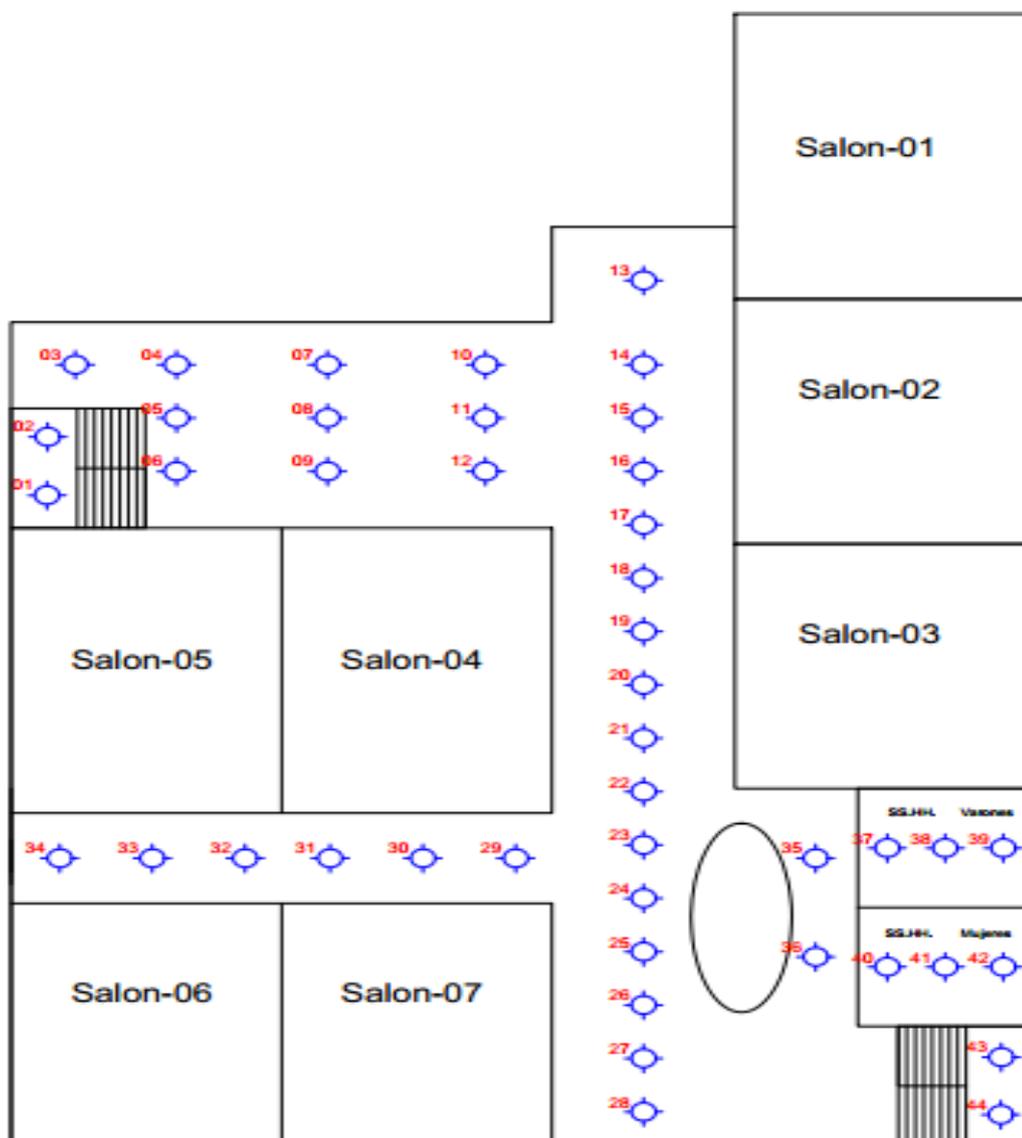
3.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos de la institución

Una vez realizado la recolección de datos a través de la observación directa con el instrumento luxómetro, se da inicio con la fase de procesamiento y análisis de datos.

3.5.1. Toma datos de intensidad de iluminación de foco de fluorescente.

Se toma los datos de la intensidad de iluminación que emite las luminarias de focos ahorradores de 20W.

Figura 24: Distribución de puntos eléctricos del Instituto de informática



Fuente: Diseño en AutoCAD (Elaboración propia)

Figura 25: Ambientes del Instituto de Informática



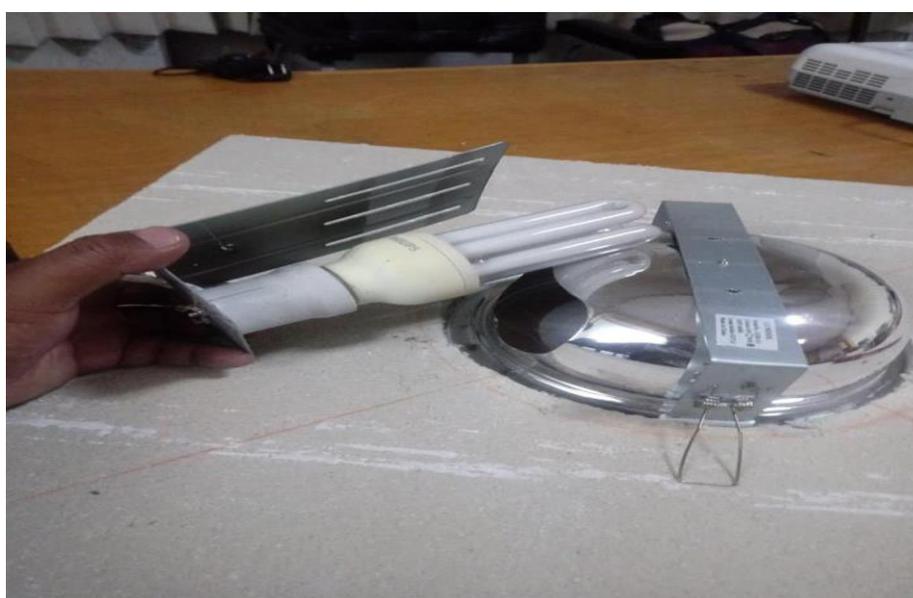
Fuentes: Fotos de los ambientes (Elaboración propia)

a. Especificación de foco actual

- *Marca* : PHILIPS
- *Potencia* : 20W
- *Luz* : clara/fría
- *Lúmenes* : 1100 lm
- *Voltaje* : 220V



Figura 26: Foco actual de iluminación del Instituto de Informática



Fuentes: *(Elaboración propia)*

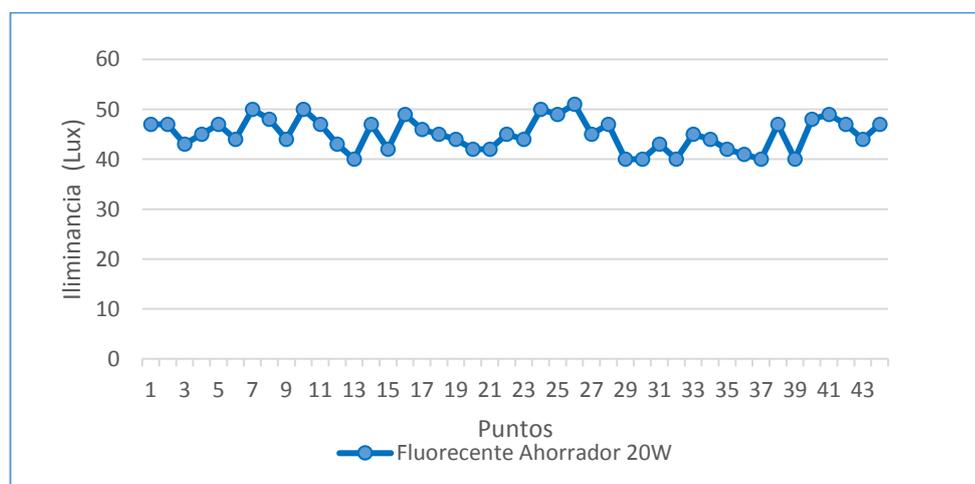
Tabla 6: Resumen de intensidad de iluminación de los 44 puntos

| N.º | Descripción | Potencia | Altura de instalación | Tipo de superficie | Iluminación medida (Lux) |
|-----|-------------------|----------|-----------------------|--------------------|--------------------------|
| 01 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 47 |
| 02 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 47 |
| 03 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 43 |
| 04 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 45 |
| 05 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 47 |
| 06 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 44 |
| 07 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 50 |
| 08 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 48 |
| 09 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 44 |
| 10 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 50 |
| 11 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 47 |
| 12 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 43 |
| 13 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 40 |

| | | | | | |
|----|-------------------|------|--------|--------|----|
| 14 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 47 |
| 15 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 42 |
| 16 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 49 |
| 17 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 46 |
| 18 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 45 |
| 19 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 44 |
| 20 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 42 |
| 21 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 42 |
| 22 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 45 |
| 23 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 44 |
| 24 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 50 |
| 25 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 49 |
| 26 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 51 |
| 27 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 45 |
| 28 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 47 |
| 29 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 40 |
| 30 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 40 |
| 31 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 43 |
| 32 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 40 |
| 33 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 45 |
| 34 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 44 |
| 35 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 42 |
| 36 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 41 |
| 37 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 40 |
| 38 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 47 |
| 39 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 40 |
| 40 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 48 |
| 41 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 49 |
| 42 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 47 |
| 43 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 44 |
| 44 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 47 |

FUENTES: Elaboración propia

Figura 27: Cantidad de intensidad de iluminación de luminaria de 20W



Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Toma de datos de intensidad de iluminación de focos LED

Se crea el siguiente arreglo para la toma de datos de la intensidad de iluminación que emite las luminarias LED de 7W.

