

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**



**ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE
ILUMINACIÓN LED CON SUMINISTRO FOTOVOLTAICO
PARA EL COLEGIO 16003 MIRAFLORES -JAÉN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**

**AUTORES : Bach. Jhon Harlis Quiroz Gordillo
Bach. Osmer Segura Cubas**

ASESOR : Mg. Ing. Lenin Franchescoeth Núñez Pintado

JAÉN – PERÚ, AGOSTO, 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

Universidad Licenciada con Resolución del Consejo Directivo N° 002-2018-SUNEDU/CD

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 28 de agosto del año 2019, siendo las 11:15 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: Oscar Núñez Mori

Secretario: José Andrés Fernández Mera

Vocal: Eduar Jamis Mejía Vásquez, para evaluar la Sustentación de:

() Trabajo de Investigación

(X) Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: Estudio de implementación de sistema de iluminación LED con suministro fotovoltaico para el colegio 16003 Miraflores-Jaén, presentado por Estudiantes/Egresados o Bachilleres Jhon Harlis Quiroz Gordillo y Osmer Segura Cubas de la Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Nacional de Jaén.

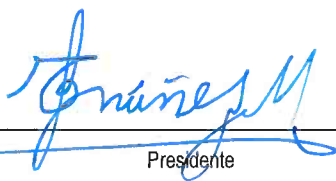
Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (14) |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 12:30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


Presidente


Secretario


Vocal

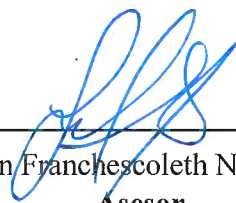
**“ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN
LED CON SUMINISTRO FOTOVOLTAICO PARA EL COLEGIO 16003
MIRAFLORES JAÉN”**



Jhon Harlis Quiroz Gordillo
Tesista



Osmer Segura Cubas
Tesista



Mg. Lenin Franchescoleth Núñez Pintado
Asesor

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELECTRICISTA**



Mg. Oscar Núñez Mori
Presidente



Mg. José Andrés Fernández Mera
Secretario



Ing. Eduar Jamís Mejía Vásquez
Vocal

DEDICATORIA

A Dios por darme la sabiduría y fuerzas para seguir adelante y seguir el camino hacia el éxito.

A mis padres Moises Quiroz Cubas y Elidia Gordillo Carranza , a mi hija Ethel , esposa , hermana y mis abuelos por su apoyo incondicional brindado durante mi formación profesional.

Jhon Harlis Quiroz Gordillo

A Dios por brindarme salud y vida, a mi madre Dorila Cubas Encalada, a mis hermanos Dayra, James y Maycol, mi sobrino Aarom y a todas las personas que me brindaron su apoyo para poder lograr mis objetivos y cumplir mis sueños.

Osmer Segura Cubas

AGRADECIMIENTO

A la plana docente de la Universidad Nacional de Jaén, quienes día a día se han esforzado por brindarnos una formación sólida, con principios para ser profesionales competitivos en un mundo globalizado, en particular al Ing. Lenin Franchescoeth Núñez Pintado, asesor de tesis quien nos han orientado para poder culminar el presente trabajo de investigación denominado “Estudio de implementación de sistema de iluminación LED con suministro fotovoltaico para el colegio 16003 Miraflores - Jaén”.

Al director y administrativos del Colegio 16003 Miraflores - Jaén , por habernos brindado la autorización para desarrollar el presente trabajo de investigación en sus instalaciones, también agradecemos a todos los colaboradores de los diversos departamentos involucrados que nos han prestado las condiciones necesarias para desarrollarlo con normalidad.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Antecedentes	2
1.1.1.	Antecedentes Internacionales	2
1.1.2.	Antecedentes locales	2
1.2.	Formulación del problema	3
1.3.	Justificación e importancia	4
II.	OBJETIVOS	5
2.1.	Objetivo general.....	5
2.2.	Objetivos específicos.	5
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
3.1.	Ubicación geográfica	6
3.2.	Tipo de investigación empleada.	6
3.3.	Materiales.....	7
3.3.1.	Excel.....	7
3.3.2.	Datos meteorológicos de la NASA	7
3.4.	Metodología	7
	Estimación del consumo de energía promedio del sistema LED.....	13
3.4.3.1	Evaluación del recurso solar en el colegio Miraflores-Jaén.....	14
3.4.3.2	Parámetros de dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico.....	16
3.4.4.	Evaluación económica.....	31
3.4.4.1	Análisis económico del proyecto.....	31
IV.	RESULTADOS	42
4.1.	Demanda de energía eléctrica requerida por el sistema de iluminación del colegio Miraflores.....	42
4.2.	Potencia requerida por el sistema de iluminación LE para el colegio Miraflores..	42

4.3.	Sistema fotovoltaico de acuerdo al recurso solar para satisfacer la demanda del sistema de iluminación LED.....	43
4.4.	Análisis económico para la implementación.	43
V.	DISCUSION.....	45
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Luminarias instaladas en pabellón 1.	8
Tabla 2. Luminarias instaladas en pabellón 2.	9
Tabla 3. Luminarias instaladas en pabellón 3.	9
Tabla 4. Potencia Instalada en el colegio Miraflores Jaén.	9
Tabla 5. Características de las lámparas instaladas.	10
Tabla 6. Luminarias LED a instalar en pabellón 1.	10
Tabla 7. Luminarias LED a instalar en pabellón 2.	11
Tabla 8. Luminarias LED a instalar en pabellón 3.	11
Tabla 9. Potencia LED Instalada en el colegio Miraflores Jaén.	11
Tabla 10. Características de las luminarias LED a instalar.	12
Tabla 11. Cuadro comparativo de luminarias LED y luminarias convencionales.	12
Tabla 12. Criterio de selección de voltaje de operación en CC del sistema.	13
Tabla 13. Incidencia de radiación promedio mensual.	14
Tabla 14. Radiación solar a 5°.	16
Tabla 15. Radiación solar y días de autonomía.	17
Tabla 16. Parámetros para dimensionamiento del sistema fotovoltaico	17
Tabla 17. Reguladores más comerciables en el mercado.	22
Tabla 19. Coeficiente de conductividad del cobre en función a la temperatura.	26
Tabla 20. Sección del conductor y caída de tensión.	28
Tabla 21 . Datos técnicos de fusibles.	31
Tabla 22. Costo de las lámparas instaladas en el Colegio Miraflores 16004 – Jaén.	32
Tabla 23. Cargas eléctrica anual en el Colegio Miraflores-Jaén.	32
Tabla 24. Precio de lámparas LED a instalar.	33
Tabla 25. Carga eléctrica anual con LED en el colegio Miraflores-Jaén.	34
Tabla 26. Compra de suministros de materiales para el sistema fotovoltaico.	34
Tabla 27. Presupuesto del sistema fotovoltaico	34
Tabla 28. Mantenimiento del sistema fotovoltaico	35
Tabla 29. Ingresos de dinero por cambio de sistema de iluminación.	37
Tabla 30. Egresos de dinero por implementación del sistema fotovoltaico	38
Tabla 31. Cálculo del flujo neto	39
Tabla 32. Valor Actual Neto (VAN)	40
Tabla 33. Tasa Interna Retorno (TIR)	41
Tabla 34. Potencia Iluminación en el colegio Miraflores Jaén.	42
Tabla 35. Potencia Instalada en el colegio Miraflores.	42
Tabla 36. Componentes del sistema fotovoltaico.	43
Tabla 37. Valores del VAN y TIR.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del colegio Miraflores 16003 Jaén. Fuente: Google Earth Pro (2019)	6
Figura 2. Inclínación de panel solar a 10°.	15
Figura 3. Radiación a lo largo de un día. Fuente: Salas (2014).....	19
Figura 4. Controlador Bule Solar 150/60. Fuente: Catálogo regulador MPPT.	21
Figura 5. Especificaciones técnicas de controlador MPPT 150/60. Fuente: Catálogo regulador MPPT.....	21
Figura 6. Acumuladores de carga. Fuente: Catálogo baterías Rolls.....	24
Figura 7. Inversor. Fuente: Catálogo inversor ABB.....	25
Figura 8. Datos técnicos de conductor. Fuente: Catálogo de conductor THW.	29
Figura 9. Recibo de consumo electrónico. Fuente: Electro Oriente	33
Figura 10. Colegio Miraflores Jaén.	62
Figura 11. Fluorescentes instalados en las aulas.	62
Figura 12. Fluorescentes instalados en los pasadizos.....	63
Figura 13. Focos instalados en los servicios higiénicos.	63

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Especificaciones técnicas de tubos LED.	50
Anexo 2. Especificaciones técnicas de Bombillas LED.....	51
Anexo 3. Cotización de las lámparas LED.....	53
Anexo 4. Cotización del sistema fotovoltaico.	54
Anexo 5. Especificaciones técnicas de paneles solares.....	55
Anexo 6. Especificaciones técnicas de baterías.	57
Anexo 7. Especificaciones técnicas del regulador.	59
Anexo 8. Especificaciones técnicas del inversor.....	60
Anexo 9. Panel Fotográfico.....	62
Anexo 10. Esquema del sistema eléctrico con paneles solares.	64
Anexo 11. Planos de los pabellones del colegio Miraflores Jaén.....	64

RESUMEN

La presente investigación denominada “Estudio de implementación de sistema de iluminación LED con suministro fotovoltaico para el colegio 16003 Miraflores-Jaén” está orientado al ahorro energético y al uso de energía limpia en la parte de iluminación interior y exterior, este estudio se realizó en el Colegio Nacional Miraflores 16003 en la Provincia de Jaén, el cual puede también ser implementado en cualquier entidad pública o privada.

Los métodos utilizados para esta investigación fueron el análisis teórico mediante la revisión e investigación bibliográfica a cerca de la tecnología light emitting diode (LED) y la energía fotovoltaica, luego se procedió a realizar el método experimental el cual consistió en la visita técnica realizada al colegio en donde se determinó la carga utilizada por el sistema de iluminación existente, también se realizaron los cálculos de los equipos que componen el sistema fotovoltaico el mismo que satisfaga la carga del sistema de iluminación LED propuesto, de igual manera se hizo una evaluación económica según el tiempo de vida útil de los componentes del sistema seleccionados para el estudio.

Los resultados más relevantes que se obtuvieron fue que aparte de que el sistema de iluminación propuesto es altamente eficiente, también posee los mismos lúmenes que el sistema de iluminación existente con la ventaja que consume mucho menos energía, lo cual permite un ahorro económico significativo. Si bien el sistema fotovoltaico requiere de una inversión inicial importante, esta se recuperará, pues se producirán ahorros por cambios de luminarias convencionales y reducción de consumo. Además esta tecnología es beneficiosa para el planeta ya que es un tipo de energía limpia que no contamina el medio ambiente.

Palabras Clave: Fotovoltaico, LED, Energía Eléctrica, Potencia, Voltaje.

ABSTRAC

The present research called “study of implementation of the LED lighting system with photovoltaic supply for the 16003 Miraflores Jaén school” is aimed at saving energy and the use of clean energy in the interior and exterior lighting part, this study was carried out at the school National Miraflores 16003 in the Province of Jaén which can also be implemented in any public or private entity. The methods used for this research were the theoretical analysis through the review and literature research about LED lighting and photovoltaic energy, then the experimental method was carried out which consisted of the technical view carried out at the school where the load used by the existing lighting system, the calculations of the equipment that make up the photovoltaic system were also carried out, which satisfies the load of the proposed LED lighting system, in the same way an economic evaluation was made according to the lifetime of the system components selected for the study. The most relevant results obtained were that apart from the fact that the proposed lighting system is highly efficient, it also has the same lumens as the existing lighting system with the advantage that consumes much less energy, which allows significant economic saving. Although the photovoltaic system requires a significant initial investment, it will recover, since savings will be produced by changes in conventional luminaires and reduced consumption. In addition, this technology is beneficial for the planet since it is a type of clean energy that does not pollute the environment.

Keywords: Photovoltaic, LED, Electric Power, Power, voltage.

I. INTRODUCCIÓN

Las energías renovables son una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos atrás, en especial la energía solar, esta es obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación solar, además la población está enfrentando problemas energéticos como es el aumento del consumo de energía eléctrica debido al constante crecimiento, tanto en el sector residencial como el sector industrial, los cuales demandan una mayor cantidad de energía eléctrica.

Debido a esta crisis se está dando la necesidad de aprovechar de mejor forma los recursos energéticos disponibles, para esto en el campo de iluminación se están diseñando lámparas LED más eficientes y ahorradoras de energía, las cuales consumen hasta un 90% menos que las lámparas tradicionales, estas son utilizadas para la iluminación de casas, colegios, industrias, edificios industriales, calles plazas y avenidas.

Este proyecto de investigación permite promover el uso de las energías renovables, así como también el uso de luminarias LED para el ahorro de energía, la propuesta de esta investigación tiene como objetivo estudiar la implementación de sistema de iluminación LED con suministro fotovoltaico para el colegio 16003 Miraflores – Jaén, tomando como referencia la demanda del sistema de iluminación LED a implementar y los datos obtenidos por la National Aeronautics and Space Administration (NASA), posteriormente se estará desarrollando el dimensionamiento de cada componente del sistema fotovoltaico.

1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedentes Internacionales

En España, Jadraque (2011), en su tesis doctoral “Uso de la energía solar fotovoltaica como fuente para el suministro de energía eléctrica en el sector residencial” cuyo objetivo fue conseguir la autosostenibilidad energética de los usos relacionados con la vivienda residencial mediante las instalaciones fotovoltaicas integradas en los edificios, se sustituyeron las bombillas convencionales por otras de más bajo consumo que son alimentadas por energía solar fotovoltaica.

Del mismo modo en México, Fidencio y Gomorra (2013), en su tesis “Diseño y construcción de un sistema de iluminación a base de celdas fotovoltaicas empleando lámparas LED en el corredor (pumabus), de la fes Zaragoza campus II” cuyo objetivo fue sustituir un sistema de alumbrado convencional por uno a base de celdas fotovoltaicas y lámparas LED en el corredor que se dirige hacia el transporte de la escuela, en este proyecto se logró la sustitución de la iluminación a base de lámparas fluorescentes del corredor (Pumabus) del campo II Zaragoza por el sistema de celdas fotovoltaicas y lámparas LED.

1.1.2. Antecedentes locales

Sampen (2018), en su tesis “Propuesta de implementación de lámparas LED con suministro fotovoltaico para reducir el consumo de energía eléctrica de origen convencional en el Solec Business Hotel Chiclayo - Chiclayo – Lambayeque tuvo como objetivo implementar de luminarias tipo LED con suministro fotovoltaico para reducir el consumo de energía eléctrica de origen convencional en el Solec Business Hotel. Se logró obtener la demanda de energía eléctrica promedio de alumbrado con lámparas LED diario y se ha evaluado instalar su sistema fotovoltaico que satisfaga dicha demanda.

1.2. Formulación del problema

El Colegio Nacional “16003 MIRAFLORES – JAÉN”, cuenta con un presupuesto que se le asigna del estado cada año, siendo una institución pública.

La energía eléctrica que es suministrada al colegio es del tipo convencional, como se tiene de conocimiento que al generar electricidad a partir de fuentes convencionales de energía causa grandes problemas como lo son: contaminación ambiental y costos elevados.

La iluminación de este colegio es por medio de lámparas fluorescentes, las cuales aparte de ser muy deficientes en el mercado, consumen gran cantidad de energía.

En vista de esta situación es que se realiza esta investigación, la cual sería en primera instancia la sustentación del uso de energía solar en el colegio así como también el uso de lámparas LED, lo que sería una iniciativa para otras instituciones educativas que conllevará al desarrollo de energía limpia que va de la mano con el ahorro de la misma así como el uso de luminarias de muy bajo consumo eléctrico. Por todo lo cual se presenta el siguiente Problema de Investigación:

¿Cómo se realiza un estudio de implementación de sistema de iluminación LED con suministro fotovoltaico para el colegio 16003 Miraflores - Jaén?

1.3. Justificación e importancia

Este proyecto de investigación nace por la necesidad del colegio de reducir los costos por el uso de energía que es suministrada de la red eléctrica convencional, así como también contar con una iluminación eficiente ya que en dicho colegio existen luminarias tradicionales, las cuales aparte de ser deficientes poseen un alto consumo energía.