En la siguiente figura se muestra los valores tomados con el luxómetro modelo OPALUX 7W 12V.

b. Especificación de foco actual

- *Marca* : OPALUX
- *Potencia* : 7W
- *Luz* : BLANCA
- *Lúmenes* : 670 lm
- *Voltaje* : 12V



Figura 28: Foto Opalux 7W



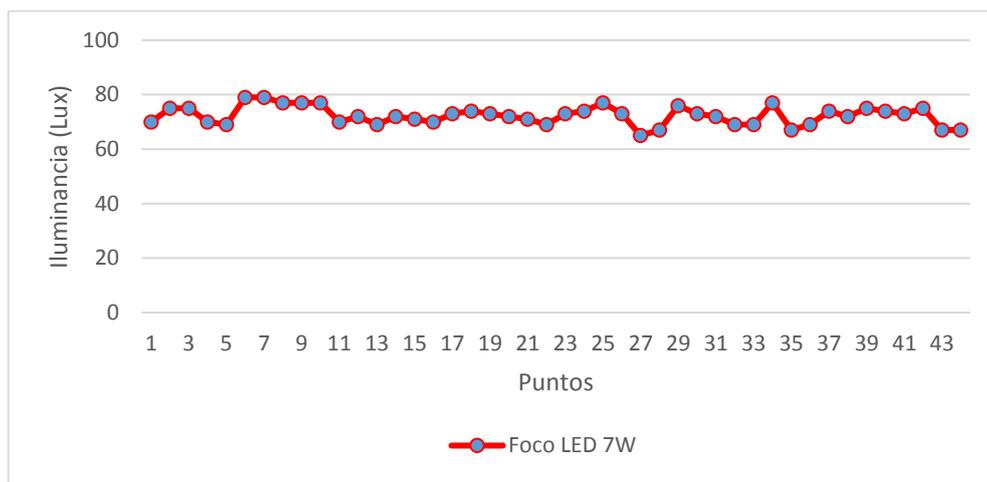
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Resumen de intensidad de iluminación de focos LED

| N.º | Descripción | Potencia | Altura de instalación | Tipo de superficie | Iluminación medida (Lux) |
|-----|-------------------|----------|-----------------------|--------------------|--------------------------|
| 01 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 70 |
| 02 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 75 |
| 03 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 75 |
| 04 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 70 |
| 05 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 69 |
| 06 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 79 |
| 07 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 79 |
| 08 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 77 |
| 09 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 77 |
| 10 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 77 |
| 11 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 70 |
| 12 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 72 |
| 13 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 69 |
| 14 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 72 |
| 15 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 71 |
| 16 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 70 |
| 17 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 73 |
| 18 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 74 |
| 19 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 73 |
| 20 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 72 |
| 21 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 71 |
| 22 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 69 |
| 23 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 73 |
| 24 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 74 |
| 25 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 77 |
| 26 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 73 |
| 27 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 65 |
| 28 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 67 |
| 29 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 76 |
| 30 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 73 |
| 31 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 72 |
| 32 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 69 |
| 33 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 69 |
| 34 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 77 |
| 35 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 67 |
| 36 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 69 |
| 37 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 74 |
| 38 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 72 |
| 39 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 75 |
| 40 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 74 |
| 41 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 73 |
| 42 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 75 |
| 43 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 67 |
| 44 | Foco fluorescente | 20 W | 2.92 m | Blanca | 67 |

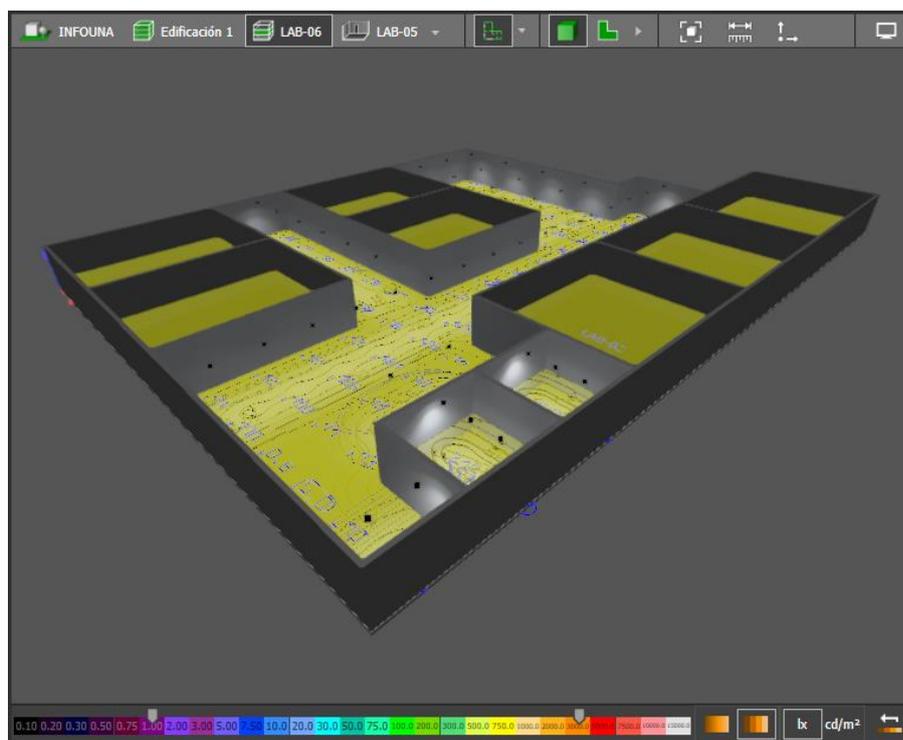
FUENTES: Elaboración propia

Figura 29: Cantidad de intensidad de iluminaria de 7W



Fuentes: Elaboración propia

Figura 30: Simulación de iluminación programa de DIALux evo 8.1 de intensidad de iluminaria con el sistema LED 7W 12V



Fuentes: Elaboración propia

3.5.3. Norma técnica de iluminación en interiores

Según la Norma EM.010 Instalaciones Eléctricas interiores indica la cantidad mínima y máxima de niveles de Lux

Tabla 8: Niveles de LUX

| CLASE | TAREAS VISUALES EN ÁREAS DE TRABAJO | NIVEL DE ILUMINACIÓN (LUX) | | |
|----------|---|----------------------------|------------|------------|
| | | MIN | MEDIO | MAX |
| A | Áreas de trabajo o circulación exterior | 20 | 30 | 50 |
| B | Áreas de circulación: orientación o estancias cortas | 50 | 100 | 150 |
| C | Áreas no utilizadas para trabajar | 100 | 150 | 200 |
| D | Tareas con exigencias visuales escasas | 200 | 300 | 500 |
| E | Tareas con exigencias visuales medias | 300 | 500 | 750 |
| F | Tareas con exigencias visuales | 500 | 750 | 1000 |
| G | Tareas con exigencias visuales difíciles | 750 | 1500 | 2000 |
| H | Tareas con exigencias visuales particulares | 1000 | 1500 | 2000 |
| I | Tareas que requieren una precisión visual | >2000 | | |

FUENTES: Norma EM.010 Instalaciones Eléctricas interiores.

Tabla 9: Calidad de Lux en los ambientes

| AMBIENTES | ILUMINACION EN SERVICIO (LUX) | CALIDAD |
|---|-------------------------------|------------|
| <u>ÁREAS GENERALES EN EDIFICACIONES</u> | 100 | D-E |
| PASILLOS, CORREDORES | 100 | C-D |
| BAÑOS | 150 | C-D |
| ESCALERAS | | |
| <u>CENTROS DE ENSEÑANZA</u> | | |
| SALONES DE CLASE, LABORATORIOS, TALLERES, GIMNASIOS | 500 | A-B |

FUENTES: Proyecto de reglamento de condiciones de iluminación en ambientes de trabajo

Tabla 10: Calidad de Lux

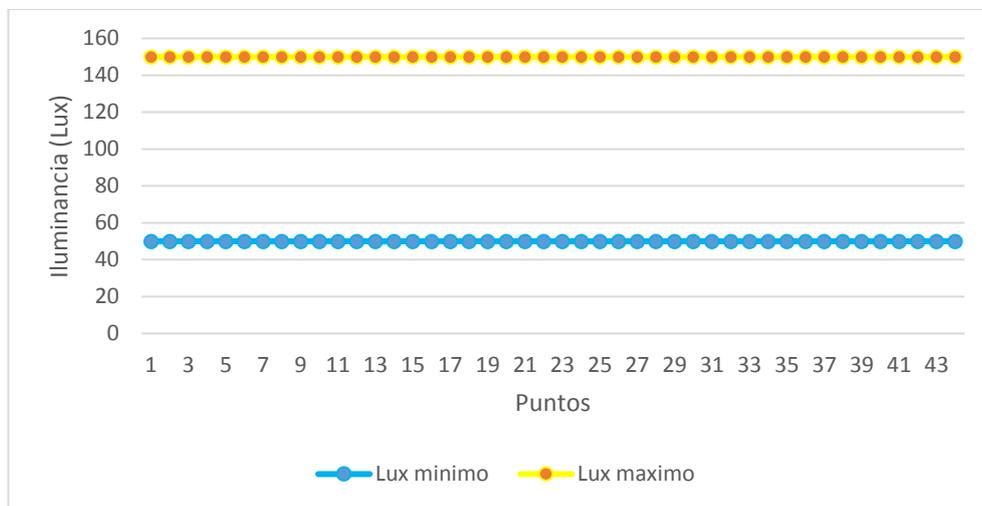
| CALIDAD | TIPO DE TAREA VISUAL O ACTIVIDAD |
|----------|--|
| A | Tareas visuales muy exactas |
| B | Tareas visuales con alta exigencia. tareas visuales de exigencia normal y de alta concentración |
| C | Tareas visuales de exigencia y grado de concentración normales; y con cierto grado de movilidad del trabajador |
| D | Tareas visuales de bajo grado de exigencia y concentración, con trabajadores de bajo moviéndose frecuentemente dentro de un área específica |
| E | Tareas de baja demanda visual, con trabajadores moviéndose sin restricción de área |

FUENTES: Proyecto de reglamento de condiciones de iluminación en ambientes de trabajo

Lo niveles de lux establecidos según Norma EM.010 son las siguientes:

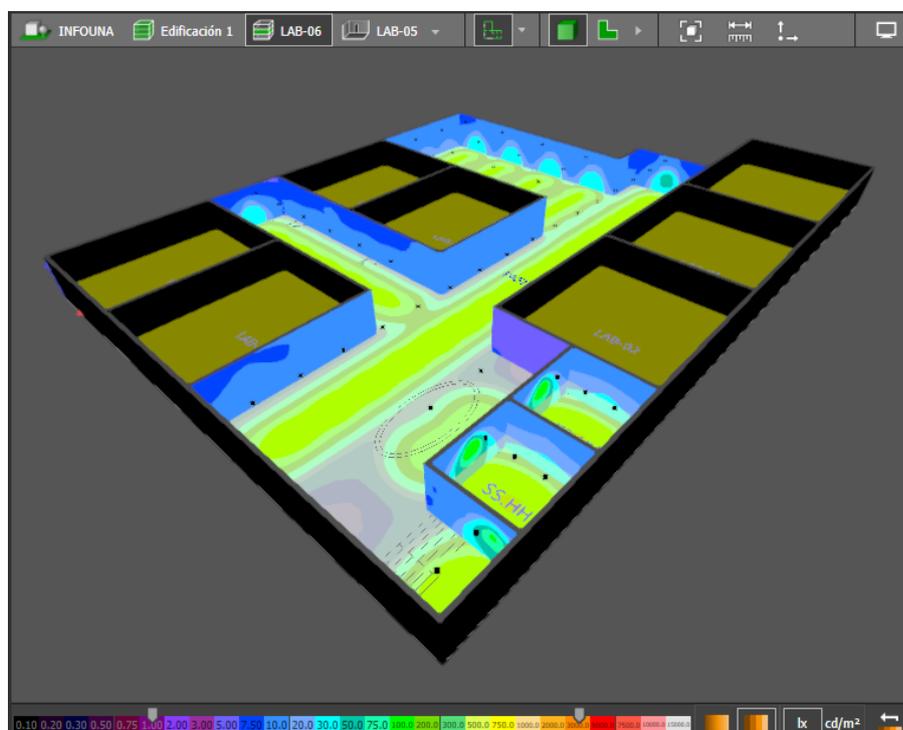
Illuminancia: 50 – 150 (Lux)

Figura 31: Nivel de Lux establecida según Norma EM.010



Fuente: Elaboración propia

Figura 32: Cumplimiento del nivel de Lux establecida según Norma EM.010 DIALux evo 8.1.



Fuente: Elaboración propia

3.6. Dimensionamiento del sistema FV con la alternativa del sistema LED

La evaluación del sistema de iluminación del INFOUNA se realiza a partir de una numeración de puntos, donde se identifica el tipo, cantidad, potencia (watts) y tiempo de uso eléctricos, para poder calcular el consumo de energía en Wh diario a partir de estos parámetros.

Describiendo el sistema de iluminación de lugar de estudio.

Como se observa son varios puntos de iluminación en este proyecto busca cambiar todo el sistema de iluminación de 20 watt de los pasillos escaleras y SS.HH.

Tabla 11: Cuadro actual

| Descripción | Unidad | Potencia (W) | Consumo (W) | Horas uso (h) | Consumo diario (Wh) | Consumo diario (kWh) | Consumo mensual (kWh) | Consumo diario I(Ah) | |
|------------------|--------|--------------|-------------|---------------|---------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------|
| <u>Pasillos</u> | | | | | | | | | |
| Focos F.A. | 34 | 20 | 680 | 12 | 8160 | 8.160 | 244.80 | 37.091 | |
| <u>Escaleras</u> | | | | | | | | | |
| Focos F.A. | 4 | 20 | 80 | 12 | 960 | 0.960 | 28.80 | 4.364 | |
| <u>SS. HH</u> | | | | | | | | | |
| Focos F.A. | 6 | 20 | 120 | 12 | 1440 | 1.440 | 43.20 | 6.545 | |
| TOTAL | | | | | | 10560 | 10.560 | 316.80 | 48.000 |

Fuentes: Elaboración propia

Como se observa el cuadro existe un elevado consumo de energía.

Y lo que se plantea en esta tesis justamente la reducción de consumo de energía aplicando tecnología LED y alimentado a través de un sistema FV autónomo.

Los focos LED seleccionador para la iluminación que cumple de manera similar son la Marca OPALUX de 12V y 7W.

Figura 33: Foco LED Opalux 12V 7W



Fuente: Foco led comprado en el mercado de Puno

Tabla 12: Cuadro con Iluminación LED

| Descripción | Unidad | Potencia (W) | Consumo (W) | Horas uso (h) | Consumo diario (Wh) | Consumo diario (kWh) | Consumo mensual (kWh) | Consumo diario I(Ah) |
|------------------|--------|--------------|-------------|---------------|---------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| <u>Pasillos</u> | | | | | | | | |
| Focos LED | 34 | 7 | 238 | 12 | 2856 | 2.856 | 85.68 | 12.982 |
| <u>Escaleras</u> | | | | | | | | |
| Focos LED | 4 | 7 | 28 | 12 | 336 | 0.336 | 10.08 | 1.527 |
| <u>SS. HH</u> | | | | | | | | |
| Focos LED | 6 | 7 | 42 | 12 | 504 | 0.504 | 15.12 | 2.291 |
| TOTAL | | | | | 3696 | 3.696 | 110.88 | 16.800 |

FUENTE: Elaboración propia

3.6.1. Dimensionamiento de sistema FV

3.6.1.1. Calculo de consumo de energía.

La carga real necesaria a suministrar por el sistema fotovoltaico, L, se calcula teniendo en cuenta las eficiencias y pérdidas de los distintos subsistemas que intervienen en el sistema fotovoltaico.

$$L = L_{dc} + \frac{L_{ac}}{\eta_{inv}} \quad \dots \text{ (Ec. 10)}$$

Donde:

- L : carga real necesaria (Ah/día)
- L_{dc} : cargas en corriente continua que en nuestro caso es 0 (Ah/día)
- L_{ac} : cargas en corriente alterna (Ah/día)
- η_{inv} : eficiencia media del inversor: 93%

$$L = 0 + \frac{16.800Ah/dia}{0.93}$$

$$L = 18.065Ah/dia$$

Del mismo modo podemos representarlo en unidades de energía necesaria de consumo:

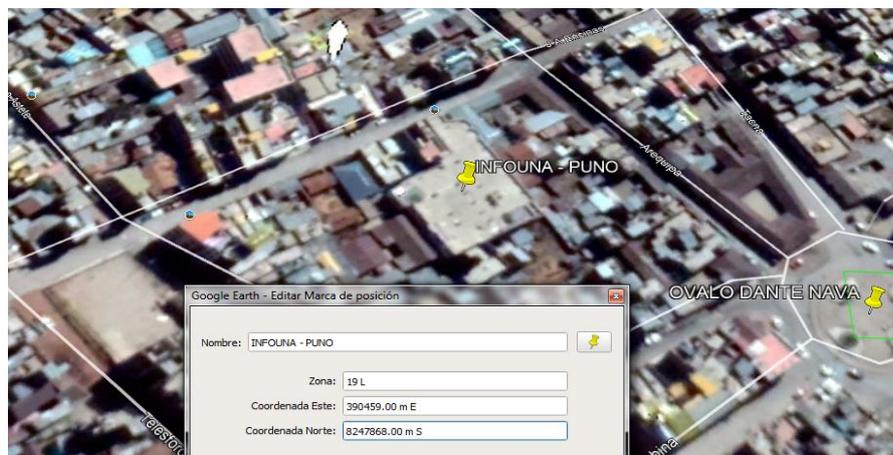
$$Potencia\ necesaria(Wh) = Voltaje(v) \times Corriente(Ah/dia) \dots \text{ (Ec. 11)}$$

$$P_n = 220V\ AC \times 18.065Ah$$

$$P_n = 3974.3Wh/dia$$

3.6.1.2. Dimensionamiento de paneles fotovoltaicos

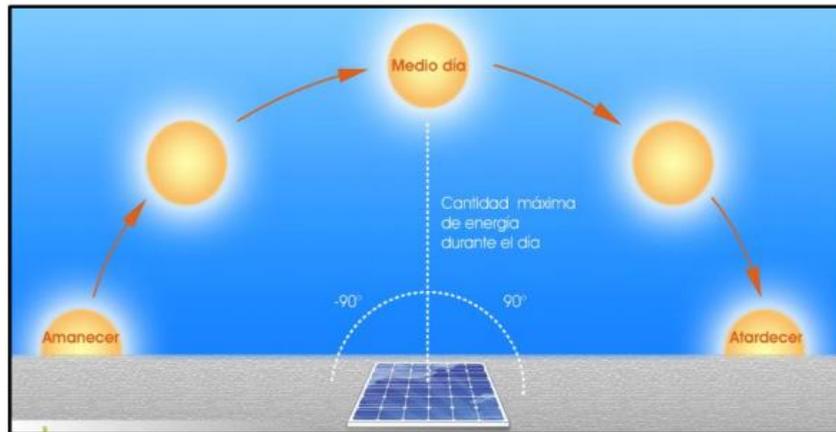
Figura 34: Ubicación de Punto exacto del trabajo



Fuente: Google earth

Se tomará un ángulo mínimo de 15°, para asegurar que el agua de lluvia drene fácilmente, lavando el polvo al mismo tiempo, de misma manera la dirección de orientación del panel será hacia el norte según el diagrama adjunto.