El colegio Miraflores de la provincia de Jaén cuenta con 740 alumnos, y existen locales como aulas, biblioteca, campo deportivo, sala de cómputo, comedor, oficinas de administración, etc.

Dicho colegio al contar con un sistema de iluminación eficiente permitirá que los alumnos profesores y administrativos que hagan uso de sus instalaciones se sientan cómodos y satisfechos así como no sufran problemas o enfermedades visuales por mala iluminación.

La importancia de este proyecto de investigación se basó en uso de las energías renovables basado en energía solar fotovoltaica que es una tipo de energía limpia que no contamina el planeta, además de usar elementos eficientes como los focos LED, ya que los focos incandescentes están formados de materiales tóxicos y tienen mayor consumo de energía eléctrica. El uso de energía fotovoltaica con iluminación LED significa un gran aporte en la sociedad dando como resultado una mayor eficiencia energética, también ahorro de costos en el futuro y sobre todo permite proteger el medio ambiente.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general.

Estudiar la implementación de sistema de iluminación LED con suministro fotovoltaico para el colegio 16003 Miraflores –Jaén.

2.2. Objetivos específicos.

- Determinar la demanda de energía eléctrica requerida por el sistema de iluminación del colegio 16003 Miraflores - Jaén.
- Determinar la potencia requerida por el sistema de iluminación LED para el colegio 16003 Miraflores - Jaén.
- Evaluar el sistema fotovoltaico de acuerdo al recurso solar para satisfacer la demanda del sistema de iluminación LED.
- Analizar económicamente el proyecto para su implementación.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica

El estudio de implementación de sistema de iluminación LED con suministro fotovoltaico para el colegio 16603 Miraflores – Jaén se encuentra ubicado en la provincia de Jaén, en la zona Nor-Oriental del departamento de Cajamarca, en las coordenadas $-5,420203$ latitud y $-78,484944$ longitud.

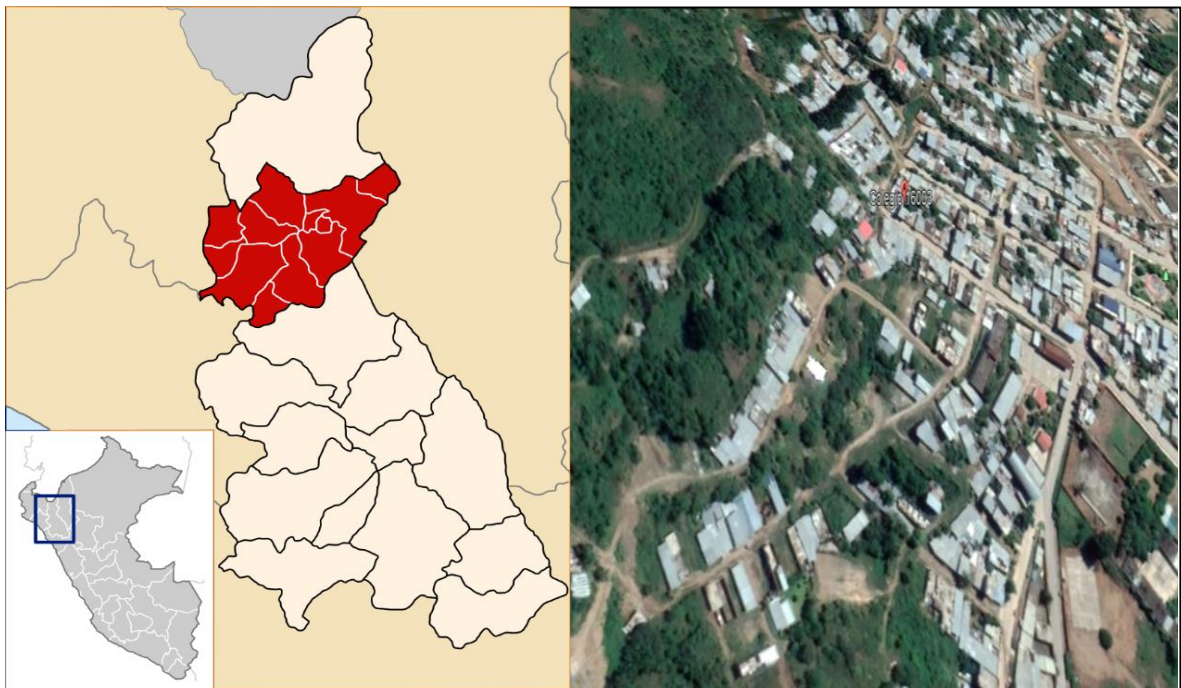


Figura 1. Ubicación del colegio Miraflores 16003 Jaén. Fuente: Google Earth Pro (2019)

3.2. Tipo de investigación empleada.

La metodología empleada en esta investigación es descriptiva, donde se utilizaron técnicas para la recopilación de datos de campo, así como también datos de radiación solar para la obtención de la energía eléctrica requerida por el sistema de iluminación LED.

3.3. Materiales

3.3.1. Excel

Es un programa informático, bastante utilizado en la actualidad ya que permite procesar datos tomados de campo. Sánchez (2013), considera que es un software de aplicación que ofrece Microsoft Office a través del cual se pueden realizar operaciones con números organizados en una cuadrícula, implementar de fórmulas, crear gráficas, realizar cálculos probabilísticos, análisis de datos, estadística descriptiva, generar histogramas, entre otras acciones. Se utilizó este software para analizar los datos.

3.3.2. Datos meteorológicos de la NASA

Navarro (2015), es la agencia del gobierno estadounidense. Su propósito es supervisar la exploración espacial y la investigación aeronáutica de los Estados Unidos. Esto implica investigaciones científicas, enviar sondas espaciales para estudiar el sistema solar y lugares más lejanos, desarrollar y mejorar viajes aéreos, entre muchas otras funciones que benefician a personas de todo el mundo con el paso de los descubrimientos.

Se utilizará el portal de la NASA para determinar los niveles de radiación solar en el Colegio 16003 Miraflores - Jaén.

3.4. Metodología

Para realizar el estudio de implementación de sistema de iluminación LED con suministro fotovoltaico para el colegio 16003 Miraflores Jaén, se determinó la demanda de energía eléctrica requerida por el sistema de iluminación del colegio Miraflores, para lo cual se realizó la formalidad para acceder a las instalaciones del colegio, donde se solicitó los datos técnicos de cada luminaria para ver su potencia y nivel de iluminación, para calcular la demanda del sistema de iluminación actual.

Se realizó el cálculo de la potencia requerida por el sistema de iluminación LED para el colegio Miraflores, donde se calculó el número de luminarias LED a utilizar, las cuales tendrán igual o mayor eficiencia que las luminarias existentes pero de menor consumo.

También se hizo una evaluación del sistema fotovoltaico de acuerdo al recurso solar para satisfacer la demanda del sistema de iluminación LED. Se obtuvo la radiación solar mediante datos de la NASA para la realización del cálculo de la potencia del sistema fotovoltaico a utilizar.

Finalmente se realizó un análisis económico de la implementación de luminarias LED con suministro fotovoltaico. En la cual se analizó la viabilidad del proyecto desde el punto de vista económico y financiero. Donde se utilizó los indicadores VAN y el TIR que son dos herramientas financieras procedentes de las matemáticas financieras que nos permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión.

3.4.1. Determinación de la demanda eléctrica requerida por el sistema de iluminación del colegio Miraflores.

Con la finalidad de lograr este objetivo se elaboró un inventario de luminarias existentes con su respectivo consumo el cuál se detalla a continuación:

a) Inventario de las luminarias del colegio 16003 Miraflores

A partir de las visitas técnicas realizadas al Colegio 16003 Miraflores, se obtuvieron los siguientes datos: cantidad de luminarias, potencia de cada luminaria, voltaje de funcionamiento, así como también su flujo luminoso de cada luminaria instalada en el colegio, los cuales se describen en las tablas 1,2,3,4 y 5.

Tabla 1. *Luminarias instaladas en pabellón 1.*

Ítems	Descripción	Cantidad	Potencia(W) C/U	Total (W)
1	Fluorescentes TL-M RS 40 W 33-640 instaladas en las aulas.	88	40	3520
2	Fluorescentes circulares TLE32W-54-765 instaladas en los pasadizos y escaleras	25	32	736
3	Lámparas ahorradora Phillips Instaladas en SS-HH.	4	50	200

Tabla 2. *Luminarias instaladas en pabellón 2.*

Ítems	Descripción	Cantidad	Potencia(W) C/U	Total (W)
1	Fluorescentes TL-M RS 40 W 33-640 instaladas en las aulas.	80	40	3200
2	Fluorescentes circulares TLE32W-54-765 instaladas en los pasadizo y escaleras	23	32	800
3	Lámparas ahorradora Phillips Instaladas en SS-HH.	4	50	200

Tabla 3. *Luminarias instaladas en pabellón 3.*

Ítems	Descripción	Cantidad	Potencia(W) C/U	Total (W)
1	Fluorescentes TL-M RS 40 W 33-640 instaladas en las aulas.	48	40	1920
2	Fluorescentes circulares TLE32W-54-765 instaladas en los pasadizo y escaleras	15	32	480
3	Lámparas ahorradora Phillips Instaladas en SS-HH.	4	50	200

Tabla 4. *Potencia Instalada en el colegio Miraflores Jaén.*

Ítems	Descripción	Total (W)
1	Potencia Instalada Pabellón 01	4520
2	Potencia Instalada Pabellón 02	4136
3	Potencia Instalada Pabellón 03	2600
	Potencia Instalada Total	11256

Según las tablas la potencia total utilizada para el sistema de iluminación del Colegio Miraflores- Jaén con lámparas de 40 W instaladas en las aulas, 32 W en los pasadizos y 50 W en los SS-HH respectivamente es de 11256 W

b) Características de las luminarias instaladas

En la tabla 5 se muestra los datos técnicos de las lámparas instaladas en el Colegio 16003 Miraflores-Jaén, estas lámparas son de la marca Philips de 50,40 y 32 W.

Tabla 5. *Características de las lámparas instaladas.*

Características	Fluorescentes TLD	Fluorescentes TLD	Foco Ahorrador espiral
Potencia	40	32	50
Voltaje	220-240 V	220-240	220-240 v
Frecuencia	50-60 Hz	50-60 Hz	50-60 Hz
Flujo luminoso	2100	1410	1400
Eficiencia luminosa	71	63	50
Color	Blanco	Blanco	Blanco
Marca	Philips	Philips	Philips
Modelo	TL-M RS 40W/33-640	TLE32W-54-765	50 W E27

Fuente: Elaboracion propia tomada de Catálogo Philips.

3.4.2. Determinación de la potencia requerida por el sistema de iluminación LED para el colegio Miraflores.

Para este objetivo se realizó el cálculo del consumo por el sistema de iluminación LED a implementar, para lo cual se tomaron datos de cada luminaria como: potencia, flujo luminoso, el cual es equivalente al número de lúmenes de las lámparas existentes como se observa en la tabla 10. En la tabla 6, 7, y 8 se muestra el inventario de las lámparas LED a utilizar.

Tabla 6. *Luminarias LED a instalar en pabellón 1.*

Ítems	Descripción	Cantidad	Potencia(W) C/U	Total (W)
1	Tubo LED en las aulas.	44	30	880
2	Lámpara LED en corredores y escaleras	25	8	200
3	Lámpara LED en SSHH.	4	8	32

Tabla 7. *Luminarias LED a instalar en pabellón 2.*

Ítems	Descripción	Cantidad	Potencia(W) C/U	Total (W)
1	Tubo LED en las aulas.	44	30	880
2	Lámpara LED en corredores y escaleras	23	8	184
3	Lámpara LED en SSHH.	4	8	32

Tabla 8. *Luminarias LED a instalar en pabellón 3.*

Ítems	Descripción	Cantidad	Potencia(W) C/U	Total (W)
1	Tubo LED en las aulas.	44	30	880
2	Lámpara LED en corredores y escaleras	15	8	200
3	Lámpara LED en SSHH.	4	50	32

En las aulas hay 2 tubos fluorescentes instalados por cada punto , en cambio al implementar con lámparas LED se ha considerado un sola lámparas por cada punto ya que tiene mayor flujo luminoso que 2 lamparas convencionales, en los pasadizos y baños se ha considerado instalar la misma cantidad que las existentes pero de menor potencia.

Tabla 9. *Potencia LED Instalada en el colegio Miraflores Jaén.*

Ítems	Descripción	Total (W)
1	Potencia Instalada Pabellón 01	1112
2	Potencia Instalada Pabellón 02	1016
3	Potencia Instalada Pabellón 03	632
	Potencia Instalada Total	2760

Con referencia a la tabla 9, la potencia total del sistema de iluminación con lámparas LED de 30 W en las aulas, 8 W en los pasadizos y SSHH es de 2760 W.

a. Características de las luminarias LED a instalar (ver anexo 01 y 02)

Tabla 10. *Características de las luminarias LED a instalar.*

Características	Tubo LED/30 W	Tubo LED/8W	Bombilla LED 8W
Potencia	30	8	8
Voltaje	220-240 V	220-240 V	220-240
Frecuencia	50-60 Hz	50-60 Hz	50-60 Hz
Flujo luminoso	4500	1500	1400
Eficiencia luminosa	71	93	63
Color	Blanco Frio	Blanco Frio	Blanco Frio
Marca	Philips	Philips	Philips
Modelo	TL-M RS 30W/33-640	TL-D Súper 80 8W/840	E27-8W

Fuente: Elaboracion propia tomada de Catálogo Philips.

De la tabla 11, al comparar las características de las luminarias LED a instalar con las características de las luminarias existentes observamos que las lámparas LED tienen mayor flujo luminoso que las luminarias existentes y son de menor consumo de energía eléctrica.

Tabla 11. *Cuadro comparativo de luminarias LED y luminarias convencionales.*

	Tubo LED	Fluorescente TLD	Tubo LED	Fluorescente TLD	Bombilla LED	Foco ahorrador
Potencia	30	40	8	32	8	50
Lúmenes	4500	2100	1500	1410	1400	1400
Voltaje	220-240 V	220-240 V	220-240 V	220-240 V	220-240 V	220-240 V
Frecuencia	50-60 HZ	50-60 HZ	50-60 HZ	50-60 HZ	50-60 HZ	50-60 HZ
Marca	Philips	Philips	Philips	Philips	Philips	Philips
Color	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco	Blanco

Fuente: Elaboracion propia tomada de Catálogo Philips.

Estimación del consumo de energía promedio del sistema LED.

El consumo de energía eléctrica promedio diario en corriente alterna (L_{AC}) está dado por la ecuación 1:

$$L_{AC} = \frac{(\text{Num.Horas}) \times (\text{potencia de lámpara}) \times (\text{num.Lámparas})}{1000} \quad (1)$$

Considerando el número de horas de funcionamiento, la cantidad y su potencia de cada lámpara LED a implementar y reemplazando en la ecuación 1 se obtuvo lo siguiente:

$$L_{AC} = \frac{(3,5 \text{ h}) \times (30W) \times (108)}{1000} = 11.34 \text{ kWh}$$

$$L_{AC} = \frac{(12h) \times (8W) \times (63)}{1000} = 6.048 \text{ kWh}$$

$$L_{AC} = \frac{(4h) \times (8W) \times (12)}{1000} = 0.384 \text{ kWh}$$

El consumo de energía eléctrica promedio diario con lámparas LED para el colegio Miraflores- Jaén es de 17.27 kWh.

Según la demanda también se va a tomar en cuenta el voltaje de trabajo con el que va a funcionar el sistema fotovoltaico el cual se muestra en la tabla 12.

Tabla 12. *Criterio de selección de voltaje de operación en CC del sistema.*

Demanda de potencia (Wh) en CA	Voltaje de entrada del inversor en CC
$D \leq 1500$	12
$1500 < D < 5000$	24 ó 48
$D \geq 5000$	48 ó 120

Fuente: León (2015).

En la tabla 12 se muestra el criterio de selección del voltaje de operación en corriente continua, en nuestro caso elegimos una tensión de 48 V lo que sería el voltaje del sistema fotovoltaico.