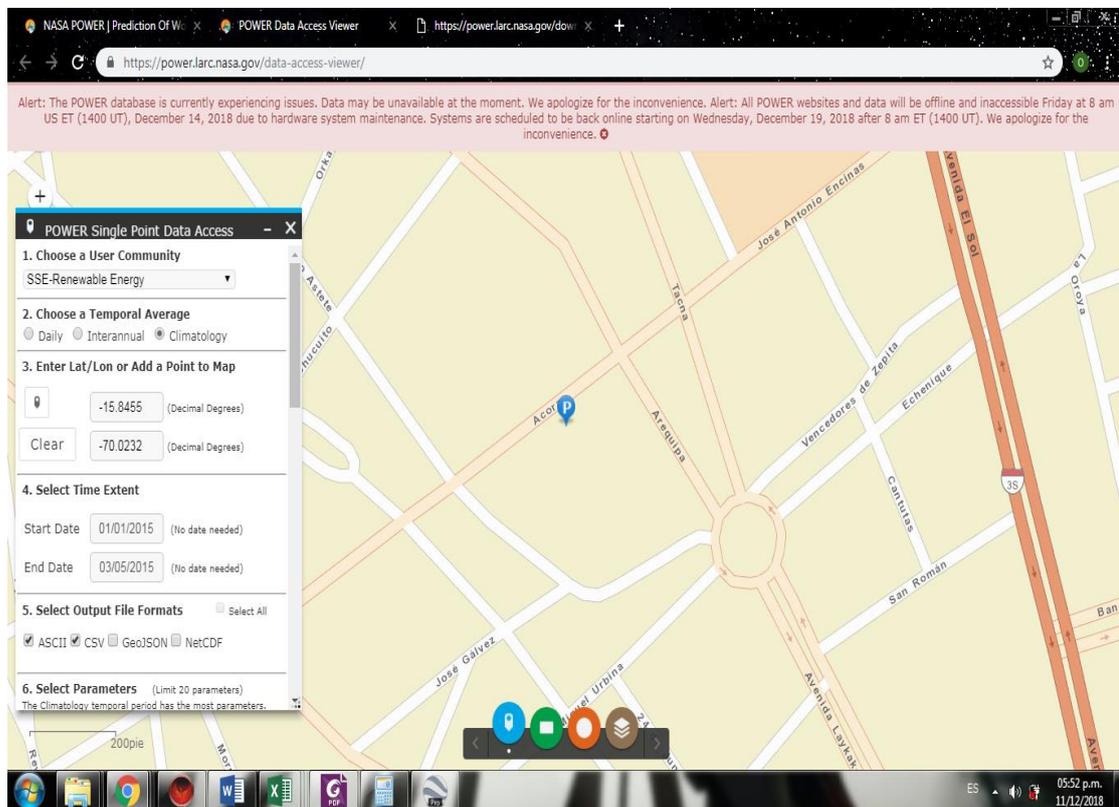
Figura 35: Desplazamiento del sol en el proceso de radiación diaria.



Fuente: <http://dger.minem.gob.pe/atlassolar>

Radiación solar en la ciudad de Puno

Figura 36: Aplicativo de la NASA para obtención de datos de Radiación y temperatura.



Fuente <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

Figura 37: Resultados del aplicativo de la NASA

```

-BEGIN HEADER-
NASA/POWER SRB/FLASHFlux/MERRA2/ 0.5 x 0.5 Degree Climatologies
22-year Additional Solar Parameter Monthly & Annual Climatologies (July 1983 - June 2005), 30-year Meteorological and Solar Monthly & Annual Climatologies (J
Location: Latitude -15.8455 Longitude -70.0232
Elevation from MERRA-2: Average for 1/2x1/2 degree lat/lon region = 4147.09 meters Site = na
Climate zone: na (reference Briggs et al: http://www.energycodes.gov)
Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999
Parameter(s):
SI_EF_TILTED_SURFACE SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance for Equator Facing Tilted Surfaces (Set of Surfaces) (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_OPTIMAL SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance Optimal (kW-hr/m^2/day)
SI_EF_OPTIMAL_ANG SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance Optimal Angle (Degrees)
SI_EF_TILTED_ANG_ORI SRB/FLASHFlux 1/2x1/2 Solar Irradiance Tilted Surface Orientation (N/S Orientation)
Note(s):
Northward facing tilted surfaces are designated negative (-)
PARAMETER JAN FEB MAR APR MAY JUN JUL AUG SEP OCT NOV DEC ANN
- END HEADER-
SI_EF_TILTED_SURFACE_0 5.71 5.48 5.59 5.59 5.59 5.35 5.54 5.91 6.41 6.73 6.87 6.45 5.94
SI_EF_TILTED_SURFACE_15 5.73 5.33 5.65 6.01 6.46 6.42 6.55 6.58 6.67 6.61 6.88 6.57 6.29
SI_EF_TILTED_SURFACE_30 5.47 4.93 5.43 6.11 6.95 7.12 7.18 6.88 6.57 6.15 6.53 6.37 6.31
SI_EF_TILTED_SURFACE_90 2.34 1.70 2.29 3.42 4.91 5.61 5.43 4.31 3.04 1.88 2.39 2.91 3.35
SI_EF_OPTIMAL 5.75 5.48 5.66 6.12 7.06 7.39 7.38 6.89 6.68 6.73 6.92 6.58 6.55
SI_EF_OPTIMAL_ANG 8.00 -0.00 -11.00 -27.00 -41.00 -47.00 -44.00 -34.00 -18.00 -3.00 8.00 13.00 -16.00
SI_EF_TILTED_ANG_ORI S N N N N N N N N N S S N

```

Fuente <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>

De acuerdo a la información obtenida del aplicativo de la NASA power.larc.nasa.gov, la radiación solar promedio de la ciudad de Puno es de 6.55 kwh/m²/dia.

Para este caso se utiliza valores medios mensuales diarios de radiación global y de la carga. En este caso se considerarán sólo los valores correspondientes al mes más desfavorable en la relación carga/radiación, que en este caso sería **5.48 KWh/m²/día**.

Resumen de datos para el cálculo:

- Demanda total: 3974.3Wh/dia
- HSP: 5.48 kWh/m²/dia
- Eficiencia: 80%
- Eficiencia panel: 98%
- Eficiencia Controlado: 98%
- Perdida por temperatura: 8%
- Perdida por Conducción: 1%

Numero de módulos / arreglo

Calculo de la potencia mínima requerida:

$$Wp = \frac{\text{Demanda total} \left(\frac{Wh}{\text{día}} \right)}{Ef \times HSP} \quad \dots \text{ (Ec. 12)}$$

$$Wp = \frac{3974.3 \left(\frac{Wh}{\text{día}} \right)}{0.8 \times 5.48}$$

$$Wp = 906.55Wp$$

Llegado a este punto se hace imprescindible tener realizada la elección del tipo de panel o al menos la potencia pico del panel expresada en Wp , Watios-pico. Los módulos seleccionados a criterio de diseño son unos paneles fotovoltaicos con una tensión nominal de 12VDC y una potencia pico de **320 W**

$$\# \text{ Módulos a emplear} = \frac{\text{Potencia mínima requerida}(Wp)}{\text{Potencia del modulo}} \quad \dots \text{ (Ec. 13)}$$

$$\# \text{ Módulos a emplear} = \frac{906.55Wp}{320Wp}$$

$$\# \text{ Módulos a emplear} = 2.83 \cong 3$$

El número módulos a adquirir serán

- 3 módulos de $320Wp$

3.6.1.3. Calculo de controlador

En este es importante analizar los costos, facilidad de conexionado y controlador MPPT a emplear.

Primero es necesario definir el controlador a emplear. Este debe ser capaz de soportar bien los 3 módulos de $320W_p$ ($960W_p$) a un voltaje del sistema de $12V_{dc}$

Figura 38: Especificaciones técnicas de controlador

| Controlador de carga BlueSolar | MPPT 150/45 | MPPT 150/60 | MPPT 150/70 | MPPT 150/85 | MPPT 150/100 |
|---|--|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Tensión de la batería | Selección automática 12 / 24 /48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V) | | | | |
| Corriente de carga nominal | 45A | 60A | 70A | 85A | 100A |
| Potencia FV nominal, 12V 1a,b) | 650W | 860W | 1000W | 1200W | 1450W |
| Potencia FV nominal, 24V 1a,b) | 1300W | 1720W | 2000W | 2400W | 2900W |
| Potencia FV nominal, 48V 1a,b) | 2600W | 3440W | 4000W | 4900W | 5800W |
| Corriente de cortocircuito máxima FV 2) | 50A | 50A | 50A | 70A | 70A |
| Tensión máxima del circuito abierto FV | 150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo | | | | |
| Eficiencia máxima | 98% | | | | |

Fuente: controlador de carga BlueSolar

- Podemos observar que el controlador 150/70 cumple con soportar 1000W con un banco de baterías de $12V_{dc}$

La selección de controladores se realiza considerando la invasión y si en algún futuro se desea aumentar las cargas (Paneles y baterías)

Para el arreglo es necesario:

- Calcular el número de módulos en serie.
- Calcular el número de módulos en paralelo.

Definición del arreglo

- Calcular el número de módulos en serie.

$$\# \text{ Modulos en serie} = \frac{\text{Voltaje maximo del controlador}}{V_{oc} \text{ del panel}} \dots \text{ (Ec. 14)}$$

$$\# \text{ Modulos en serie } 320W_p = \frac{150}{45.72} = 3.28 \approx 3$$

Figura 39: Especificaciones técnicas del modulo

| ELECTRICAL DATA | | AE300P6-72 | AE305P6-72 | AE310P6-72 | AE315P6-72 | AE320P6-72 |
|-----------------------|---------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Nominal power | Pm (Wp) | 300 | 305 | 310 | 315 | 320 |
| Open circuit voltage | Voc (V) | 45.23 | 45.38 | 44.47 | 45.59 | 45.72 |
| Short-circuit current | Isc (A) | 9.07 | 9.13 | 9.17 | 9.24 | 9.28 |
| Voltage at max power | Vmp (V) | 36.43 | 36.51 | 36.60 | 36.66 | 36.75 |
| Current at max power | Imp (A) | 8.23 | 8.35 | 8.47 | 8.59 | 8.71 |
| Filling Factor | (%) | 73.13 | 73.61 | 74.35 | 74.78 | 75.42 |
| Module Efficiency | (%) | 15.46 | 15.72 | 15.98 | 16.23 | 16.49 |

Fuente: ELECTRICAL DATA

En este sistema usaremos 2 módulos en serie.

b. Calcular el número de módulos en paralelo.

$$\# \text{ Modulos en paralelo} = \frac{\text{Amperaje maximo del controlador}}{\text{ISC del panel}} \dots \text{ (Ec. 15)}$$

$$\# \text{ Modulos en paralelo } 320Wp = \frac{70}{9.28}$$

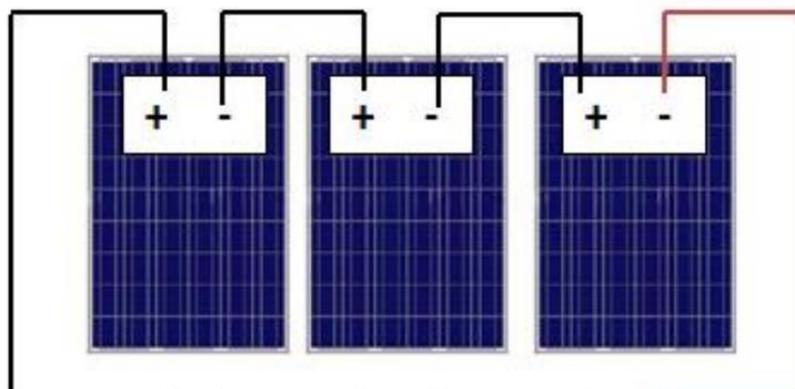
$$\# \text{ Modulos en paralelo } 320Wp = 7.54 \approx 8$$

Para definir el arreglo es importante considerar la cantidad de paneles a instalar e intentar acomodar estos con la mejor configuración posible. Es decir, evaluar la corriente y perdida por conducción, conexionado y si es en un futuro se desea aumentar los paneles.

Para el caso de módulos de 320Wp se requieren 3. El controlador permite conectar hasta 3 en serie y hasta 8 en paralelo.

En nuestro arreglo será conectar los 3 en serie.

Figura 40: Módulos en serie



Fuente: Elaboración propia

3.6.1.4. Calculo de baterías

El voltaje del banco de baterías debe ser igual al voltaje del sistema. Este a su vez debe dimensionarse con la capacidad de soportar toda la demanda.

- Demanda Total: 3974.3Wh/día
- Voltaje del sistema: 12Vdc
- Eficiencia: 95%
- Profundidad de descarga: 50%
- Días de Autonomía: 2 días

Calculo de la capacidad mínima requerida

$$\text{Capacidad Minima (Ah)} = \frac{\text{Consumo} \left(\frac{\text{Ah}}{\text{día}} \right) \times \text{días de autonomia}}{\text{Profundidad de descarga}(\%) \times E_f} \quad \dots \text{ (Ec. 16)}$$

$$\text{Capacidad Minima (Ah)} = \frac{331.17 \text{ Ah/día} \times 2 \text{ días}}{0.5 \times 0.95}$$

$$\text{Capacidad Minima (Ah)} = 1394.4 \text{ Ah}$$

Tanto los valores de eficiencia y profundidad de descarga pueden variar dependiendo del tipo de conexión a emplear (menores perdidas) y de la calidad de la batería (soportar mayores ciclos)

Calculo de baterías en paralelo

La cantidad de baterías en paralelo deben ser capaces de igualar la capacidad mínima requerida por el sistema.

$$\#Baterias\ en\ paralelo = \frac{Capacidad\ minima\ Ah}{Capacidad\ Nominal\ Bateria} \quad \dots \text{ (Ec. 17)}$$

$$\#Baterias\ en\ paralelo = \frac{1394.4\ Ah}{250\ Ah}$$

$$\#Baterias\ en\ paralelo = 5.578 \approx 6$$

Calculo de baterías en serie

$$\#Baterias\ en\ serie = \frac{Voltaje\ del\ sistema}{Voltaje\ nominal} \quad \dots \text{ (Ec. 18)}$$

$$\#Baterias\ en\ serie = \frac{12V}{12V} = 1$$

Total, de baterías. En emplearse de 250Ah

- 6 paralelos x 1 series = 6 Baterías de 250Ah

3.6.1.5. Dimensionamiento del cableado para el sistema fotovoltaico.

Los cables eléctricos utilizados en el sistema fotovoltaico están dimensionados tomando en cuenta lo siguiente:

La cantidad de corriente I_{sc} de los paneles fotovoltaicos y está dada por la siguiente fórmula:

$$I_c = I_{sc} \times 5 \quad \dots \text{ (Ec. 19)}$$

- I_{sc} : Corriente de corto circuito del panel (A).
- I_c : Corriente que soportara el cableado del sistema fotovoltaico

$$I_c = 9.24A \times 5$$

$$I_c = 46.2A$$

Según estos resultados, el cable conductor debe soportar 46.2 A, por lo cual se necesitaría cableado de calibre 10 AWG.

Cable 10 AWG (Área=5.3 mm²)

3.6.1.6. Resumen de materiales a comprar

- Módulos solares : 3 módulos de 320Wp
- Controlador de carga : Controlador MPPT 150/70
- Baterías : 6 Baterías de 250Ah

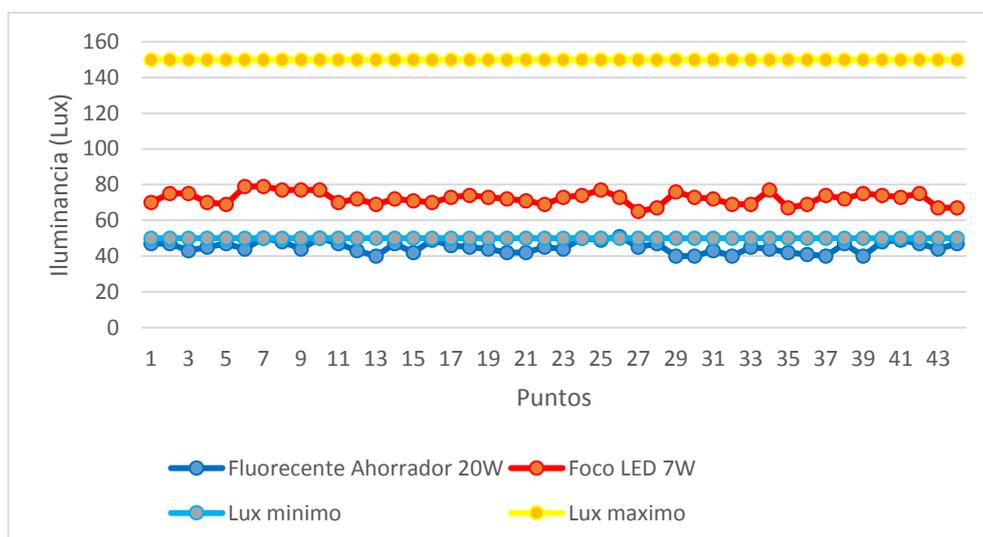
CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis técnico de intensidad de iluminación

Se hace una comparación de los valores tomados de la cantidad de intensidad de iluminación de la luminaria de foco ahorrador de 20W con las luminarias con tecnología Led de 7W de 12V los valores máximos y mínimos exigidos en la Norma EM.010 en instalaciones eléctricas interiores.

Figura 41: Comparación de sistema de ambos sistemas



Fuente: Elaboración propia

4.2. Comparativa de consumo con el sistema de iluminación actual y con el sistema de iluminación con sistema LED conectado con al sistema FV autónomo.

4.2.1. Consumo mensual de energía con el sistema actual

Tabla 13: Consumo de kWh con el sistema actual

| Descripción | Unidad | Potencia (W) | Consumo (W) | Horas uso (h) | Consumo diario (Wh) | Consumo diario (kWh) | Consumo mensual (kWh) | Consumo diario I(Ah) |
|---------------------|--------|--------------|-------------|---------------|---------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| Pasillos Focos F.A. | 34 | 20 | 680 | 12 | 8160 | 8.160 | 244.80 | 37.091 |

| | | | | | | | | |
|------------------|---|----|-----|----|-------|---------------|--------|--------|
| <u>Escaleras</u> | | | | | | | | |
| Focos | 4 | 20 | 80 | 12 | 960 | 0.960 | 28.80 | 4.364 |
| F.A. | | | | | | | | |
| <u>SS. HH</u> | | | | | | | | |
| Focos | 6 | 20 | 120 | 12 | 1440 | 1.440 | 43.20 | 6.545 |
| F.A. | | | | | | | | |
| TOTAL | | | | | 10560 | 10.560 | 316.80 | 48.000 |

FUENTE: Elaboración propia

- P : 10.560 kwh
- Mensual : 30 días
- Costo kwh : 0.6809 soles

Consumo mensual de energía = Potencia consumida al día (kWh) × días

$$\text{Consumo mensual de energía} = 10.560 \text{ kWh} \times 30 \text{ días}$$

$$\text{Consumo mensual de energía} = 316.80 \text{ kWh}$$

$$\text{Consumo mensual de energía} = 316.80 \text{ kWh} \times 0.6809 = \mathbf{215.71 \text{ soles}}$$

4.2.2. Consumo del mensual de energía con tecnología LED

Tabla 14: Consumo de kWh con el sistema nuevo

| Descripción | Unid . | Potencia (W) | Consumo (W) | Hora s uso (h) | Consumo diario (Wh) | Consumo diario (kWh) | Consumo mensual (kWh) | Consumo diario I(Ah) |
|------------------|--------|--------------|-------------|----------------|---------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| <u>Pasillos</u> | | | | | | | | |
| Focos LED | 34 | 7 | 238 | 12 | 2856 | 2.856 | 85.68 | 12.982 |
| <u>Escaleras</u> | | | | | | | | |
| Focos LED | 4 | 7 | 28 | 12 | 336 | 0.336 | 10.08 | 1.527 |
| <u>SS. HH</u> | | | | | | | | |
| Focos LED | 6 | 7 | 42 | 12 | 504 | 0.504 | 15.12 | 2.291 |
| TOTAL | | | | | 3696 | 3.696 | 110.88 | 16.800 |

FUENTE: Elaboración propia

- P : 3.696kwh
- Mensual : 30 días

- Costo kWh : 0.6809 soles

$$\text{Consumo mensual de energía} = \text{Potencia consumida al día (kWh)} \times \text{días}$$

$$\text{Consumo mensual de energía} = 3.696\text{kWh} \times 30\text{días}$$

$$\text{Consumo mensual de energía} = 110.88\text{kWh}$$

$$\text{Consumo mensual de energía} = 110.88\text{kWh} \times 0.6809 = \mathbf{75.50 \text{ soles}}$$

4.2.3. Costo del sistema fotovoltaico en la compra de los insumos incluido mano de obra

El costo de todos los materiales y accesorios a comprar del sistema fotovoltaico se muestra en la tabla 15.