3.4.3. Evaluación del sistema fotovoltaico de acuerdo al recurso solar para satisfacer la demanda del sistema de iluminación LED.

Para la evaluación del sistema fotovoltaico se ha seguido los siguientes pasos.

3.4.3.1 Evaluación del recurso solar en el colegio Miraflores-Jaén.

Se realizó la evaluación del recurso solar con datos de radiación solar obtenidos del portal web de la NASA mediante los datos de latitud de -5,420203 y longitud 78,484944 ingresados, los mismos que se detallan a continuación en la tabla 13.

Tabla 13. *Incidencia de radiación promedio mensual.*

Mes	Rad. Reflejada	Rad. Difusa	Rad. Directa	Rad. a 0°	Rad. a 5°	Rad. a 20°	Rad. a 90°
Enero	0,39	2,28	2,75	4,09	4,16	4,13	2,09
Febrero	0,36	2,32	2,29	3,87	3,93	3,81	1,78
Marzo	0,40	2,32	2,72	4,19	4,25	4,06	1,66
Abril	0,42	2,13	3,07	4,19	4,24	4,26	2,15
Mayo	0,47	1,9	3,72	4,26	4,31	4,56	2,74
Junio	0,48	1,77	3,93	4,18	4,22	4,59	3,01
Julio	0,48	1,81	3,93	4,26	4,31	4,63	2,93
Agosto	0,48	1,99	3,92	4,57	4,62	4,76	2,57
Setiembre	0,48	2,20	3,92	4,89	4,95	4,83	1,99
Octubre	0,46	2,34	3,68	4,87	4,94	4,76	1,9
Noviembre	0,48	2,27	4,19	5,07	5,15	5,13	2,40
Diciembre	0,44	2,26	3,51	4,55	4,63	4,65	2,38
Promedio	0,44	2,13	3,47	4,42	4,48	4,51	2,30

Fuente: Portal web de la NASA (2018).

En la tabla 13 se muestran los datos de los últimos 22 años de radiación promedio mensual para ángulos de 0°, 5°, 20° y 90 ° de inclinación.

Angulo óptimo de inclinación de los paneles solares

Carranza (2018), indicó que para que los paneles solares funcionen a su máxima potencia, antes de su ángulo de inclinación, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: la parte del día (amanecer, mediodía y noche), las diferentes estaciones del año (primavera, verano, otoño e invierno), la región donde se instalarán los paneles solares (altitud, longitud y latitud) y la orientación relativa del dispositivo solar.

La orientación óptima será un valor constante, con una inclinación (β) que va a depender de la latitud (φ) del lugar y un acimut (α) que depende del hemisferio en el que está situado el generador.

Para determinar la inclinación óptima de una superficie fija se usa la ecuación 2, basada en análisis estadísticos de radiación solar anual sobre superficies.

$$\beta_{opt} = 3,7 + (0,69 \times |\varphi|) \quad (2)$$

Donde

β_{opt} : Angulo de inclinación optimo

$|\varphi|$: Latitud del lugar sin signo

Sabiendo que la latitud es de: $-5,420203^\circ$ y tomando en cuenta el método de inclinación óptima anual, se ingresaron los datos en la ecuación 2, donde se obtiene que el ángulo óptimo de inclinación es $7,79^\circ$ lo que vendría a ser la inclinación que deben tener los paneles solares para captar la mayor cantidad de energía solar durante el día, pero debido al polvo y humedad, y con la finalidad de que se acumule sobre el panel fotovoltaico vamos a considerar un ángulo de 10° , ya que según el reglamento técnico RD 003-2007-EM/DGE. Debe tener un ángulo de inclinación no menor de 10° .

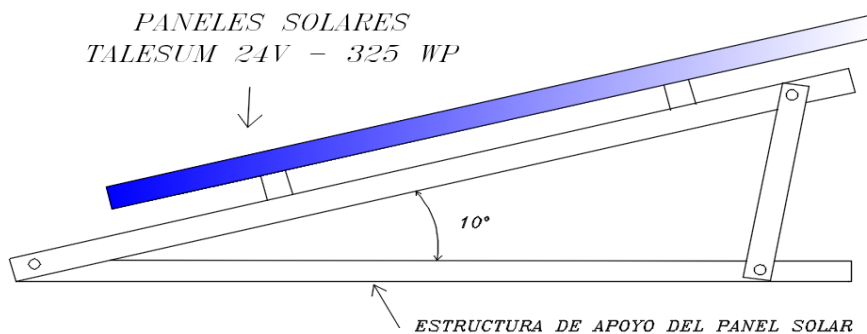


Figura 2. Inclinación de panel solar a 10° .

Según el cálculo del ángulo óptimo de inclinación de los paneles y los ángulos de radiación solar, se tomó como criterio el ángulo que ofrezca mayor radiación, el mismo que también es más próximo al ángulo de inclinación de los paneles calculado anteriormente. Este ángulo es 5° con una radiación solar de 3,93 (kWh/m²/día), la misma que mencionamos a continuación en la tabla 14.

Tabla 14. *Radiación solar a 5°.*

Mes	Radiación (kWh/m ² /día)
Enero	4,16
Febrero	3,93
Marzo	4,25
Abril	4,24
Mayo	4,31
Junio	4,22
Julio	4,31
Agosto	4,62
Setiembre	4,95
Octubre	4,94
Noviembre	5,15
Diciembre	4,63
Promedio anual	4,48

Fuente: elaboración propia tomado del portal web de la NASA (2018)

Según los datos de la NASA se observa que la radiación solar más desfavorable se da en el mes de febrero con 3,93 (kWh/m²/día), y 5° de ángulo lo que va a servir para realizar nuestros posteriores cálculos.

3.4.3.2 Parámetros de dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico.

El dimensionamiento del sistema fotovoltaico se basó en el método de balance de energía diario para lo cual se vio las condiciones más desfavorables.

Se consideró el valor correspondiente del mes más desfavorable. También se definió el número máximo de días de autonomía de acuerdo a las características climáticas de la zona de proyecto previsto para la instalación.

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico se tuvo en cuenta los siguientes parámetros. En la tabla se muestra la radiación solar y días de autonomía según el portal web de la NASA.

Tabla 15. *Radiación solar y días de autonomía.*

Descripción	Valores
Radiación solar(Kwh/m2/día)	3,93
Días de Autonomía	2

Fuente: NASA (2018).

Tabla 16. *Parámetros para dimensionamiento del sistema fotovoltaico*

Descripción	Valores
Batería	
Rendimiento	95 %
Profundidad de descarga máxima	70 %
Inversor	
Rendimiento	94 %
Conductores	
Rendimiento	97 %
Sistema	
Voltaje	48 VCC
Factor funcionamiento de los paneles	80 %

Fuente: Elaboración propia tomada de Llauce (2016).

a. Dimensionamiento del generador fotovoltaico.

El cálculo del generador fotovoltaico se utilizó la ecuación 3:

$$E_{elec} = \left(\frac{L_{DC}}{n_{bat}} + \frac{L_{AC}}{n_{bat} \times n_{in}} \right) \times \frac{1}{n_{cond}} \quad (3)$$

Donde:

L_{DC} : consumo de energía promedio diario en corriente continua.

L_{AC} : consumo de energía promedio diario en corriente alterna.

n_{bat} : eficiencia de la batería.

n_{inv} : eficiencia del inversor.

n_{cond} : eficiencia del conductor.

Al reemplazar los datos en la ecuación 3 se obtiene los siguientes resultados:

$$E_{elec} = \left(\frac{0}{0.95} + \frac{17,27}{0.95 \times 0.94} \right) \times \frac{1}{0.97} = 19.937 \text{ kWh/dia}$$

El sistema fotovoltaico debe generara un promedio de 19.937 kWh/dia.

b. Dimensionamiento de paneles solares

Para el sistema fotovoltaico se ha utilizado paneles policristalinos TALE SUN de 325 Wp y 24 V (ver anexo 04), ya que es una marca reconocida y comercial a nivel nacional.

- **Hora solar pico**

Salas (2014) indica que las horas de sol pico son las horas se definen como el número de horas al día con una irradiancia hipotética de 1000 W/m², que sumen la misma irradiación total que la real ese día.

Se puede notar que cuando la irradiancia se expresa en horas día es numéricamente similar a las HSP. Este concepto es importante, ya que junto con un factor de pérdidas ayuda a estimar la potencia producida por los paneles fotovoltaicos. La distribución de la radiación a lo largo del día y el concepto de horas pico de sol se muestran en la figura 3.

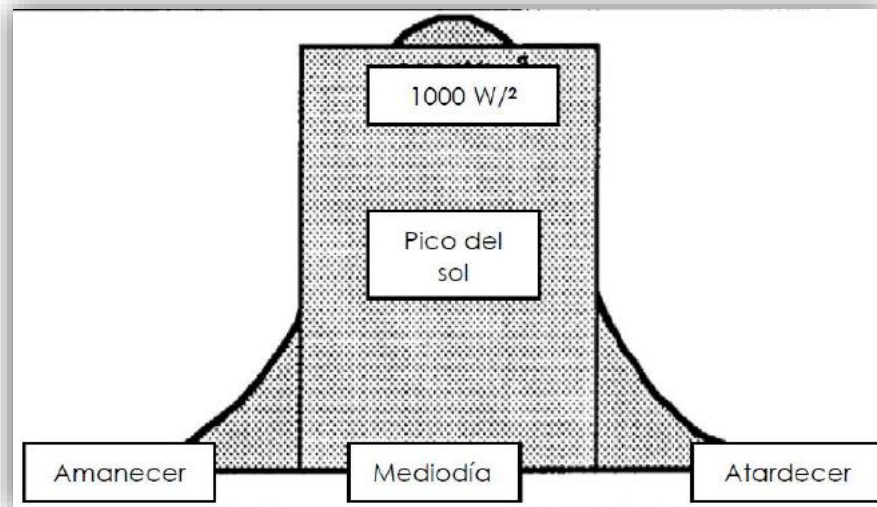


Figura 3. Radiación a lo largo de un día. Fuente: Salas (2014).

Para el cálculo de número de paneles necesarios en el dimensionamiento del sistema fotovoltaico se empleó la ecuación 4.

$$\text{Numero de paneles } (N_{MF}) \times \text{potencia pico } (Wp) = \frac{E_{elec}}{HSP \times PR} \quad (4)$$

Considerando un factor global de funcionamiento de los paneles (PR) de 0.80 y el número de horas solar pico de 3.93 horas/día, al reemplazar los datos en la ecuación 4 obtenemos lo siguiente:

$$\text{Numero de paneles } (N_{mf}) \times 325(Wp) = \left(\frac{19937 \frac{wh}{dia}}{3.93 \times 0.80} \right) = 19.51 \text{ Paneles}$$

Se consideraron 20 paneles solares para este proyecto.

Para calcular el número de paneles en serie se utilizó la ecuación 5.

$$N_{smf} = \frac{V_{de\ trabajo}}{V_{modulof}} \quad (5)$$

$$N_{smf} = \frac{48}{24} = 2$$

Y para el cálculo de número de arreglos de paneles en paralelo se utilizó la ecuación 6

$$N_{pmf} = \frac{N_{modulos}}{N \text{ modulo en serie}} \quad (6)$$

$$N_{pmf} = \frac{20}{2} = 10$$

Potencia del generador del sistema fotovoltaico

$$20 \times 325 \text{ (wp)} = 6,50 \text{ kW.}$$

Se emplearon 20 paneles de 325 Wp para satisfacer la demanda del sistema de iluminación LED, los mismos que generaran una potencia de 6,50 kW.

c. Dimensionamiento de Controlador de carga

Llauce (2016), refiere que en cuanto al regulador de carga, la 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 ramas de módulos en paralelo y con un factor de seguridad de 1.25 por lo tanto para determinar la corriente del controlador se utilizó la ecuación 7.

$$I_{controlador} = 1.25 \times I_{cortocircuito \text{ del modulo}} \times N_{pmf} \quad (7)$$

$$I_{controlador} = 1.25 \times 8.65 \times 10 = 108.13 \text{ A.}$$

Consideraremos trabajar con el controlador 150/60 Blue Solar (ver anexo 07)



Figura 4. Controlador Bule Solar 150/60. Fuente: Catálogo regulador MPPT.

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la bater a	Selección automática 12 / 24 /48 V (se necesita una herramienta de software)				
Corriente de carga nominal	45 A	60 A	70 A	85 A	100 A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	650 W	860 W	1000 W	1200 W	1450 W
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	1300 W	1720 W	2000 W	2400 W	2900 W
Potencia FV máxima, 48V 1a,b)	2600 W	3440 W	4000 W	4900 W	5800 W
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficacia máxima	98 %				
Autoconsumo	10 mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.				
Protección	Polaridad inversa de la bater a (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobrettemperatura				

Figura 5. Especificaciones técnicas de controlador MPPT 150/60. Fuente: Catálogo regulador MPPT.

El número de los reguladores utilizados se calcularon con la ecuación 8.

$$N \text{ reguladores} = \frac{I_{\text{controlador}}}{I_{\text{controlador MPPT} \frac{150}{60}}} \quad (8)$$

$$N \text{ reguladores} = \frac{108.13}{60} = 1.80$$

Según la ecuación 8 se utilizaron 2 reguladores MPPT de 60 A.

$$\text{Ramas de módulos por reguladores} = \frac{N_{pmf}}{N_{reguladores}} \quad (9)$$

$$\text{Ramas de módulos por reguladores} = \frac{10}{2} = 5$$

Donde 5 ramas de módulos fotovoltaicos serán conectadas a cada controlador.

De la tabla 17 podríamos haber elegido entre los reguladores MPPT ó los reguladores PWM, pero como en nuestra instalación su voltaje de trabajo es 48 Vdc se eligió el regulador MPPT que es un regulador óptimo para grandes instalaciones fotovoltaicas.

Tabla 17. *Reguladores más comerciables en el mercado.*

Regulador MPPT	Regulador PWM
Grandes instalaciones fotovoltaicas	Pequeñas instalaciones fotovoltaicas
De 24 Vdc a más	Hasta 24 Vdc

Fuente: Sánchez (2017).

d. Dimensionamiento de Baterías

Para el dimensionamiento del banco de baterías fue necesario calcular la capacidad nominal de las baterías, la cual está en función a la profundidad máxima de descarga 0.7, así como también los días de autonomía requerida en la instalación los que dependerán del número de los días siguientes sin sol, según la NASA para la provincia de Jaén se considera 2-5 días de autonomía. Ya que Jaén es una zona calurosa se consideró 2 días de autonomía. El cálculo de la capacidad total del banco de baterías se determinó con la ecuación 10:

$$C_T = \frac{N_{días\ de\ autonomía} \times E_{elec}}{PD_{max} \times V_{trabajo} \times n_{inv} \times n_{rb}} \quad (10)$$

Donde

C_T = capacidad mínima del banco de baterías, expresada en Ah.

E_{elec} = energía eléctrica total media diaria

PD_{max} = profundidad máxima de descarga

n_{inv} =eficiencia del inversor.

n_{rb} = eficiencia del conjunto regulador batería.

$$C_T = \frac{2 \times 19394}{0.7 \times 48 \times 0.94 \times 0.95} = 1292.72 \text{ Ah.}$$

Sabiendo que el voltaje del sistema es 48 V y el voltaje de las baterías es 12V se calculó el número de baterías en serie con la siguiente ecuación.

$$N_{S \text{ bat}} = \frac{V \text{ trabajo}}{V \text{ bateria}}$$

Al reemplazar los valores en la ecuación 10 obtenemos que el número de baterías en serie es 4.

Luego se calculó el número de baterías en paralelo sabiendo que capacidad nominal de la batería es 963 Ah, para esto se utilizó la ecuación 11:

$$N_{P \text{ bat}} = \frac{\text{Capacidad total del banco}}{\text{Capacidad de una bateria}} \quad (11)$$
$$N_{P \text{ bat}} = \frac{1292.72 \text{ Ah}}{963 \text{ Ah}} = 1.34$$

El número total de baterías empleadas en el sistema fotovoltaico sería cantidad de baterías en serie multiplicado por la cantidad de baterías en paralelo.

$$N_{S \text{ bat.}} \times N_{P \text{ bat.}} = 4 \times 2 = 8$$

Por lo tanto se emplearon 8 baterías de 12 V y 963 Ah (ver anexo 06)



Figura 6. Acumuladores de carga. Fuente: Catálogo baterías Rolls.