Tabla 15: Resumen de materiales para instalación de sistema FV

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS | UND. | CANT. | PRECIO UNITARIO | PRECIO TOTAL |
|------|------------------------------|---|------|-------|-----------------|--------------|
| 1 | Panel Solar de 320 Wp-Yingli | Panel multicristalino, AESOLAR de 320 Wp | Und. | 3 | 965.00 | 2,895.00 |
| 2 | Controlador de Carga | Controlador de 150/70 (12/24V-75A), Marca Victron | Und. | 1 | 1,286.00 | 1,286.00 |
| 3 | Batería Solar | Capacidad de 250 Ah a 12 Vdc de Libre mantenimiento. Marca Ritar/ GEL | Und. | 6 | 1,222.00 | 7,332.00 |
| 4 | Materiales de Instalación | 1. Tablero de Control (01 Unidades). 2. Cable GTP 10 AWG – para conexión de paneles a la caja de paralelaje. 3. Cable GTP 10 AWG desde la caja de paralelaje al controlador de Carga. 4. Cable vulcanizado 6 AWG - Para Conexión entre | Mat. | 1 | 2,169.00 | 2,169.00 |

| | | | | | | |
|---|---------------------|--|------|---|--------------|----------------|
| | | baterías y batería al regulador. 5. Llaves térmicas para protección. 6. Regleta de distribución. 7. Tuberías para conexión. 8. Riel para llaves térmicas. 9. Riel para instalación de tablero. 10. Terminales de conexión. 11. Caja de Paralelaje para módulos. 12. Focos LED 7W - 12V | | | | |
| 5 | Soporte Estructural | 1. Soporte estructural para paneles solares 2. Soporte estructural para banco de baterías | Und. | 1 | 750.00 | 750.00 |
| | | | | | Total | 14432.0 |

FUENTE: Elaboración propia

- *EL COSTO DE LOS MATERIALES A COMPRAR ES DE S/ 14432.00.*

4.2.4. Tiempo de recuperación de inversión.

La recuperación se está planteando en dos escenarios.

4.2.4.1. Tiempo de recuperación de inversión por energía producida por mes.

Con solo el sistema produciendo energía para la institución en un tiempo estimado de recuperación es de **5.78 años**.

Tabla 16: Tiempo de recuperación de inversión

| Costo de inversión del sistema FV | Costo de pago de energía del sistema de iluminación actual. | Tiempo de Recuperación de inversión (Meses) | Tiempo de Recuperación de inversión (Años) |
|-----------------------------------|---|---|--|
| 14432.00 | 215.71 | 66.90 | 5.78 |

FUENTE: Elaboración propia

4.2.4.2. Tiempo de recuperación de inversión por energía producida mensual menos el costo mantenimiento POA 2018

En el otro escenario cuando el sistema produciendo energía para la institución menos el costo de mantenimiento establecido por el POA 2018 del Instituto de Informática de la Universidad Nacional del Altiplano es de un tiempo estimado de recuperación es de **3.5 años**.

Tabla 17: Tiempo de recuperación de inversión menos POA 2018

| Costo de inversión del sistema FV | Costo de mantenimiento POA 2018 | Costo de pago de energía del sistema de iluminación actual. | Tiempo de Recuperación de inversión (Meses) | Tiempo de Recuperación de inversión (Años) |
|-----------------------------------|---------------------------------|---|---|--|
| 14432.00 | 5371 | 215.71 | 42.00 | 3.5 |

FUENTE: Elaboración propia

CONCLUSIONES

PRIMERO: Se analizó la situación actual de iluminación de ambiente del Instituto de Informática de la Universidad Nacional del Altiplano aplicando luminarias LED 7W de 12V ya que cumple con los valores mínimos y máximos de la norma en iluminación en interiores, el costo de implementación es rentable y sostenible el tiempo de recuperación es de 3.5 años

SEGUNDO: Se dimensiono el sistema fotovoltaico adecuado para el sistema de iluminación que requiera el instituto de Informática para el funcionamiento del sistema de iluminación de focos LED de 7W 12V costando un valor de S/ 14432. 00.

TERCERO: Reducción de los costos de mantenimiento en la parte eléctrica. Ya que anualmente se solicita materiales para el mantenimiento del sistema de iluminación del instituto de informática el año 2018 se solicitó S/ 5371.00.

CUARTO: Mejorar la transitabilidad en accesos en situaciones de emergencia ya que este sistema será autónomo funcionará en situaciones de emergencia.

RECOMENDACIONES

PRIMERO: Aprender más sobre conceptos de eficiencia energética ya que hay menciona que tipo de acciones podemos tomar a la hora de ahorrar en el consumo de energía eléctrica.

SEGUNDO: Al realizar las mediciones es preferible hacerlo de noche ya que hay se mide realmente a capacidad lumínica de cada foco.

TERCERO: En un futuro Implementar todo el sistema de electrificación del Instituto de Informática de la Universidad Nacional del Altiplano Puno por un sistema renovable y sostenible ya que con el pasar los años mejora la tecnología de estos sistemas.

REFERENCIAS

- Asociación de la Industria Fotovoltaica. (s.f.). *PREJUICIOS Y MITOS SOBRE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA*. Modelo, S.L.
- EPEC. (2010). *La eficiencia energética en el hogar*. Cordoba.
- GERENCIA ENERGETICA. (2017). *DIMENSIONAMIENTO CONTROLADORES MPPT. AREQUIPA*.
- GERENCIA ENERGETICA. (2017). *DISEÑO E INSTALACIÓN DE SISTEMAS SOLARES FOTOVOLTAICOS*". AREQUIPA.
- GERENCIA ENERGETICA. (2018). *DIMENSIONADO SISTEMA SOLAR*. AREQUIPA: GERENCIA ENERGETICA.
- INSTALCION SOLAR FOTOVOLTAICA. (s.f.). *COMPONENTES DE UNA INSTALCION SOLAR FOTOVOLTAICA*. ESPAÑA.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (s.f.). 2009: 0.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. (2009). *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de Red*. ESPAÑA.
- MAMANI, W. S. (2017). "ANÁLISIS Y MODELAMIENTO PARA UN MÓDULO FOTOVOLTAICO, BASADO EN UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE MICROGRID EN LA CIUDAD DE PUNO". Puno: UNA PUNO.
- Manuales sobre energía renovable:. (2002). *Solar Fotovoltaica*. Costa Rica: San José.
- MENDEZ MUÑIZ, J. M., & CUERVO GARCIA, R. (s.f.). *ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA*. ESPAÑA: FC EDITORIAL.
- Moreno Hernandez, I. (2012). *Evolucion en iluminacion*. Mexico.
- NECOCHEA CHAMORRO, P. F., & RAMIREZ RAMOS, W. A. (2016). *DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABASTECER PARTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN DOMICILIO TIPO R4 EN LA CIUDAD DE TRUJILLO-2016*". TRUJILLO: UPAO.
- Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica. (2002). *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red*. ESPAÑA.
- ORBEGOZO, C., & ARIVILCA, R. (2017). *ENERGIASOLARFOTOVOLTAICA - Manual técnico para instalaciones domiciliarias*. AREQUIPA.
- Proyecto EnDev/GIZ. (2013). *Manual de instalación de un sistema fotovoltaico domiciliario*. LIMA: Imaginart.
- RIOS VILLACORTA, A. (2016). *FUTURO DE LA ENERGIA EN PERU - Estrategias energeticas sostenibles*. LIMA.
- SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA. (2003). *ATLAS DE ENERGÍA SOLAR DEL PERÚ*". LIMA.
- sistemas de iluminacion. (2010). *ptolomeo*. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx>
- SunFields Europe. (s.f.). *Boletín Solar Fotovoltaica Autónoma*. Santiago de Compostela, A Coruña (España).

ANEXOS

Anexo 1: Focos de 20W



Fuente: elaboración Propia

Anexo 2: Cambio de focos de 12V a 7W



Fuente: elaboración Propia

Anexo 3: Instalación de focos de 7W a una fuente de 12V



Fuente: elaboración Propia

Anexo 4: Fuente de alimentación para focos de 12V



Fuente: elaboración Propia

Anexo 5: Niveles de Lux

| CALIDAD | TIPO DE TAREA VISUAL O ACTIVIDAD |
|----------------|--|
| A | Tareas visuales muy exactas |
| B | Tareas visuales con alta exigencia. Tareas visuales de exigencia normal y de alta concentración |
| C | Tareas visuales de exigencia y grado de concentración normales; y con un cierto grado de movilidad del trabajador. |
| D | Tareas visuales de bajo grado de exigencia y concentración, con trabajadores moviéndose frecuentemente dentro de un área específica. |
| E | Tareas de baja demanda visual, con trabajadores moviéndose sin restricción de área. |

| AMBIENTES | ILUMINANCIA EN SERVICIO (lux) | CALIDAD |
|---|--------------------------------------|----------------|
| <u>Áreas generales en edificios</u> | | |
| Pasillos, corredores | 100 | D – E |
| Baños | 100 | C – D |
| Almacenes en tiendas | 100 | D – E |
| Escaleras | 150 | C – D |
| <u>Líneas de ensamblaje</u> | | |
| Trabajo pesado (ensamble de maquinarias) | 300 | C – D |
| Trabajo normal (industria liviana) | 500 | B – C |
| Trabajo fino (ensambles electrónicos) | 750 | A – B |
| Trabajo muy fino (ensamble de instrumentos) | 1500 | A – B |
| Industrias químicas y plásticos | | |
| En procesos automáticos | 150 | D – E |
| Plantas al interior | 300 | C – D |
| Salas de laboratorios | 500 | C – D |
| Industria farmacéutica | 500 | C – D |
| Industrias del caucho | 500 | C – D |
| Inspección | 750 | A – B |
| Control de colores | 1000 | A – B |

Fuente: Norma EM 0.10

Anexo 6: Presupuesto POA



Reporte POI 2018
Universidad Nacional del Altiplano - Puno
<http://ogpd.unap.edu.pe/poa2018>

FICHA DESCRIPTIVA

CENTRO DE COSTO : CENTRO DE INVESTIGACION - CPBS - INSTITUTO DE INFORMATICA
OBJETIVO INSTITUCIONAL : Mejorar la formación profesional del Estudiante Universitario.
ACCION ESTRATEGICA : Fortalecer las capacidades de gestión Administrativa y Académica de la UNA Puno.
ACTIVIDAD : Funcionamiento de la Unidad Orgánica
FINANCIAMIENTO : ID:272, Recursos Directamente Recaudados: S/ 580,197.00

| COD | FF | ME | DESCRIPCION | U.M. | C.A. | P.U. | T.A. | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---|----|----|---|----------|------|----------|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 923 | 02 | 2 | PAPEL BOND BLANCO DE 80GR. TIA-4 | PAQUETE | 96 | 15.00 | 1,440.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Evaluación de documentos de gestión, documentos de gestión pública, informes, resoluciones, fichas de matrícula, constancias, transcripción de actos, notificaciones, actas de reuniones) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 932 | 02 | 2 | BOLIGRAFO DE TINTA SECA PUNTA FINA AZUL | UNIDAD | 300 | 0.36 | 108.00 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Para procesos de notificación. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 938 | 02 | 2 | FLUORESCENTE LINEAL 220V-20W-041 | UNIDAD | 500 | 4.30 | 2,150.00 | 0 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Reemplazo de 200 lámparas de oficina | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 940 | 02 | 2 | CABLE LIFT CAT 6E | ROLLO | 3 | 512.00 | 1,537.00 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cable de Red 10/100/1000 y para conexión de oficina administrativa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 941 | 02 | 2 | INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO TRIPOLAR DE 3x 160 AMP-220V TIPO TORNELO | UNIDAD | 6 | 185.00 | 1,110.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Reemplazo de interruptor de oficina | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 942 | 02 | 2 | SWITCH DE 24 PUERTOS | UNIDAD | 6 | 230.00 | 1,380.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Conmutación de red Ethernet de punto a punto 10/100 Mega bps ethernet | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 944 | 02 | 2 | CAMARA WEB | UNIDAD | 8 | 112.00 | 896.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 80 de 4 cámaras de video de tecnología de red con audio HD almacenamiento 1 TB | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 946 | 02 | 2 | FUENTE DE PODER DE 550W ATX | UNIDAD | 50 | 350.00 | 17,500.00 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Fuente ideal de Poder de 802 ATX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 947 | 02 | 2 | TECLADO | UNIDAD | 80 | 75.00 | 6,000.00 | 0 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Reemplazo de teclado con teclas de oficina | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 948 | 02 | 2 | CERA LIQUIDA PARA PISO | GALON | 100 | 24.00 | 2,400.00 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Cera líquida para mantenimiento de superficies de oficinas y oficina administrativa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 949 | 02 | 2 | DETERGENTE GRANULADO X 800 GR. | BOLSA | 20 | 6.90 | 138.00 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Detergente para limpieza de servicios logísticos, áreas de oficina y oficina administrativa | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 950 | 02 | 2 | AMBIENTADOR SPRAY X 300ML AFROK | UNIDAD | 100 | 5.40 | 540.00 | 0 | 0 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Reemplazo para limpieza y ambientación, varias oficinas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 951 | 02 | 2 | SERVICIO DE IMPRESION | SERVICIO | 2 | 2,100.00 | 4,200.00 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Impresión de material publicitario y documentos de gestión | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 952 | 02 | 2 | ALCOHOL | UNIDAD | 5 | 20.00 | 100.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Reemplazo para uso varios | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 953 | 02 | 2 | DESINFECTANTE - PISO | GALON | 10 | 12.00 | 120.00 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Limpieza y desinfección de servicios logísticos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |



Reporte POI 2018
Universidad Nacional del Altiplano - Puno
<http://ogpd.unap.edu.pe/poa2018>

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|---|---|----------|-----|-----------|-----------|-----|----|---|---|---|----|----|---|---|-----|---|---|
| 955 | 02 | 2 | ALICATE DE CORTE Y AJUSTE Y DESTORNILLADORES PARA COMPUTADORA | JUEGO | 2 | 120.00 | 240.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Alcance alfiler para conexión RJ45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 957 | 02 | 2 | ALCOCHO | UNIDAD | 850 | 1.00 | 850.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 850 | 0 | 0 |
| Cable "T" de 60 cm longitud | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 958 | 02 | 2 | GASEOSA X 1/2 LITRO | BOTELLA | 850 | 2.00 | 1,700.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 850 | 0 | 0 |
| Cerveza "T" de 60 cm longitud | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 959 | 02 | 2 | PAPEL HIGIENICO | PLANCHA | 10 | 14.10 | 141.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 500 unidades de oficina | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 960 | 02 | 2 | AZUCAR RUBIA X 50 KG. | SACO | 1 | 120.00 | 120.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Refrigerio para el personal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 961 | 02 | 2 | MESCAFE | UNIDAD | 10 | 23.00 | 230.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Refrigerio para el personal OPCIONAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 962 | 02 | 2 | LECHE EVAPORADA | CAJA | 4 | 70.50 | 282.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Refrigerio para el personal OPCIONAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 963 | 02 | 2 | GALLETAS CREAM CRACKER 300 GR. | PAQUETE | 30 | 3.00 | 90.00 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Refrigerio para el personal OPCIONAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 964 | 02 | 2 | EXTINTOR DE POLVO QUIMICO | UNIDAD | 8 | 180.00 | 1,440.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Reemplazo de extintor | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 968 | 02 | 2 | PINTURA LATEX DE COLOR VARIADO | GALON | 30 | 23.50 | 705.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Pintura para interiores y exteriores color blanco para los pasillos y para las zonas comunes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 972 | 02 | 2 | PINTURA ESMALTE VARIADA EN TIPO Y COLOR | GALON | 10 | 33.00 | 330.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Para pintura de interiores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1238 | 02 | 2 | SERVICIOS DIVERSOS | SERVICIO | 4 | 1,000.00 | 4,000.00 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| Reemplazo cables, cables y servicios de trabajo personal (OPCIONAL) (materiales y facturas subidas) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1277 | 02 | 2 | BOLIGRAFO DE TINTA LIQUIDA PUNTA MEDIA NEGRO | UNIDAD | 120 | 2.50 | 310.00 | 120 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Reemplazo de tinta (tinta color azul, negro y rojo) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1317 | 02 | 2 | MEMORIA USB 16 GB | UNIDAD | 30 | 30.00 | 900.00 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Reemplazo de memoria USB personal OPCIONAL | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1380 | 02 | 2 | OTROS BIENES | UNIDAD | 0 | 200.00 | 0.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Cable para conexión de oficina | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1381 | 02 | 2 | OTROS BIENES | UNIDAD | 1 | 16,000.00 | 16,000.00 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Reemplazo de cable personal (OPCIONAL) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1415 | 02 | 2 | OTROS BIENES | UNIDAD | 1 | 9,500.00 | 9,500.00 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Cámara fotográfica HD profesional para el desarrollo de clases educativas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1422 | 02 | 2 | OTROS BIENES | UNIDAD | 30 | 100.00 | 3,000.00 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Reemplazo de impresora (opcional) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1426 | 02 | 2 | OTROS BIENES | UNIDAD | 10 | 3,000.00 | 30,000.00 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Reemplazo de cámara de video (OPCIONAL) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 7: Recibos de luz

Electro Puno S.A.A.
 Empresa Regional de Servicio Público de Energía N° 09-1401900
 www.electropuno.com.pe

JR. MARIANO H. CORNEJO N° 160 PUNO - PUNO - PUNO
 R.U.C. 2040547952 TELEFONO: (051) 362066 - PUNO

Para consultas su número de cliente es:
001-0041306

MES FACTURADO **Marzo-2018**

DATOS DEL CLIENTE

NOMBRE: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 DNI: 01296518
 DIRECCIÓN: JR. ACCRA N° 235
 DPTO/PROV: PUNO/PUNO/PUNO
 RUTA: 401-07-03-001178 N° MEDIDOR: 2169117

DETALLE FACTURACIÓN

| CONCEPTO | IMPORTE S/ |
|---|------------|
| ALUMBRADO PÚBLICO | 73.50 |
| CARGO FIJO | 3.16 |
| ENERGÍA | 2552.69 |
| INTERESES COMPENSATORIOS | 4.51 |
| MANTENIMIENTO Y REPOSICIÓN DE LA CONEXIÓN | 1.49 |