De la tabla 18 se muestra que podríamos haber elegido entre las baterías de gel o baterías de plomo ácido, se decidió utilizar baterías de gel de marca Rolls porque son más eficientes y mejor duración que las baterías de plomo ácido.

Tabla 18. *Baterías más comerciales en el mercado.*

Baterías de Gel	Baterías plomo ácido
Años de Vida 8-10 años	Años de Vida :3-5 años
No requiere mantenimiento	Requiere mantenimiento
Soporta descargas profundas	No soporta descargas profundas

Fuente: Cambio energético.

e. Dimensionamiento del inversor

El inversor cumple la función de convertir la corriente continua en este caso 48 V en corriente alterna 220 V. Para el cálculo de la potencia requerida por el inversor se determinó con la ecuación 12.

$$Potencia\ del\ inversor = 1,2 \times \frac{potencia\ de\ la\ carga}{n_{inversor}} \quad (12)$$

$$Potencia\ de\ entrada\ del\ inversor = 1,2 \times \frac{6.50}{0.94} = 8.29\ kw.$$

Se utilizaron inversores de 9000 W.

$$N^{\circ} \text{ de inversores} = \frac{\text{Potencia de entrada del inversor}}{\text{Potencia del inversor seleccionado}} \quad (13)$$

$$N^{\circ} \text{ de inversores} = \frac{8.29 \text{ kw}}{9 \text{ kw}} = 0.92$$

Según el cálculo se utilizó un inversor de 9000 W para el sistema fotovoltaico



Figura 7. Inversor. Fuente: Catálogo inversor ABB.

Se ha considerado utilizar un inversor de la marca ABB de 9000 W (ver anexo 08) por ser uno de los más eficientes en su gama y además tiene una instalación fácil.

f. Dimensionamiento de conductores eléctricos

Para el dimensionamiento de los conductores eléctricos se tomaron en cuenta la intensidad de corriente, la tensión así como también la longitud de cada tramo.

Según el Código Nacional de Electricidad (2011), los conductores de los alimentadores deben ser dimensionados para que la caída de tensión no sea mayor del 2.5 %.

Para dimensionar los conductores eléctricos se utilizó la ecuación 13 que continuación se detalla:

$$S_{CABLE} = \frac{2 \times L \times I}{k \times \Delta V} \quad (13)$$

Donde:

S_{CABLE} = Sección mínima recomendada [mm^2].

L = Longitud tramo[m].

I = Corriente para cada tramo de la instalación [A].

ΔV =Caida máxima permitida para cada tramo [V].

k = Coeficiente de conductividad del cobre ($m/\Omega \times mm^2$).

Para los cálculos del proyecto se consideró un coeficiente de conductividad del cobre de la tabla 19, el cual es $54 m/\Omega \times mm^2$ con una temperatura de $30\text{ }^\circ\text{C}$.

Tabla 19. *Coeficiente de conductividad del cobre en función a la temperatura.*

Temperatura	Coeficiente de conductividad del cobre (K) ($m/\Omega \times mm^2$)
20 °C	56
30 °C	54
40 °C	52
50 °C	50
60°C	48
70 °C	48
80 °C	45
90 °C	44

Fuente: Sampen (2018).

Tramo I:

Se considera tramo I del generador-regulador donde:

$$I_{MAX\ mf} = 1,25 \times I_{CC\ mf} \times N_{ramas} \cdot x\ regulador \quad (14)$$

$$I_{MAX\ mf} = 1.25 \times 7.46 \times 5 \times 1 = 46.62\ A.$$

De la ecuación 14, la intensidad de corriente es 46.62 A y según la tabla de datos técnicos del conductor figura 8, el conductor del tramo I será de 16 mm².

Teniendo en este tramo una longitud de 10 m así como también la sección del conductor de 10 mm², la caída de tensión va a estar dada por la siguiente ecuación:

$$\Delta V = \frac{2 \times L \times I_{MAX\ mf}}{S \times k} \quad (15)$$

$$\Delta V = \frac{2 \times 10 \times 46.62}{16 \times 54}$$

$$\Delta V = 1,07$$

En el tramo I la caída de tensión es de 1,07 V.

Tramo II:

Se considera tramo II del regulador – inversor donde:

$$I_{MAX\ INV} = \frac{1.25 \times P_{inv}}{(V_{Sist\ CD} \times n_{inv})} \quad (16)$$

$$I_{MAX\ INV} = \frac{1.25 \times 9000}{(48 \times 0.94)} = 124.67\ A.$$

De la ecuación 16 la intensidad de es 124.67 A y según la tabla de datos técnicos del conductor figura 8, el conductor del tramo II será de 50 mm².

Teniendo en este tramo una longitud de 10 m así como también la sección del conductor. La caída de tensión va a estar dada por la ecuación 17:

$$\Delta V = \frac{2xLxI_{MAX INV}}{SxK} \quad (17)$$

$$\Delta V = \frac{2x10x124.67}{50x54}$$

$$\Delta V = 0,92$$

En el tramo 2 la caída de tensión es de 0,92 V.

Tramo III:

Se considera tramo III del regulador – baterías donde:

Utilizamos la misma intensidad de corriente del tramo I que es 46.62 A, así también el conductor utilizado en este tramo será de 16 mm².

Además la caída de tensión va a estar dada por la ecuación 18:

$$\Delta V = \frac{2xLxI_{MAX mf}}{Sxk} \quad (18)$$

$$\Delta V = \frac{2x10x46.62}{16x54}$$

$$\Delta V = 1,07$$

En el tramo III la caída de tensión es de 1,07 V.

Tabla 20. *Sección del conductor y caída de tensión.*

Selección del tramo de línea	$I_{adm}(A)$	Sección(mm ²)	L(m)	$\Delta v(V)$
Tramo I	46.62	16	10	1,07
Tramo II	124.67	50	10	0,92
TramoIII	46.62	16	10	1,07

Fuente: Elaboración propia

En tabla 20 se muestra la caída de tensión de cada tramo del sistema fotovoltaico, el cual es menor a la caída de tensión máxima permitida 2.5%

DATOS TECNICOS THW - 90 (mm ²)								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (°)	
							AIRE	DUCTO
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3846	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

Figura 8. Datos técnicos de conductor. Fuente: Catálogo de conductor THW.

g. Protección del sistema fotovoltaico

Los componentes del sistema fotovoltaico pueden producir sobrecorrientes o sobrecargas, las mismas que pueden reducir la vida de los equipos o incluso dañar a estos, es por ello que se consideró elementos de protección en cada tramo.

Para que el fusible seleccionado funcione de forma correcta se debe cumplir que:

$$I_b \leq I_n \geq 0,9x I_{adm} \quad (19)$$

Donde

I_b = la intensidad de corriente que recorre la línea (A).

I_n = la intensidad nominal del fusible asignado a la línea (A).

I_{adm} = es la máxima intensidad admisible del cable conductor de la línea (A).

Tramo I: Generador-Regulador

Empleando la ecuación 19 se obtendrá la corriente nominal del fusible para el tramo generador-regulador.

$$46.62 \leq I_n \geq 0,9x 85$$

$$46.62 \leq I_n \leq 76.5$$

$$I_n = 50 \text{ A}$$

Según los cálculos obtenidos la corriente nominal del fusible sería de 50 A, de acuerdo al cálculo se seleccionó un fusible NH Gg 690VDC con corrientes asignadas de 6A-100A, (ver tabla 21)

Tramo II: Regulador – Inversor

Empleando la ecuación 19 se obtendrá la corriente nominal del fusible para el tramo regulador-inversor.

$$124.67 \leq I_n \leq 0,9 \times 160$$

$$124.67 \leq I_n \leq 144$$

$$I_n = 130$$

Según los cálculos obtenidos la corriente nominal del fusible sería de 130 A, de acuerdo al cálculo se seleccionó un fusible NH Gg 690VDC con corrientes asignadas de 50A-2000A, (ver tabla 21)

Tramo III: Regulador – Baterías

Empleando la ecuación 19 se obtendrá la corriente nominal del fusible para el tramo regulador-baterías.

$$46.62 \leq I_n \leq 0,9 \times 85$$

$$46.62 \leq I_n \leq 76.5$$

$$I_n = 50 \text{ A}$$

Según los cálculos obtenidos la corriente nominal del fusible sería de 50 A, de acuerdo al cálculo se seleccionó un fusible NH Gg 690VDC con corrientes asignadas de 6A-100A, (ver ver tabla 21)

Se empleó fusibles de la marca df Electric ya que son fusibles exclusivamente para sistemas fotovoltaicos (DC)

Tabla 21 . *Datos técnicos de fusibles.*

NH gG 690 V		
CORRIENTES ASIGNADAS RATED CURRENT	MAX. TENSION EN DC MAX. DC VOLTAGE	PODER CORTE EN DC DC BREAKING CAPACITY
2A...100A	250 V DC	25 kA
6A...100A	440 V DC	25 kA
50A...200A	440 V DC	25 kA
63A...315A	440 V DC	25 kA
250A...500A	440 V DC	25 kA
400A...800A	440 V DC	25 kA

Fuente: Elaboración propia tomado de catálogo df Electric..

h. Ubicación

El sistema fotovoltaico será ubicado en un área que no es utilizada por el colegio, se eligió este lugar por motivo de espacios y ya que tampoco existen elementos que hagan sombra y haya un mejor aprovechamiento de la radiación emitida por el sol.

i. Estructura de soporte

El montaje de los paneles solares se hará sobre la base de una estructura de acero galvanizado soldado y empernado, la misma que tendrá 9 bases que sostendrán la carga de los paneles, con la inclinación indicada aprovechando la incidencia de los rayos solares sobre los estos paneles, esta estructura tendrá una longitud de 4m de ancho por 10 m de largo.

3.4.4. Evaluación económica

3.4.4.1 Análisis económico del proyecto.

Para realizar la evaluación económica se ha tenido en cuenta los gastos que incurren en el proyecto más los costos de luminarias que incurren en la implementación de la propuesta. Se han evaluado los indicadores como el VAN y el TIR y la relación costo beneficio y se ha proyectado a largo plazo. Como ingresos se ha tenido en cuenta el pago por consumo de energía y cambio de sistema de iluminación.

a) Análisis económico de la iluminación existente

Tabla 22. *Costo de las lámparas instaladas en el Colegio Miraflores 16004 – Jaén.*

Ítems	Descripción	Potencia (W)	Cantidad	Precio unitario (s/.)	Sub total (s/.)
2	Fluorescentes TL-M RS 40	40	216	S/ 22,50	S/ 4860,00
3	Fluorescentes Circulares	32	63	S/ 18,00	S/ 1 134,00
4	Lámparas ahorradoras Phillips	50	12	S/ 15,00	S/ 180,00
			Costo total		S/ 6 174,00

Tabla 23. *Cargas eléctrica anual en el Colegio Miraflores-Jaén.*

Iluminación						
Ítems	Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Uso (horas /día)	Consumo Diario (kWh)	Consumo Mes (kWh)
1	Fluorescentes TL-M RS 40	216	40	3,5	30.24	907.20
2	Fluorescente Circular	63	32	12	24.192	725.76
3	Lámparas Phillips	12	50	4	2.40	72.00
Total					56.832	1704.96

De acuerdo a las tarifas reguladas por Electro Oriente S.A el tipo de tarifa instalada en este colegio es la BT5-B la cual tiene un costo de S/.0, 74 donde tendremos:

$$1704,96 \times 0.74 = 1261,67 \text{ soles.}$$

El colegio cada mes paga un promedio de S/.1261, 67 por el consumo de energía eléctrica de la red convencional para el sistema de iluminación existente ver figura 10, y al año se estaría pagando S/.15140, 04.

Nombre : I. E., N° 16003
Dirección : Ca TAHUANTINSUYO C-02 Sec. MIRAFLORES
Tarifa : BT5B

Mes Facturado	JULIO DEL 2019
Facturación Del Mes	S/.1,432.03
Deuda Anterior	S/. 0.08
Total	S/.1,432.11
Monto Pagado	S/. 0,00
Saldo Total	S/. 1,432.11

Fecha Vencimiento	23/07/2019
Fecha Emisión	05/07/2019
Fecha Lectura	28/06/2019
Fecha Lectura Anterior	29/05/2019

Figura 9. Recibo de consumo electrónico. Fuente: Electro Oriente

En la figura 9 se muestra el recibo del consumo de energía eléctrica por el colegio Miraflores-Jaén, en el cual está incluido iluminación y tomacorrientes.

b) Análisis económico del sistema de iluminación LED a instalar

En esta alternativa se propone sustituir las lámparas instaladas por lámparas tipo LED y suministradas con sistema fotovoltaico, consideramos la compra de las lámparas LED con su respectivo consumo en las siguientes tablas.

Tabla 24. Precio de lámparas LED a instalar.

Ítems	Descripción	Potencia (W)	Cantidad	Precio unitario (s/.)	Sub total (s/.)
2	Tubo LED	30	108	S/ 30,30	S/ 3272,40
3	Tubo LED	8	63	S/ 15,50	S/ 976,50
4	Lámparas LED	8	12	S/ 12,00	S/ 144,00
Costo total					S/ 4671,9

Tabla 25. *Carga eléctrica anual con LED en el colegio Miraflores-Jaén.*

Iluminación						
Ítems	Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Uso (horas/día)	Consumo Diario (kWh)	Consumo Anual (kWh)
1	Tubo LED	108	30	3,5	11.34	4139.1
2	Tubo LED	63	8	12	6.048	2207.52
3	Lámparas LED	12	8	4	0.384	140.16
Total					17.27	6303.55

b) Análisis económico del sistema fotovoltaico (ver anexo 04)

Tabla 26. *Compra de suministros de materiales para el sistema fotovoltaico.*

Ítems	Descripción	Unid.	Cantidad	Precio unitario (s/.)	Sub total (s/.)
1	Panel solar 325 W Talesun		20	583.33	11 666,60
2	MPPT 150/60 Blue Solar	Unid.	2	3 089,62	6 179,24
3	Batería Plomo ácido 12V 963Ah	Unid.	8	4860,00	38 880,00
4	Inversor	Unid.	1	2 393,75	2 393,75
5	Estructura metálica de soporte	Glb.	1	4 000,00	4 000,00
6	Protección del SFV y conductores	Glb	1	2 300,00	2 300,00
Costo total					S/ 65 419,59

Fuente: Elaboración propia tomado de la cotización de autosolar.

Tabla 27. *Presupuesto del sistema fotovoltaico*

Ítems	Descripción	Sub total (s/.)
A	SUMINISTRO DE MATERIALES	65 419,59
B	MONTAJE ELECTROMECHANICO	3 089,62
C	TRANSPORTE DE MATERIALES	1 520,00
D	COSTO DIRECTO	70 029,21
E	GASTOS GENERALES	2 000,00
F	UTILIDADES	1 300,00
G	COSTO TOTAL SIN IGV	71 331,21
H	IMPUESTO GENERAL ALAS VENTAS (18%)	12839,61
	VALOR REFERENCIAL	S/ 84 170,82

Fuente: Autoría propia.

En la tabla 27 se realizó un análisis económico de la implementación del sistema fotovoltaico, llegando a un costo total de S/ 84 170,82.

c) Mantenimiento

Para las instalaciones fotovoltaicas también se debe considerar un costo de mantenimiento, para que así nuestros equipos puedan funcionar correctamente y evitar posible fallas.