DATOS TÉCNICOS

TARIFA: BT5B - NO RESIDENCIAL ACOMETIDA: AEREA
 ALIMENT: 01-01 (1700) TENSIÓN: 220 V - BT
 POTENCIA: 14.89 KW CONEXIÓN: C.2.2
 MEDIDOR: TRAFASCO-ELECTRONICO-4 HILOS (000-PUNO ZONA 230)
 SISTEMA: 0026 - PUNO SEC. TÍPICO: 2

DETALLE DEL CONSUMO

LECTURA ACTUAL: 76496 25 Mar 2018
 LECTURA ANTERIOR: 74747 25 Feb 2018
 CONSUMO FACTURADO: 3142.00 kWh
 FACTOR: 1.00
 PRECIO UNIT. S/ kWh: 0.8809

Afecto a Recargo Ley 27319 FOSE, Monto S/ 93.34

EVOLUCIÓN DE CONSUMO DE ENERGÍA

Monto 201801: S/2924.56 Monto 201802: S/2891.80

OTROS PAGOS

LEY 20448 ELECTRIFICACION RURAL: 31.12
 REDONDEO DEL MES: -0.04
 REDONDEO MES ANTERIOR: 0.04

FECHA EMISIÓN
01 abr 2018

FECHA VENCIMIENTO
18 abr 2018

TOTAL A PAGAR S/ *****3140.60**

SON : TRES MIL CIENTO CUARENTA CON 60/100 SOLES

MENSAJES

Próxima Facturación:

| Mes | F. Lectura | F. Factur. | F. Pago |
|----------|-------------|------------|-------------|
| abr-2018 | 25-abr-2018 | 1-may-2018 | 18-may-2018 |

PAGUE SÓLO EN CENTROS AUTORIZADOS NO AL MENSAJERO

| | |
|---------------|-------------|
| MES FACTURADO | Marzo-2018 |
| VENCIMIENTO | 18 abr 2018 |
| TOTAL S/ | ***3,140.60 |

001-0041306
 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 001 - 30 - PUNO/PUNO

24 - 1401900 2018001000002852649

401-07-03-001178

Al momento de cancelar su recibo ejecute su ticket de pago



Electro Puno S.A.A.

Empresa Responsable de Servicio Público de Energía
 RECIBO N 24 - 1370702
 www.electropuno.com.pe
 JR. ISMIRIANO H. CORNELIO N° 190 PUNO - PUNO - PUNO
 B.O.I.C. 39425478992 TELEFONO: (051) 366246 PUNO

Para consultar su número de cliente es:

001-0041306

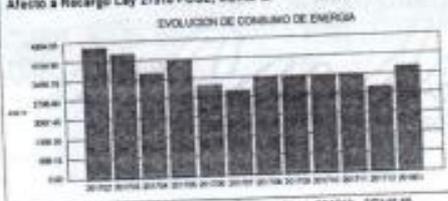
MES FACTURADO

Enero-2018

| DATOS DEL CLIENTE | |
|-------------------|-----------------------------------|
| NOMBRE | UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLAN |
| D.N.I. | 01266518 |
| DIRECCIÓN | JR. ACORA N° 235 |
| ENTREGA | JR. ACORA N° 235 |
| DPTO/PROV | PUNO - PUNO - PUNO 010117001130 |
| ZONA | 001 - 30 - PUNO ZONA 030 3E9025 |
| ROUTA | 401-07-03-001178 NO RESIDENCIAL |

| DATOS TÉCNICOS | |
|----------------|----------------------------------|
| TARIFA BT3B | POTENCIA 14.89 kW CONEXIÓN C22 |
| ACOMETIDA | Aérea SISTEMA TRIFÁSICO 4 Hfas + |
| MEDIDOR | 2189117 ELECTRONICO 220 V |

| DETALLE DEL CONSUMO | |
|--|-------------------|
| LECTURA ACTUAL: CK | 39016 26 Ene 2018 |
| LECTURA ANTERIOR: CK | 66186 26 Dic 2017 |
| FACTOR | 1.00 CLIENTES 1 |
| CONSUMO FACTURADO I | 3630.90 kWh |
| EL COSTO DE kWh ES: S/ 0.6581 kWh CV S/ 0.0000 CASE No Med. CV | |
| Afecto a Recargo Ley 27510 FOSE, Monto S/ 88.93 | |



| DETALLE FACTURACIÓN | |
|---|------------|
| CONCEPTO | IMPORTE S/ |
| ALUMBRADO PÚBLICO | 73.50 |
| CARGO FUD | 3.13 |
| ENERGÍA | 2529.57 |
| INTERESES COMPENSATORIOS | 8.29 |
| MANTENIMIENTO Y REPARACION DE LA CONEXION | 1.48 |
| VARIACION TARIFARIA | 31.13 |

| | |
|-----------------|----------------|
| SUBTOTAL | 2636.85 |
| IGV 9% | 474.85 |

| OTROS PAGOS | |
|---------------------------------|--------|
| Dev. CASE- Ley N°30543 | 520.59 |
| INTERESES MORATORIO | 0.45 |
| LEY 26748 ELECTRIFICACION RURAL | 31.79 |
| REDONDEO DEL MES | -6.02 |
| REDONDEO MES ANTERIOR | 0.02 |

| | | | | | |
|---------------|-------------|-------------------|-------------|------------------|------------|
| FECHA EMISIÓN | 01 feb 2018 | FECHA VENCIMIENTO | 18 feb 2018 | TOTAL A PAGAR S/ | ***2624.55 |
|---------------|-------------|-------------------|-------------|------------------|------------|

SON : DOS MIL SEISCIENTOS VEINTICUATRO CON 55/100 SOLES MENSAJES

Devolución CASE según Resolución Osinergmín N° 230-2017-OS/CD.

| | | | |
|---|-------------|------------------------------------|---------------------|
| PAGUE SÓLO EN CENTROS AUTORIZADOS NO AL MENSAJERO | | 24 - 1370702 | 2018031000000780740 |
| MES FACTURADO | Enero-2018 | 001-0041306 | |
| VENCIMIENTO | 18 feb 2018 | UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO | |
| TOTAL S/ | ***2.624.55 | 001 - 30 - PUNO - PUNO | |

Al momento de cancelar su recibo esija su ticket de pago

Electro Puno S.A.A.
 Empresa Regional de Servicios Públicos
 www.elsppunobolivia.com
RECIBO N 24 - 1261984
 JR. MARIANO H. CORNEJO N° 180 PUNO - PUNO - PUNO
 R.U.C. 20405478892 TELEFONO: (051) 399266 - PUNO

Para consultas su número de cliente es:

001-0041306

MES FACTURADO

Junio-2017

| DATOS DEL CLIENTE | |
|-------------------|-----------------------------------|
| NOMBRE | UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLAN |
| D.N.I. | 81396518 |
| DIRECCIÓN | JR. ACORA N° 236 |
| ENTREGA | JR. ACORA N° 236 |
| DPTO/PROV | PUNO - PUNO - PUNO 810111081130 |
| ZONA | 001 - 30 - PUNO ZONA 830 SE0006 |
| RUTA | 401-07-03-001178 NO RESIDENCIAL |

| DETALLE FACTURACIÓN | |
|---|------------|
| CONCEPTO | IMPORTE S/ |
| ALUMBRADO PUBLICO | 72.00 |
| CARGO FUD | 3.12 |
| ENERGIA | 2000.34 |
| INTERESES COMPENSATORIOS | 9.18 |
| MANUTENIMIENTO Y REPOSCION DE LA CONEXION | 1.48 |

| DATOS TÉCNICOS | |
|----------------|-----------------------------------|
| TARIFA BTSE | POTENCIA 14.86 KW CONEXION C22 |
| ACOMETIDA | Aerea SISTEMA TRIFASICO 4 Hilos * |
| MEDIDOR | 2169117 ELECTRONICO 220 V |

| DETALLE DEL CONSUMO | |
|---|-----------------------------------|
| LECTURA ACTUAL: OA | 4829 27 Jun 2017 |
| LECTURA ANTERIOR: OK | 4259 27 May 2017 |
| FACTOR: 1.00 | CUENTES: 1 |
| CONSUMO FACTURADO: | 570 kWh |
| EL COSTO DE kWh ES: S/ 0.6153 | Modo CV S/ 0.0000 CASH No Modo CV |
| Afecto a Recargo Ley 27316 FOSE, Monto S/ | 33.75 |



| | |
|-----------------|----------------|
| SUBTOTAL | 2086.53 |
| IGV 18% | 375.90 |

| OTROS PAGOS | |
|------------------------------|-------|
| INTERES MORATORIO | 0.25 |
| LEY 26746 ELECTRICIDAD RURAL | 26.33 |
| REDONDEO DEL MES | -0.02 |
| REDONDEO MES ANTERIOR | 0.01 |

| | | |
|---------------|-------------------|------------------|
| FECHA EMISIÓN | FECHA VENCIMIENTO | TOTAL A PAGAR S/ |
| 01 Jul 2017 | 17 Jul 2017 | ***2488.20 |

SON : DOS MIL CUATROCIENTOS OCHENTA Y OCHO CON 20/100 SÓLES

| MENSAJES | | | |
|----------------------|-------------|------------|-------------|
| Próxima Facturación: | | | |
| Mes | F. Lectura | F. Factur. | F. Pago |
| Jul-2017 | 26-Jul-2017 | 1-Ago-2017 | 17-Ago-2017 |

PAGUE SÓLO EN CENTROS AUTORIZADOS NO AL MENSAJERO

24 - 1261984 2017001000004860806

| | |
|---------------|-------------|
| MES FACTURADO | Junio-2017 |
| VENCIMIENTO | 17 Jul 2017 |
| TOTAL S/ | ***2,488.20 |

001-0041306
 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 001 - 30 - PUNO - PUNO