Tabla 28. *Mantenimiento del sistema fotovoltaico*

Operación	Frecuencia	Precio
Limpieza	Trimestral	S/200
Verificación de medidas	semestral	S/ 300
	Total	S/500

Fuente: Autosolar (2109)

Se realizará un mantenimiento preventivo que consistirá en limpieza de los módulos fotovoltaicos así como también se hará su respectiva verificación de medidas en los componentes para asegurar su correcto funcionamiento

d) Cálculo del VAN y TIR

Para el cálculo del valor actual neto y la tasa interna de retorno se utilizó las siguientes ecuaciones generales:

$$VAN = -I + \sum \frac{FNE}{(1+i)^n} \tag{20}$$

Donde:

I = Inversión inicial

FNE = Flujos netos en el periodo “s”.

n = Número de años que dura la inversión.

i = Rentabilidad mínima que le exigimos a la inversión

La rentabilidad del proyecto se determina considerando los siguientes valores del VAN:

VAN menor a 0: El proyecto no es rentable. El proyecto da un retorno menor a la tasa de costo de oportunidad generándose pérdidas.

VAN mayor a 0: El proyecto es rentable. El proyecto da un retorno mayor a la tasa de costo de oportunidad.

VAN igual a 0: Alcanzaremos el punto de equilibrio, es decir que no obtendremos ni ganancias ni pérdidas.

La tasa interna de retorno se define como aquella que hace que el valor del VAN sea igual a cero:

$$0 = -A + \frac{FNE}{(1+i)} + \frac{FNE}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FNE}{(1+i)^n} \quad (21)$$

Donde:

A = Inversión inicial

FNE = Flujos netos en el periodo “s”.

n = Número de años que dura la inversión.

i = TIR

Se considera viable la inversión cuando “ i ” sea mayor que la rentabilidad mínima que le exijamos a la inversión. Caso contrario la rechazaríamos cuando fuese inferior.

En nuestro proyecto se consideró como ingresos el pago por consumo eléctrico, la compra de luminarias convencionales, también se consideró un costo por mantenimiento del sistema de iluminación existente. Como egresos se ha tomado en cuenta la compra del sistema fotovoltaico, la compra de las lámparas LED y su respectivo costo por mantenimiento del sistema realizado cada año como se muestra en las tablas 23 y 24.

Se ha estimado un horizonte de evaluación de 20 años debido a la vida útil de los paneles solares, lo que significa que durante ese periodo de evaluación durante los 20 años se realizaran 2 compras de inversores controladores, baterías y lámparas debido a que su vida útil es de 10 años.

Tabla 29. *Ingresos de dinero por cambio de sistema de iluminación*

		Año 0	Año 01	Año 02	Año 03	Año 04	Año 05	Año 06	Año 07
Ingresos	Compra de Lámparas	6174.00				6174.00			
	Consumo de energía		15140.04	15140.04	15140.04	15140.04	15140.04	15140.04	15140.04
	Mantenimiento		500	500	500	500	500	500	500
	Flujo de efectivo neto	6174.00	15640,04	15640,04	15640,04	21814,04	15640,04	15640,04	15640,04
		Año 08	Año 09	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Ingresos	Compra de Lámparas	6174.00				6174.00			
	Consumo de energía	15140.04	15140.04	15140.04	15140.04	15140.04	15140.04	15140.04	15140.04
	Mantenimiento	500	500	500	500	500	500	500	500
	Flujo de efectivo neto	21814,04	15640,04	15640,04	15640,04	21814,04	15640,04	15640,04	15640,04
		Año 16		Año 17		Año 18		Año 19	
Ingresos	Compra de Lámparas	6174.00							
	Consumo de energía	15140.04		15140.04		15140.04		15140.04	
	Mantenimiento	500		500		500		500	
	Flujo de efectivo neto	21814,04		15640,04		15640,04		15640,04	

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 29 se consideraron los ingresos por la compra de lámparas convencionales realizados cada 4 años, así como también el pago por consumo de energía para el sistema de iluminación realizado cada mes a la empresa Electro Oriente S.A.

Tabla 30. *Egresos de dinero por implementación del sistema fotovoltaico*

		Año 0	Año 01	Año 02	Año 03	Año 04	Año 05	Año 06	Año 07
Egresos	Implementación del sistema fotovoltaico	84 170.82							
	Compra de Lámparas LED	4671.9							
	Mantenimiento		500	500	500	500	500	500	500
	Flujo de efectivo neto	88842.72	500	500	500	500	500	500	500

		Año 08	Año 09	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Egresos	Implementación del sistema fotovoltaico			38880.12					
	Compra de Lámparas LED			4671,9					
	Mantenimiento	500	500	500	500	500	500	500	500
	Flujo de efectivo neto	500	500	44052,02	500	500	500	500	500

		Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Egresos	Implementación del sistema fotovoltaico					
	Compra de Lámparas LED					
	Mantenimiento	500	500	500	500	500
	Flujo de efectivo neto	500	500	500	500	500

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 30 se consideró los egresos del proyecto, los cuales fueron la implementación del sistema fotovoltaico, y un mantenimiento realizado en cada año.

Se calculó el flujo neto para cada año en cada uno de los 20 años de duración del proyecto para lo cual se tuvo en cuenta el flujo de beneficio (ingresos) menos el flujo de costo (egresos) como se muestra en la tabla 31.

Tabla 31. *Cálculo del flujo neto*

AÑO	FLUJO BENEFICIO	FLUJO COSTO	FLUJO NETO
0	6174	88842.72	-82668.72
1	15640.04	500	15140.04
2	15640.04	500	15140.04
3	15640.04	500	15140.04
4	21814.04	500	21314.04
5	15640.04	500	15140.04
6	15640.04	500	15140.04
7	15640.04	500	15140.04
8	21814.04	500	21314.04
9	15640.04	500	15140.04
10	15640.04	44052.02	-28411.98
11	15640.04	500	15140.04
12	21814.04	500	21314.04
13	15640.04	500	15140.04
14	15640.04	500	15140.04
15	15640.04	500	15140.04
16	21814.04	500	21314.04
17	15640.04	500	15140.04
18	15640.04	500	15140.04
19	15640.04	500	15140.04
20	15640.04	500	15140.04

Fuente: Elaboración Propia.

Según el ministerio de economía y finanzas (2019) para un proyecto de inversión pública la tasa de interés social de descuento es 12%. Para este proyecto utilizaremos la tasa de descuento asignada por el ministerio en el cálculo del VAN.

Al reemplazar los valores en la ecuación 20 para el cálculo del VAN obtenemos los siguientes datos resumidos en la tabla 32.

Tabla 32. *Valor Actual Neto (VAN)*

Año	FNE	$(1+i)^n$	$FNE/(1+i)^n$
0	-82668.72		-82668.72
1	15140.04	1.12	13517.89
2	15140.04	1.25	12069.55
3	15140.04	1.40	10776.38
4	21314.04	1.57	13545.46
5	15140.04	1.76	8590.87
6	15140.04	1.97	7670.42
7	15140.04	2.21	6848.59
8	21314.04	2.48	8608.38
9	15140.04	2.77	5459.65
10	-28411.98	3.11	-9147.90
11	15140.04	3.48	4352.40
12	21314.04	3.90	5470.78
13	15140.04	4.36	3469.71
14	15140.04	4.89	3097.95
15	15140.04	5.47	2766.03
16	21314.04	6.13	3476.78
17	15140.04	6.87	2205.06
18	15140.04	7.69	1968.80
19	15140.04	8.61	1757.86
20	15140.04	9.65	1569.52
TOTAL			25405.46

Fuente: Elaboración Propia.

Para el cálculo del TIR se reemplazaron los datos en la ecuación 21, y se obtuvieron los siguientes datos resumidos en la tabla 33

Tabla 33. *Tasa Interna Retorno (TIR)*

TASA DE DESCUENTO	VAN
4%	S/110,608.63
9%	S/48,363.44
12%	S/25,405.46
15%	S/8,694.46
18%	-S/3,838.00
21%	-S/13,496.87
24%	-S/21,125.91
27%	-S/27,284.03
30%	-S/32,350.31
33%	-S/36,587.81
36%	-S/40,183.22
39%	-S/43,271.80
42%	-S/45,953.58

Fuente: Elaboración Propia.

Según las tablas 32 y 33, el VAN es mayor a cero con un valor de 25,405.46 lo que significa que el proyecto es rentable, también el TIR con valor de 17% es mucho mayor a la tasa de interés exigida por el Ministerio de Economía y Finanzas 12%, lo que significa que el proyecto es viable.

IV. RESULTADOS

4.1. Demanda de energía eléctrica requerida por el sistema de iluminación del colegio Miraflores.

a) Resumen de consumo del sistema de iluminación convencional

Según los cálculos realizados se obtuvo el consumo de energía por el sistema de iluminación actual del colegio Miraflores.

Tabla 34. *Potencia Iluminación en el colegio Miraflores Jaén.*

Ítems	Descripción	Total (kWh)
1	Potencia Instalada iluminación	56.832
	Potencia Total	56.832

Fuente: Elaboración Propia.

Tal como se muestra en la tabla 34 el consumo de energía diario con el sistema de iluminación convencional en el colegio Miraflores es 56.832 kWh

4.2. Potencia requerida por el sistema de iluminación LED para el colegio Miraflores.

Tabla de consumo para la iluminación LED

Tabla 35. *Potencia Instalada en el colegio Miraflores*

Ítems	Descripción	Total (kWh)
1	Potencia sistema LED	17.27
	Potencia sistema Total	17.27

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 35 se muestra la máxima demanda de potencia que requerido por el sistema de iluminación LED, dicho sistema está compuesto 183 luminarias de las cuales 108 son tubos

LED de 30 W y 4800 lm, 63 tubos LED de 8 W y 1280 lm y 12 bombillas LED de 8 W y 1800 lm haciendo una potencia total de 17.27 kWh, la cual es 26% menor que la del sistema de iluminación actual del colegio.

4.3. Sistema fotovoltaico de acuerdo al recurso solar para satisfacer la demanda del sistema de iluminación LED.

a) Resumen de materiales para la instalación del sistema fotovoltaico

Tabla de resumen de la cantidad los componentes del sistema fotovoltaico.

Tabla 36. *Componentes del sistema fotovoltaico*

Ítems	Descripción	Unid.	Cantidad
1	Panel solar 325 W Talesun	Unid.	20
2	MPPT 150/100 Blue Solar	Unid.	1
3	Batería Plomo ácido 12V 963Ah	Unid.	8
4	Inversor	Unid.	2
5	Estructura metálica de soporte	Glb.	1
6	Sistema de protección del SFV y conductores	Glb	1

Fuente: Elaboración Propia.

Como se muestra en la tabla 36 se utilizaron 20 paneles de 325 Wp lo cuales son conectados 10 en serie y dos en paralelo, también se utilizaron 8 baterías de 12 V y 963 Ah, 2 reguladores de carga de 60 Ah cada uno, así como también 1 inversor de 9000 W, y además se implementó sistema de protección para el proyecto.

4.4. Análisis económico para la implementación.

Los ingresos que se han tenido en cuenta son el pago por el consumo de energía eléctrica, además de la compra de tubos fluorescentes y lámparas de vapor de sodio las cuales se realizan cada 4 años según su tiempo de vida útil

Para la implementación de este estudio se obtiene una inversión total de S/. 88842,72 de los cuales S/. 4671,9 se designa para la compra del sistema de iluminación LED, S/. 84170,82 en la compra del sistema fotovoltaico teniendo en cuenta que las baterías y reguladores serán comparados cada 10 años según su vida útil. En relación a estos valores es que se ha realizado la respectiva evaluación económica con los siguientes resultados.

Tabla 37. *Valores del VAN y TIR.*

Ítems	Descripción	Total
1	Valor actual neto	25405.46
2	Tasa interna de retorno	17 %

Fuente: Elaboración Propia.

Tal como se muestra en la tabla 37, el valor del VAN es mayor a cero lo que demuestra que el presente estudio es viable.

V. DISCUSION

Comparando el diseño del sistema fotovoltaico de esta investigación, con la propuesta realizada por Sampen (2018), quién para una demanda de 11,6 kWh diseñó un sistema fotovoltaico con 16 paneles de 240 Wp, 2 controladores de 45 A y un banco de 8 baterías de 12V y 503 Ah, vemos que el diseño de esta investigación varía en el número de paneles (20 paneles) así como en la corriente del banco de baterías (963 Ah), pues la demanda del sistema de iluminación LED del colegio Miraflores es de 17,27 kWh.

El diseño del sistema fotovoltaico implica utilizar la radiación mensual mínima para la realización de los cálculos. Este principio ha sido utilizado en la presente investigación, al igual que en las investigaciones encontradas en la bibliografía, como por ejemplo la de Escobedo (2018), quien utilizó una radiación mínima de $4.47 \text{ kW/m}^2/\text{dia}$ para el departamento de Lambayeque o Sánchez (2019), quién también trabajó con una radiación mínima de $3.38 \text{ kW/m}^2/\text{dia}$ para la provincia de Celendín-Cajamarca.

Rojas (2018) diseñó un sistema fotovoltaico para iluminación LED con una demanda de 4,32 kWh, llegando a una inversión de S/. 23954,7. En el diseño del sistema fotovoltaico para iluminación LED del colegio 16003 Miraflores Jaén se obtuvo una demanda de 17,27 kWh y una inversión de S/. 88842,72.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La demanda del sistema de iluminación actual en el Colegio Miraflores 16003 Jaén que cuenta con lámparas convencionales de 50, 40 y 32 Watts es de 56,832 kWh.
- La demanda requerida por el sistema de iluminación LED con tubos de 30 W y 4800 lm, tubos de 8 W y 1280 lm y bombillas de 8 W y 1800 lm en el Colegio 16003 Miraflores Jaén es de 17,27 kWh.
- Se determinó la potencia del sistema fotovoltaico de acuerdo a la radiación solar proporcionado por el portal web de la NASA para el mes más deficiente del año que fue febrero con 3.93 HSP, el cual pudo satisfacer la demanda requerida por el sistema de iluminación LED.
- El sistema fotovoltaico consta de 20 paneles con potencia de 325 Wp, dos controladores con capacidad de 60 A, el banco de baterías está conformado por 8 baterías de 12 VDC con capacidad de 963 Ah y un inversor cuya potencia es de 9 000 W a una tensión de trabajo de 48 VDC el cual suministrará una tensión de 220 VAC.
- Se realizó el análisis económico del proyecto con resultados de VAN S/.25405.34 y TIR 17%, los indicadores económicos demuestran que el proyecto es viable, eficiente y rentable económicamente.
- El sistema fotovoltaico ha sido diseñado para una demanda de 17,27 kWh por parte del sistema de iluminación LED propuesto. Cabe señalar que de no utilizar lámparas tipo LED la potencia requerida por el sistema fotovoltaico sería mayor, incurriendo en una mayor inversión económica.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda reemplazar el sistema de iluminación con energía convencional por el sistema de iluminación LED con suministro fotovoltaico ya que es más eficiente.
- Recomendamos aplicar este proyecto de investigación ya que se ha demostrado que económicamente es factible, también brindaría un mejor servicio al alumnado de este colegio así mismo se reduciría los costos de consumo de energía eléctrica.
- A las instituciones ya sea públicas o privadas se recomienda utilizar energía fotovoltaica e iluminación LED ya que aparte de que significaría un gran ahorro también sería una mejora en el servicio y disminución de la contaminación ambiental.
- Se recomienda hacer el respectivo mantenimiento tanto al sistema fotovoltaico como al sistema de iluminación LED para así garantizar su correcto funcionamiento y posibles deficiencias.
- Recomendamos cambiar el sistema fotovoltaico cuando haya cumplido su ciclo de vida según lo indicado en las fichas técnicas de fabricantes.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abella, M. (2016). *"Energía renovables y mercado energético"*. Madrid.

Acevedo Garces, F. (2016). *"Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios"*. Bogota.

Agustín Castejón, G. S. (s.f.). *Instalaciones solares fotovoltaicas*. España.

Carral, M. (2014). *La tecnología LED*.

Celemín Cuellar, M. A. (2016). *"Estudio para la implementación de un sistema fotovoltaico como alternativa rural sostenible de la vereda San Roque en el municipio de Ortega-Tolima"*. Colombia.

Díaz Corcobado, T. (2008). *"Instalaciones solares fotovoltaicas"*. México.

German, J. (2012). *"El uso del valor actual neto y la tasa interna de retorno para la valoración de las decisiones de inversión"*. Buenos Aires.

Gutiérrez Hernández, M. C. (2014). *"Iluminación LED, ahorro, eficiencia e innovación - proyecto de mejora de la iluminación de un Hotel San Cristóbal de la Laguna"*.

Igor, J. (2017). *"Evaluación de factibilidad para proyecto de iluminación sustentable a través de energía fotovoltaica con conexión a la red, para los espacios exteriores de la Universidad Austral de Chile, Sede Puerto Montt"*. Chile.

Jadraque, E. (2011). *"Uso de la energía solar fotovoltaica como fuente para el suministro de energía eléctrica en el sector residencial"*.

Joachín Barrios, C. D. (2008). *Diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado para el suministro de energía eléctrica a la comunidad Buena Vista, San Marcos, Guatemala*.

Llauce Chozo, A. J. (2016). "Implementación de sistema fotovoltaico para reducir el consumo de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica en el restaurant el Cruceñito, ubicado en Km 901 ,carretera Lambayeque-Piura". Lambayeque.

MINEM, D. (2011). Código Nacional de Electricidad Suministro.

Núñez , T., & Cruz, V. (2013). Diseño de sistema de energía solar fotovoltaica. Perú.

Valdiviezo Salas , P. D. (2014). "Diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica a 15 computadoras portátiles en la PUCP.Lima". Lima.

Velazquez Céspedes, R. (2012). "Proyecto de instalación solar fotovoltaica en el departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Santiago de Chile". Santiago de Chile.

ANEXOS

Anexo 1. Especificaciones técnicas de tubos LED.



TUBO LED T8 150-160Lm/W | 8W - 30W



Modelos:

Artículo	Potencia	Lumen	Voltaje	Polycarbonato	CRI/Ra	Angulo haz	Dimensiones
PLUBT88W	8W	1300-1500Lm	85-265 V/AC	translucido/transp.	>83	120°/180°/270°	Ø26x600mm
PLUBT810W	10W	1500-1700Lm	85-265 V/AC	translucido/transp.	>83	120°/180°/270°	Ø26x600mm
PLUBT812W	12W	1800-1920Lm	85-265 V/AC	translucido/transp.	>83	120°/180°/270°	Ø26x900mm
PLUBT814W	14W	2100-2240Lm	85-265 V/AC	translucido/transp.	>83	120°/180°/270°	Ø26x900mm
PLUBT816W	16W	2400-2560Lm	85-265 V/AC	translucido/transp.	>83	120°/180°/270°	Ø26x1200mm
PLUBT818W	18W	2700-2880Lm	85-265 V/AC	translucido/transp.	>83	120°/180°/270°	Ø26x1200mm
PLUBT820W	20W	3000-3200Lm	85-265 V/AC	translucido/transp.	>83	120°/180°/270°	Ø26x1200mm
PLUBT824W	24W	3600-3840Lm	85-265 V/AC	translucido/transp.	>83	120°/180°/270°	Ø26x1500mm
PLUBT828W	28W	4200-4480Lm	85-265 V/AC	translucido/transp.	>83	120°/180°/270°	Ø26x1500mm
PLUBT830W	30W	4500-4800Lm	85-265 V/AC	translucido/transp.	>83	120°/180°/270°	Ø26x1500mm

Vida útil indicado 50.000h | Temperaturas luz disponibles: 2700K | 4000K | 5000K | 6500K

Detalles:

- LED-SMD 5630 Epistar
- PCB de aluminio puro de 19x1.2mm y cuerpo de aluminio para máxima disipación de calor.
- LED-driver aislado integrado
- Factor de potencia: PF >0,95
- Casquillo G13 (Sobre pedido también con casquillo giratorio).
- Sobre pedido también con policarbonato transparente
- No emite luz ultravioleta / No contiene mercurio.
- 80% de intensidad lumínica después de vida útil indicada de 50.000h
- Garantía del fabricante 5 años. Certificaciones CE y RoHS y TÜV
- Versión 'instantfit' con LED-Starter en combinación con balastro magnético o directo a 230V

Anexo 2. Especificaciones técnicas de Bombillas LED.



Hoja de datos de producto LED PHILIPS 8 W/ E27



Áreas de aplicación

- Aplicaciones domésticas
- Iluminación general
- Aplicaciones en exteriores solo en luminarias adecuadas

Beneficios del producto

- Poco consumo de energía
- Luz instantánea al 100 %, sin tiempo de calentamiento

Características del producto

- Lámparas libres de mercurio



Hoja de datos de producto

Datos técnicos

Datos eléctricos

Potencia nominal	8,00 W
Potencia nominal	8,00 W
Tensión nominal	220...240 V
Frecuencia de funcionamiento	50...60 Hz
Factor de potencia λ	> 0,50
Potencia equivalente lámpara	60 W

Datos Fotométricos

Flujo luminoso	1400 lm
Temperatura de color	2700 K
Índice de reproducción cromática Ra	≥ 80
Tono de luz (denominación)	Warm White
Desviación estándar de ajuste de color	≤ 6 sdcn
Flujo luminoso nominal	1400 lm
Factor manten.lumen final vida \hat{u} [calc.]	0,70

Datos técnicos de iluminación



Tiempo de precalentamiento (60 %)	< 0,50 s
Tiempo de arranque	< 0,5 s

Dimensiones y peso



Longitud total	112,0 mm
Diámetro	60,0 mm
Ampolla exterior	A60
Largo	112,0 mm

Anexo 3. Cotización de las lámparas LED.

		BLV INDUSTRIAL S.R.L. R.U.C 20516752239 Jr. Lampa 1021 Int - 178 - Lima - Lima - Lima Telf: (01) 426-6629 / 426-7291 Cel: 998170127 Rpm: 00000000 E-mail: ventas@blvindustrial.com www.blvindustrial.com					
PRESUPUESTO 0935-19							
Lima, 29 de Julio de 2019							
Señores : JHON QUIROZ RUC: 10744202570				Teléfono : Celular : E - mail : Otros :			
Dirección : Ciudad : Atención : Ref :							
Estimados Señores:							
De acuerdo a su solicitud nos es grato cotizar lo siguiente:						Moneda:	SOLES
Item	Und	Articulo	CANT	PRECIO UNITARIO	DESC.	TOTAL S/.	TIEMPO DE ENTREGA
						-	
1	KIT	TUBO LED DE 30 WATTS	108	30.3		3,272.40	1 DIA
2	KIT	TUBO LED DE 8 WATTS	63	15.5		976.50	1 DIA
3	KIT	BOMBILLA LED DE 8 WATTS	12	12		144.00	1 DIA
TOTAL S/.						4392.9	
PRECIOS INCLUYEN EL I.G.V.							
Condiciones Generales				Depositar importe en Cta. Cte. Según detalle:			
Forma de Pago : DEPOSITO EN CUENTA				A nombre de : BLV INDUSTRIAL SRL			
V/ OFERTA : 5 DIAS							
Lugar de Entrega : EN LA AGENCIA QUE EL CLIENTE LO SOLICITE							
Notas:							
Plazos de Entrega Recibida Orden de Compra INMEDIATO							
Emitir O/Compra, Consignando sus Datos:							
Razón Social, RUC, Dirección, Teléfonos, Datos del Transportista,							
Destino final de la mercadería, etc..							
				BANCO		SOLES	DOLARES
				BBVA		011-0175-0200244306-7	0011-0175-0200244314-77
				CCI		11-175-000200244306-7	011-175-000200244314-77
				BANCO		SOLES	DOLARES
				BCP		193-2185007-0-76	193-2170392-1-60
				BANCO		SOLES	DOLARES
				STOCTIABAN		000-6186190	
				PAGUE CON			
							

Anexo 4. Cotización del sistema fotovoltaico.



Cotización

Autosolar Energía del Perú S.A.C
 Carretera Panamericana Sur KM 29.5 Megacentro, Unidad I-B, Lurin
 Referencia: Frente a Campomar, entrada al Megacentro altura Puente VIDU
 Teléfono: 017154357 Móvil: 993943927
 autosolar@autosolar.pe
 R.U.C: 20002492118

osmer segura cubas

 Jaen
 Cajamarca
 osmer segura cubas

DOCUMENTO	NÚMERO	PÁGINA	FECHA
Presupuesto	1 003320	1	12/07/2019


CLIENTE	R.U.C.	AGENTE	FORMA DE PAGO	VALIDEZ DE LA OFERTA
4063		3 Antony Otero		1 Mes, salvo cambio de tarifa

GARANTÍA DE DOS AÑOS EN LOS EQUIPOS OFERTADOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UD.	SUBTOTAL	DTO.	TOTAL
1002223	Panel Solar 325W 24V Policristalino Talesun	20	583,33	11.666,60		11.666,60
3004330	Inversor Cargador 9 000W 48V ABB string	01	2.393,75	2.393,75		2.393,75
1703413	Bateria Gel 12V 963 Ah ROLLS 12CS 11PS	08	4.860,00	38.880,00		38.880,00
5304010	MPPT 150/60 Blue Solar	02	3.089,02	6.179,24		6.179,24
5502011	Estructura Metalica de Soporte	01	4.000,00	4.000,00		4.000,00
5504017	Accesorios del SFV ,sistema de proteccion y conductores	01	2.300,00	2.300,00		2.300,00
				SUBTOTAL:		65.419,59 S/.

TIPO	IMPORTE	DESCUENTO	PRONTO PAGO	PORTES	FINANCIACIÓN	BASE	I.G.V	R.E.
							18,00	
							TOTAL:	77.195,11 S/.

Firmado Autosolar



TIPO DE MONEDA: SOLES
PAGO EN DOLARES: TIPO CAMBIO DÍA SUNAT

EMPRESAS DE TRANSPORTE DE CONFIANZA PARA ENVÍO A PROVINCIAS:
MARVISUR - SHALOM - OLVA COURIER - SPC COURIER - TRANSAVALA

DATOS BANCARIOS PARA EL PAGO

Cuenta corriente en Soles: Interbank - Cuenta N°: 637-3001500225 / Interbank CCI: 003-637-003001500225-63

Cuenta corriente en Soles: Banco de Crédito del Perú - Cuenta N°: 194-2448005-0-22 / BCP CCI: 00219400244800502298

Cuenta de ahorros en Dolares: Interbank - Cuenta N°: 200-3108749061 / Interbank CCI: 00320001310874906134

Cuenta de Detracciones: Banco de la Nación - Cuenta N°: 00-010-065666

Anexo 5. Especificaciones técnicas de paneles solares.

TP672P Polycrystalline Solar Module 72 Cell Series



KEY FEATURES

330W

Highest power output

10 years

Material & workmanship warranty.

PID Free

Certified by TUV Rheinland

25 years

Linear power output warranty.

- Positive power tolerance: 0-+3%
- Robust design: Certified to withstand up to 2400 Pa wind load and up to 5400 Pa snow load
- Proved high reliability built on dozens of projects
- Four busbar cell: Improve the efficiency of modules

QUALITY WARRANTY

TALESUN guarantees that defects will not appear in materials and workmanship defined by IEC61215, IEC61730 and UL1703 under normal installation, use and maintenance as specified in Talesun's installation manual for 10 years from the warranty starting date.



ABOUT TALESUN

Suzhou Talesun Solar Technologies Co., Ltd. is one of the world's largest integrated PV manufacturers. Its standard and high-efficiency product offerings are among the most powerful and cost-effective in the industry. With over 6 GW of modules installed globally, we are a leading solar energy company built upon proven product reliability and sustainable performance.



PERFORMANCE WARRANTY

Polycrystalline Solar Cell Modules

- During the first year, TALESUN guarantees the nominal power output of the product will be no less than 97.5% of the labeled power output.
- From year 2 to year 24, the nominal power decline will be no more than 0.7% in each year; by the end of year 25, the nominal power output will be no less than 80.7% of the labeled power output.

ELECTRICAL PARAMETERS

Performance at STC (Power Tolerance 0 - +3%)				
Maximum Power (Pmax/W)	315	320	325	330
Operating Voltage (Vmpp/V)	36.8	37.1	37.4	37.7
Operating Current (Impp/A)	8.56	8.63	8.70	8.76
Open-Circuit Voltage (Voc/V)	45.2	45.5	45.7	45.9
Short-Circuit Current (Isc/A)	9.11	9.16	9.22	9.27
Module Efficiency η (%)	16.2	16.5	16.7	17.0

Performance at NOCT				
Maximum Power (Pmax/W)	232	236	240	243
Operating Voltage (Vmpp/V)	33.8	34.1	34.4	34.6
Operating Current (Impp/A)	6.88	6.92	6.98	7.04
Open-Circuit Voltage (Voc/V)	41.7	42.0	42.2	42.3
Short-Circuit Current (Isc/A)	7.38	7.42	7.46	7.51

*STC: 1000W/m², 25°C, AM 1.5 *NOCT: 800W/m², 20°C, AM 1.5, Wind Speed: 1m/s

MECHANICAL SPECIFICATION

Cell Type	Poly Crystalline
Cell Dimensions	156.75*156.75mm(6inch)
Cell Arrangement	72(6*12)
Weight	22kg(48.5lbs)
Module Dimensions	1960*992*40mm(77.17*39.06*1.57inch)
Cable Length	1200mm(47.24inch)
Cable Cross Section Size	4mm ² (0.006sq.in)
Front Glass	3.2mm High Transmission, Tempered Glass
No. of Bypass Diodes	3/6
Packing Configuration (1)	27pcs/Pallet, 648pcs/40hq
Packing Configuration (2)	27pcs+4pcs/Pallet, 696pcs/40hq
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP65/IP67

OPERATING CONDITIONS

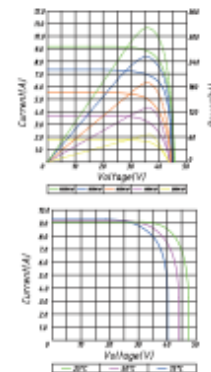
Maximum System Voltage	1000V/DC(IEC)
Operating Temp.	-40 C ~+85 C
Maximum Series Fuse	15A
Static Loading	5400Pa
Conductivity at Ground	≤ 0.1Ω
Safety Class	II
Resistance	≥100MΩ
Connector	MC4 Compatible

SUZHOU TALESUN SOLAR TECHNOLOGIES CO.,LTD.
 Email: sales@talesun.com Web: www.talesun.com Tel: + 86 400 885 1098

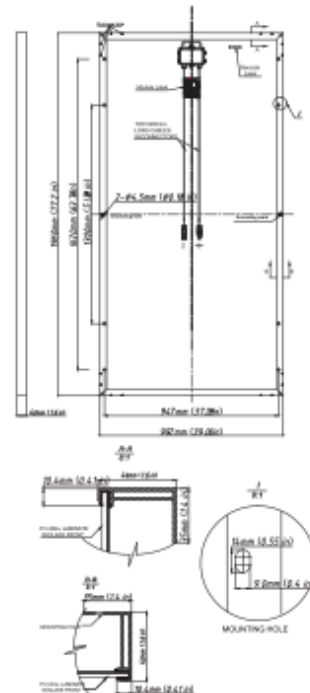
TEMPERATURE COEFFICIENT

Temperature Coefficient Pmax	-0.40%/C
Temperature Coefficient Voc	-0.31%/C
Temperature Coefficient Isc	+0.06%/C
NOCT	45±2 C

I-V CURVE TP672P Pm(W)320




TECHNICAL DRAWINGS



Specifications subject to technical changes without notice. Talesun Solar Rev. 2017.7

Anexo 6. Especificaciones técnicas de baterías.



BATTERY ENGINEERING
WWW.ROLLSBATTERY.COM **MADE IN CANADA**

DEEP CYCLE
SERIES: 5000
MODEL: 12 CS 21P

BATTERY TYPE: 12 VOLTS

DIMENSIONS:

LENGTH	559 MM	22	INCHES
WIDTH	286 MM	9 1/4	INCHES
HEIGHT	464 MM	18 1/4	INCHES

CONTAINER CONSTRUCTION:

CONTAINER: (INNER)	POLYPROPYLENE	TERMINALS:	FLAG WITH STAINLESS STEEL NUTS AND BOLTS
COVER: (INNER)	POLYPROPYLENE - HEAT SEALED TO INNER CONTAINER	HANDLES:	MOLDED
CONTAINER: (OUTER)	HIGH DENSITY POLYETHYLENE		
COVER: (OUTER)	HIGH DENSITY POLYETHYLENE SNAP FIT TO OUTER CONTAINER		

PLATES:

POSITIVE PLATE DIMENSION:			
HEIGHT	273 MM	10.750	INCHES
WIDTH	143 MM	5.625	INCHES
THICKNESS	6.60 MM	0.260	INCHES
NEGATIVE PLATE DIMENSION:			
HEIGHT	273 MM	10.750	INCHES
WIDTH	143 MM	5.625	INCHES
THICKNESS	4.57 MM	0.180	INCHES

CAPACITY:

CRANK AMPS:			
COLD (CCA)	0°F / -17.8°C	1764	
MARINE (MCA)	32°F / 0°C	2175	

WEIGHTS:

WEIGHT DRY	98 KG	220 LBS.
WEIGHT WET	124 KG	272 LBS.

CELLS: 3 **PLATES/CELL:** 21

POSITIVE PLATE ENVELOPED BY VERTICAL SLYVER GLASS MAT

SEPARATOR:

THICKNESS	3 MM	0.105 INCHES
------------------	------	--------------

INSULATION:

GLASS MAT	1 MM	0.020 INCHES
------------------	------	--------------

ELECTROLYTE RESERVE:


ABOVE PLATES	95 MM	3.75 INCHES
---------------------	-------	-------------

RESERVE CAPACITY:

RC @ 25A	1353 MINUTES
-----------------	--------------

20 HR RATE: 683

	HOURLY RATE	SPECIFIC GRAVITY	CAP / AH	CURRENT / AMPS
CAPACITY @	100 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	963	9.63
CAPACITY @	72 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	908	12.62
CAPACITY @	50 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	840	16.80
CAPACITY @	24 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	710	29.6
CAPACITY @	20 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	683	34.2
CAPACITY @	15 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	635	42.3
CAPACITY @	12 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	594	49.5
CAPACITY @	10 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	567	56.7
CAPACITY @	8 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	533	66.6
CAPACITY @	6 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	485	80.8
CAPACITY @	5 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	458	92
CAPACITY @	4 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	423	106
CAPACITY @	3 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	382	127
CAPACITY @	2 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	328	164
CAPACITY @	1 HOUR RATE	1.280 SP. GR.	232	232

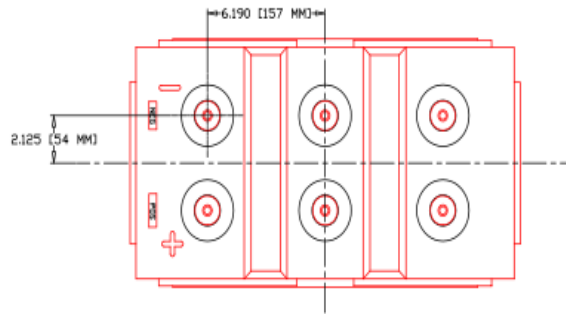


BATTERY COMPANY LIMITED

1 STATION RD. SPRINGHILL, NOVA SCOTIA, CANADA B0M 1X0 1.800.681.9914

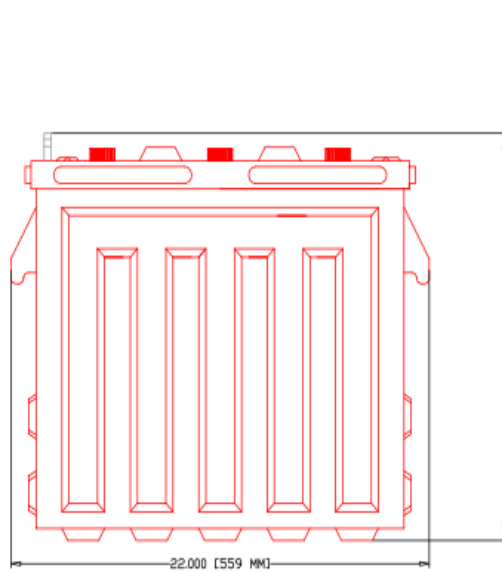
REV2
 Jun-10
 6 CS 21P

57



PART NUMBER: 12-CS-11P
 WEIGHT WET: 272 LB/ 124 KG
 WEIGHT DRY: 220 LB/ 100 KG
 CAPACITY: 683 AH 20 HR
 VOLTAGE: 12 V
 OVERALL DIMENSIONS: 22"x 11½" x 18½"

MAX HEIGHT WITH OPTIONAL HYDROCAPS: 18.63' / 473MM



TITLE: 12CS11P

DESCRIPTION: 12V / 6 CELL 11 PLATE (CS) DEEP CYCLE 500/5000 SERIES

CONTACT INFO:
 WEB: WWW.SURRETTE.COM
 E-MAIL: SALES@SURRETTE.COM
 PHONE: 1-800-681-9914

SCALE: 1" = 6" 1" = 4" JPEG NOT TO SCALE
 8.5" X 11" 11" X 17"

Drawn by: S. WILES Approved By: D. SURRETTE

DATE: JAN-2010 REVISION: 2.0

DRAWING NO.: DWG 018, BDI2CS11P

Anexo 7. Especificaciones técnicas del regulador.



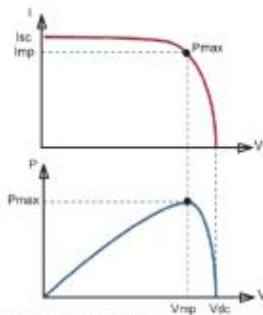
Controladores de carga BlueSolar con conexión roscada- o MC4 PV MPPT 150/45, MPPT 150/60, MPPT 150/70, MPPT 150/85, MPPT 150/100



Controlador de carga solar
MPPT 150/70-Tr



Controlador de carga solar
MPPT 150/70-MC4



Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:
Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V).
El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:
Potencia de salida P = I x V como función de tensión de salida.
Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, o inferior a Vmp.

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)
Especialmente con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30% en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial
En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo. El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión
Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible
Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

Amplia protección electrónica
Protección de sobretemperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.
Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.
Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna
Compensa la tensión de carga de absorción y flotación, en función de la temperatura.

Opciones de datos en pantalla en tiempo real
- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android consulte "Mochila inteligente de conexión VE.Direct a Bluetooth"
- Panel ColorControl



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)				
Corriente de carga nominal	45 A	60 A	70 A	85 A	100 A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	650 W	860 W	1000 W	1200 W	1450 W
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	1300 W	1720 W	2000 W	2400 W	2900 W
Potencia FV máxima, 48V 1a,b)	2600 W	3440 W	4000 W	4800 W	5800 W
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 %				
Autoconsumo	10 mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretemperatura				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95 %, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				
CARCASA					
Color	Azul (RAL 5012)				
Terminales FV 2)	35 mm ² /AWG2 (modelos Tr), o conectores Dual MC4 (modelos MC4)				
Bornes de batería	35 mm ² / AWG2				
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)				
Peso	3 kg		4,5 kg		
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm		Modelos Tr: 216 x 296 x 103 mm Modelos MC4: 246 x 296 x 103 mm		
ESTÁNDARES					
Seguridad	EN/IEC 62109				

1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado.
1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador.
Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.
2) Modelos MC4: se necesitarán varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares.



Anexo 8. Especificaciones técnicas del inversor.

Solar Inverters

ABB string inverters

PVI-8000/9000-TL-OUTD

8kW to 9kW



Designed for residential and small commercial PV installations, this inverter fills a specific niche in the ABB product line to cater for those installations producing between 5kW and 20kW.

This inverter includes dual input section to process two strings with independent MPPT.

The high speed and precise MPPT algorithm offers real-time power tracking and energy harvesting. Flat efficiency curves ensure high efficiency at all output levels ensuring consistent and stable performance across the entire input voltage and output power range.

This outdoor inverter has been designed as a completely sealed unit to withstand the harshest environmental conditions.

The wide input voltage range makes the inverter suitable to low power installations with reduced string size.

The transformerless operation offers high performance efficiencies of up to 97.1%.

Free remote monitoring capability available with every installation. This enables homeowners to view their energy production and offers installers a proactive and economic way of maintaining and troubleshooting the system.

Highlights:

- Single phase and split phase output grid connection.
- Wide input range for increased stringing flexibility.
- The high speed and precise MPPT algorithm offers real time power tracking and improved energy harvesting.
- Outdoor NEMA 4X rated enclosure for unrestricted use under any environmental conditions.
- Integrated DC disconnect switch in compliance with international Standards (-S Version).

Power and productivity
for a better world™ **ABB**

Additional highlights:

- RS-485 communication interface (for connection to laptop or data logger).
- Integrated Arc Fault Detection and Interruption (-A Version).



Technical data and types

Type code	PVI-6000-OUTD-US			PVI-8000-OUTD-US		
Input side						
Nominal output power	9000W			8000W		
Maximum output power	9000W			8000W		
Rated grid AC voltage	208V	240V	277V	208V	240V	277V
Input side (DC)						
Number of independent MPPT channels				2		
Maximum usable power for each channel				4000W		
Absolute maximum voltage (Vmax)				600V		
Start-up voltage (Vstart)				200V (adj. 120-350)		
Full power MPPT voltage range				200 - 530V		
Operating MPPT voltage range				0.7 x Vstart - 580V		
Maximum current (Icmax) for both MPPT in parallel				30A		
Maximum usable current per channel				22A		
Number of wire landing terminals per channel				2 Pairs		
Array wiring termination	Terminal block, pressure clamp, AWG16-AWG6					
Output side (AC)						
Grid connection type	1Ø/2W	Split-Ø/3W	1Ø/2W	1Ø/2W	Split-Ø/3W	1Ø/2W
Adjustable voltage range (Vmin-Vmax)	183V-228V	221V-264V	244V-304V	183V-228V	211V-264V	
244V-304V Grid frequency	60Hz			50Hz		
Adjustable MPPT base current range	27A _{max}	25A _{max}	20A _{max}	27A _{max}	24A _{max}	
Power factor	> 0.995					
Total harmonic distortion at rated power	< 2%					
Contributory fault current ²	36.25 A _{max} / 25.63A _{max}	36.5 A _{max} / 25.61A _{max}	31.75 A _{max} / 22.45A _{max}	36.25 A _{max} / 25.63A _{max}	36.5 A _{max} / 25.61A _{max}	31.75 A _{max} / 22.45A _{max}
Grid wiring termination type	Terminal block, pressure clamp, AWG14-AWG4					
Input						
Reverse polarity protection	Yes					
Over-voltage protection type	Varistor, 2 for each channel					
PV array ground fault detection	Pre start-up Iiso and Dynamic GFDI (requires floating arrays)					
Output						
Anti-islanding protection	Meets UL 1741/IEEE1547 requirements			Meets UL 1741/IEEE1547 requirements		
Over-voltage protection type	Varistor, 2 (L-, L-, L-, G)			Varistor, 2 (L-, L-, L-, G)		
Maximum AC OCPD Rating	35A	30A	25A	40A	35A	30A
Efficiency						
Maximum efficiency	97.1%					
CEC efficiency	96%	96.5%	96.5%	96%	96.5%	96.5%
User interface	Graphic display			Graphic display		
Operating performance						
Stand-by consumption	<8W _{max}			<8W _{max}		
Night time consumption	<0.6W _{max}			<0.6W _{max}		
Communication						
User interface	16 characters x 2 lines LCD display					
Remote monitoring (1xRS485 incl.)	VSN700 Data Logger (opt)					
Wired local monitoring (1xRS485 incl.)	PVI-USB-RS485-232 (opt)					
Environmental						
Ambient air operating temperature range	-13°F to +140°F (-25°C to +60°C)			-13°F to +140°F (-25°C to +60°C) with derating above 122°F (50°C)		
Ambient air storage temperature range	-40°F to +176°F (-40°C to +80°C)			-40°F to +176°F (-40°C to +80°C)		
Relative humidity	0-100% RH condensing			0-100% RH condensing		
Acoustic noise emission level	< 50 db (A) @1m			< 50 db (A) @1m		
Maximum operating altitude without derating	6560 ft (2000 m)			6560 ft (2000 m)		

Anexo 9. Panel Fotográfico.



Figura 10. Colegio Miraflores Jaén.

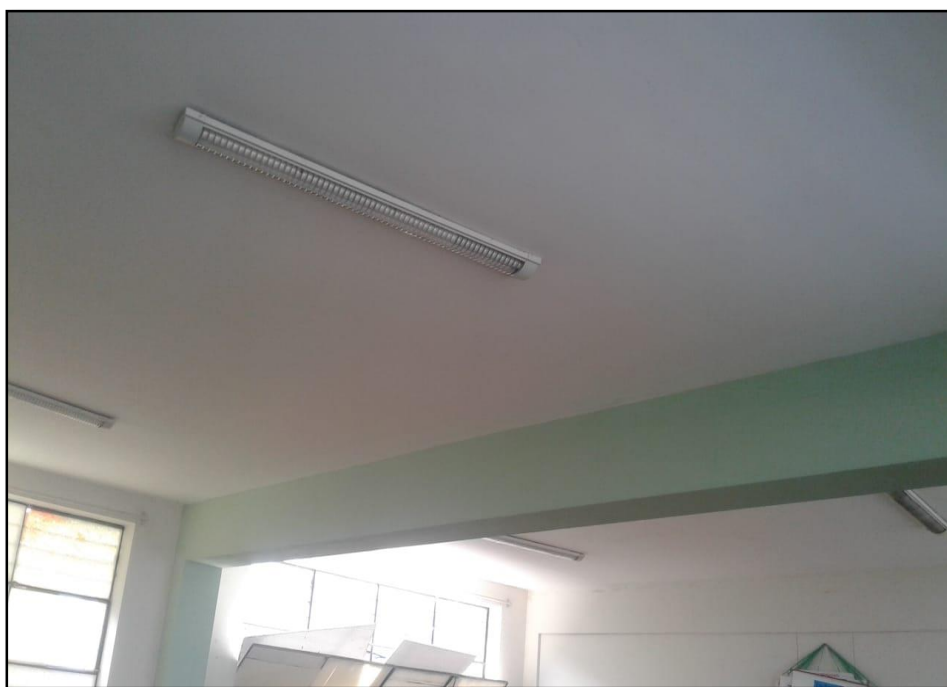


Figura 11. Fluorescentes instalados en las aulas.



Figura 12. Fluorescentes instalados en los pasadizos.

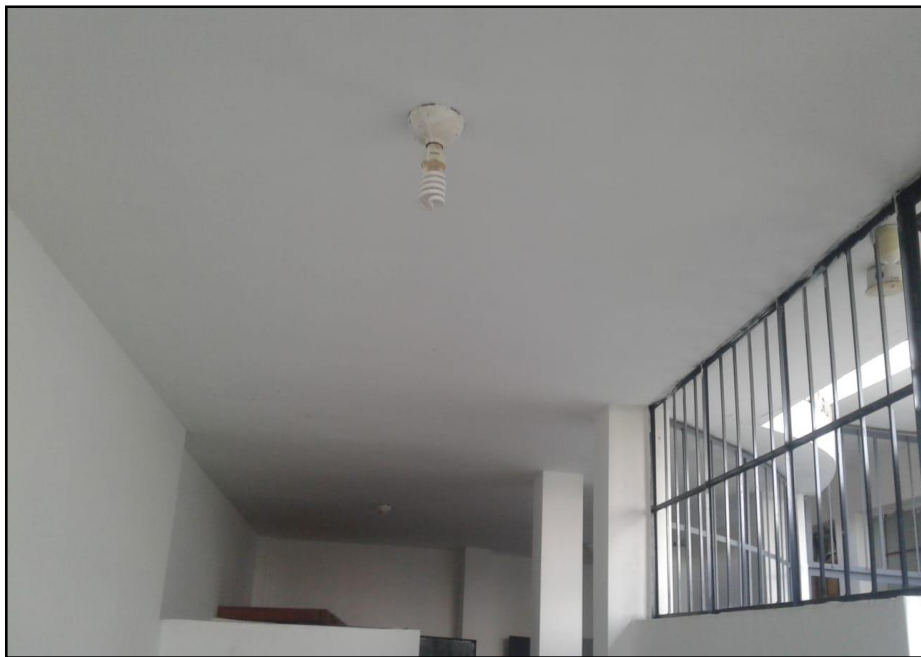
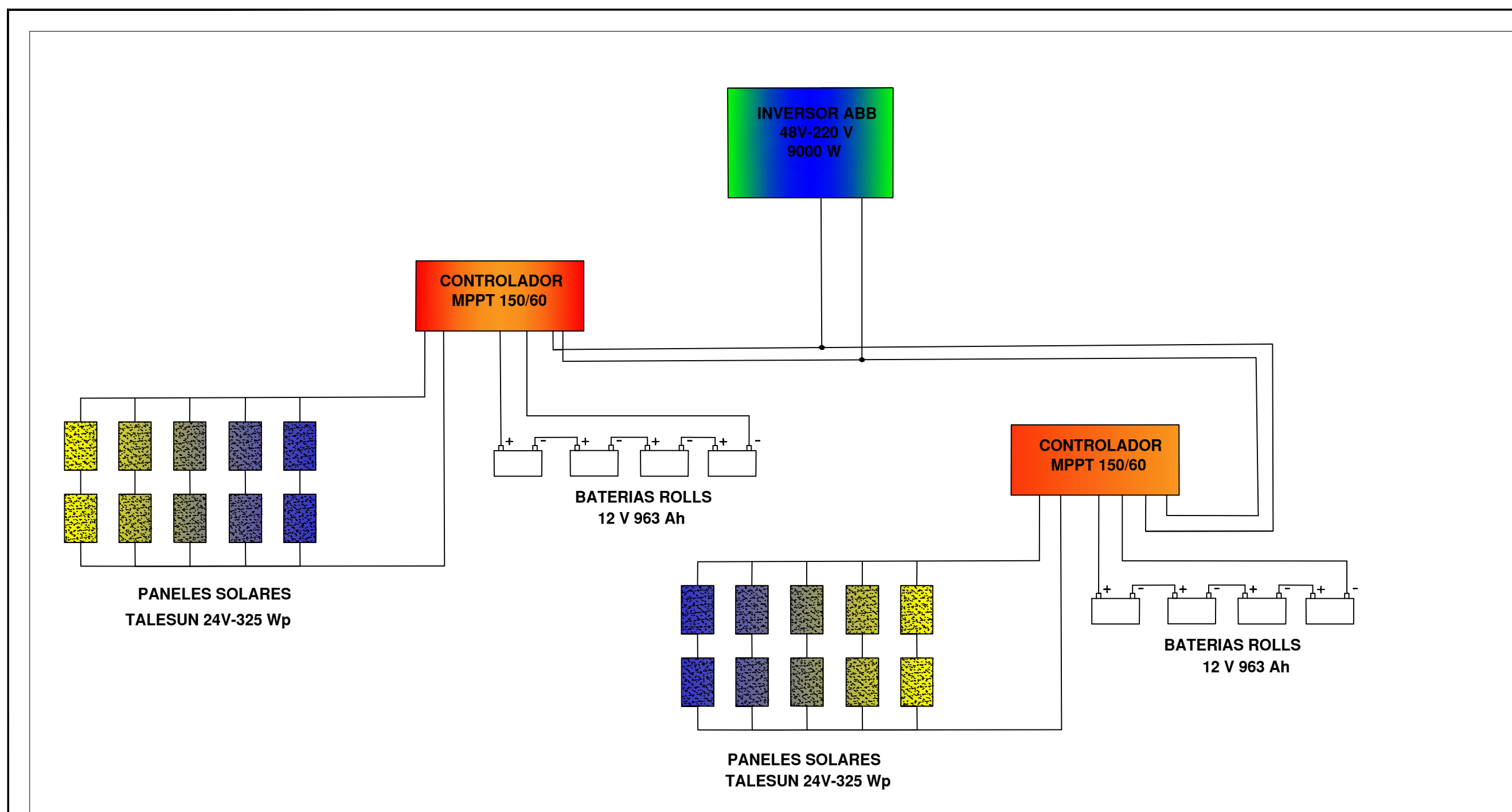


Figura 13. Focos instalados en los servicios higiénicos.

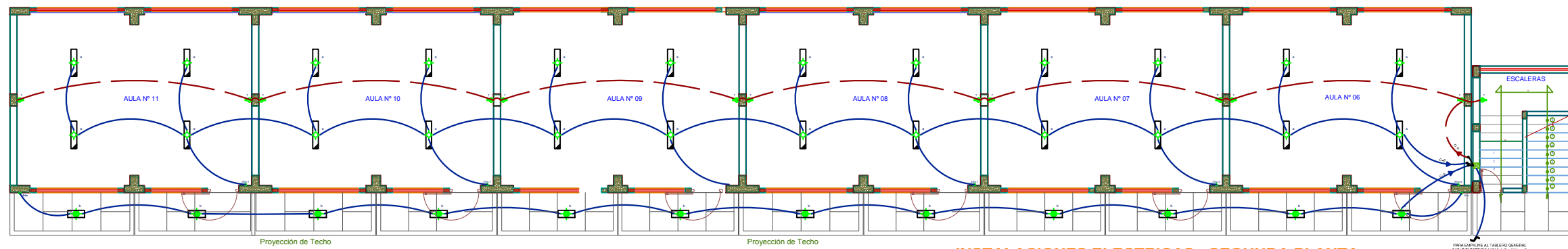
Anexo 10. Esquema del sistema eléctrico con paneles solares.

Anexo 11. Planos de los pabellones del colegio Miraflores Jaén.

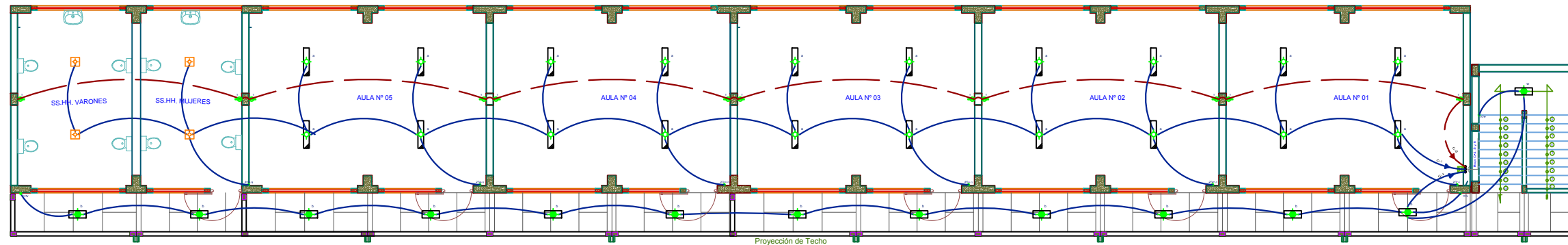
Anexo 12. Diagrama Unifilar acoplado al sistema existente.



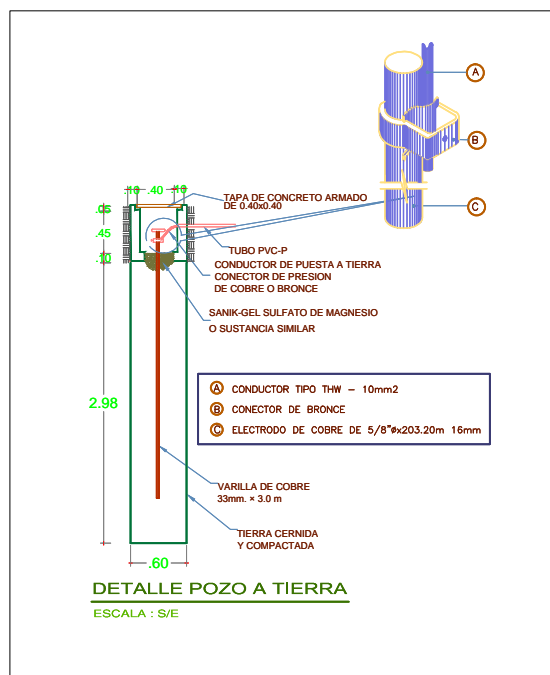
 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN</p>	PLANO: ESQUEMA DEL SISTEMA ELECTRICO CON PANELES SOLARES	
	AUTORES: -JHON HARLIS QUIROZ GORDILLO -OSMER SEGURA CUBAS	
PROYECTO: ESTUDIO DE IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE ILUMINACION LED CON SUMINISTRO FOTOVOLTAICO PARA EL COLEGIO 16003 MIRAFLORES - JAEN	FECHA: AGOSTO-2019	ESCALA: 1/100



INSTALACIONES ELECTRICAS - SEGUNDA PLANTA



INSTALACIONES ELECTRICAS - PRIMERA PLANTA



LEYENDA	
SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
	Lámparas Fluorescente LED de 8 W
	Caja de pase especial del tipo pesada
	Lámparas Fluorescente LED de 30 W
	Tablero de distribución metálico tipo para empotrar
	Lámparas Foco LED de 8 W
	Tomacorriente bipolar doble con puesta a tierra
	Salida para interruptor simple, bipolar
	Tub. Empotrada en techo o PARED, 20mm Ø PVC-L CON 2x2.5mm2TW.
	Tub. Empotrada en piso, 20mm Ø PVC-L CON 2x4mm2TW. + 1x2.5mm2TW.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONDUCTORES:
Serán de cobre electrolítico, núcleo sólido, aislamiento tipo TW, de sección milimétrica (INDECO).
La sección mínima a usarse será de 2.5 mm².
Los tubos como mínimo a usarse serán de 20 mm² PVC-SAP, Según el TOMO V DEL CODIGO NACIONAL DE ELECTRIFICACION.
Los cables de energía serán del Tipo NYY, 1000V.
Cuando el alimentador provenga del medidor de energía, se empleará cable de Tipo NYY, 1000V.
Cuando el alimentador provenga del tablero general se empleará conductor de cobre con aislamiento THW.
Para la línea de puesta a tierra se empleará conductor con aislamiento color amarillo.

CAJAS:
Serán galvanizadas y/o plástico; de 4" x 1 1/2" para centros de luz, salidas especiales o de cajas de paso.
Los tomacorrientes monofásicos y los tomacorrientes monofásicos c/Puesta a Tierra e interruptores serán de 4" x2".

INTERRUPTORES:
Los accesorios serán de tipo balancin con placa de Baquelita (TICINO).

TOMACORRIENTES:
Los accesorios serán de tipo balancin con placa de Baquelita (TICINO).

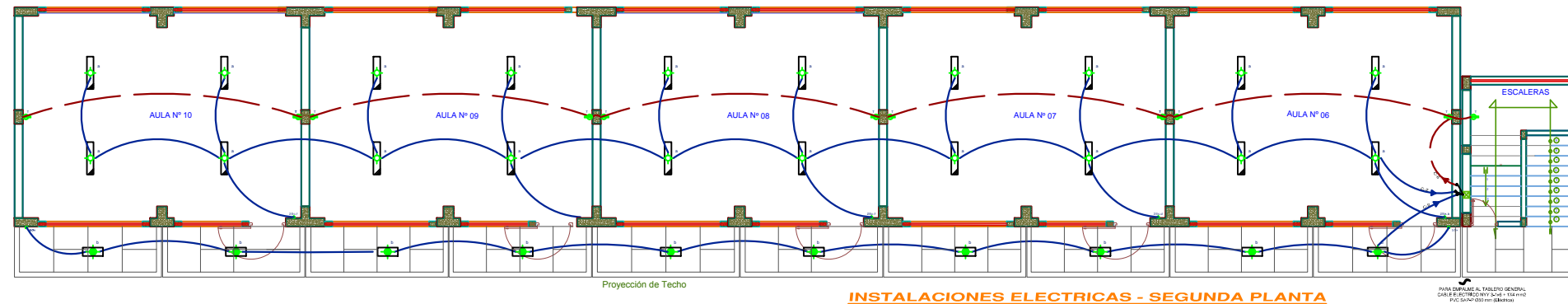
LUMINARIAS:
Serán empotradas y/o adosadas al techo, según el Artefacto.
Serán de forma, rectangular, cuadradas y circular o similar.
También se utilizarán artefacto Tipo Globo.

LAMPARAS:
Serán del tipo fluorescente LED de 30w, 8w y foco LED de 8W respectivamente.

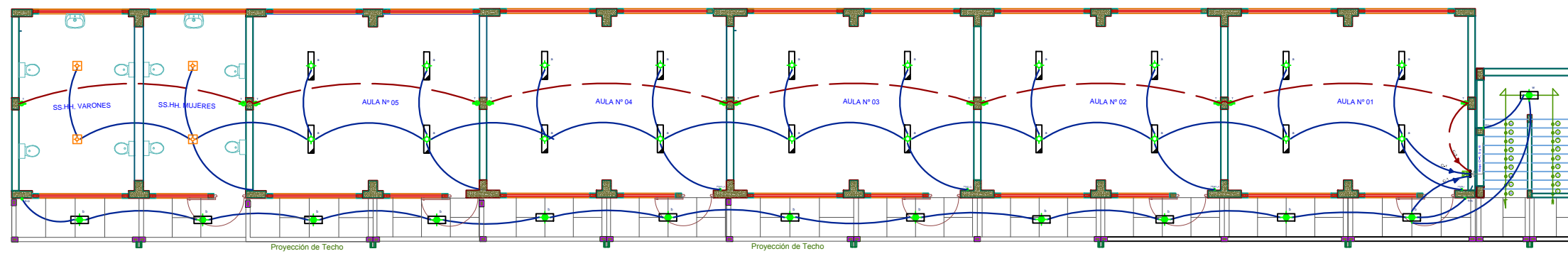
TABLERO:
La llave principal y Circuitos de interiores llevarán interruptores termomagnéticos, y un interruptor diferencial I.D.
Todas las llaves estarán alojadas en una caja metálica de 300x300x150mm empotrada en la pared, y contará con chapa y llave.



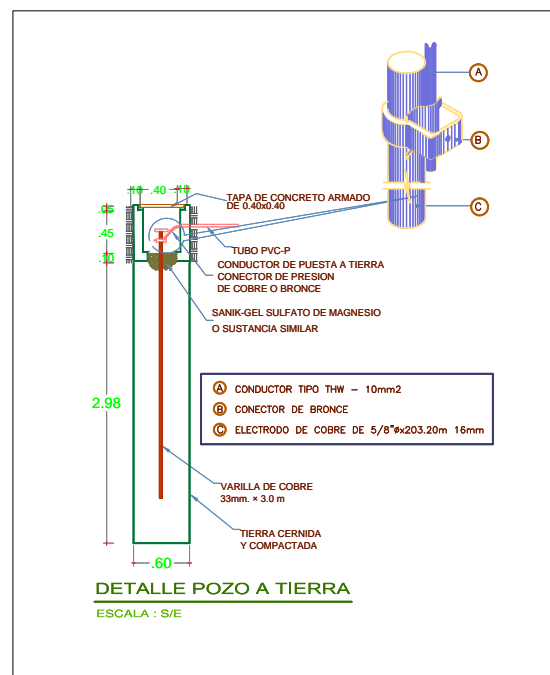
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA	DIBUJADO: Bachiller: Jhon Harlis Quiroz Cordillo Bachiller: Osmer Segura Cubas
	ASESOR: Ing.Lenin Franchescoeth Núñez Pintado
PROYECTO: ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE ILUMINACION LED CON SUMINISTRO FOTOVOLTAICO PARA EL COLEGIO 16003 MIRAPLORES-JAÉN	
DISEÑADO: JAEÑ PROY. JAEÑ DEPT: CAJAMARCA	MOD: 01-DWG FECHA: AGO.-2019 ESC: 1/1000



INSTALACIONES ELECTRICAS - SEGUNDA PLANTA



INSTALACIONES ELECTRICAS - PRIMERA PLANTA



LEYENDA	
SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
	Lámparas Fluorescente LED de 8 W
	Caja de pase especial del tipo pesada
	Lámparas Fluorescente LED de 30 W
	Tablero de distribución metálico tipo para empotrar
	Lámparas Foco LED de 8 W
	Tomacorriente bipolar doble con puesta a tierra
	Salida para interruptor simple, bipolar
	Tub. Empotrada en techo o PARED, 20mm Ø PVC-L CON 2x2.5mm2TW.
	Tub. Empotrada en piso, 20mm Ø PVC-L CON 2x4mm2TW. + 1x2.5mm2TW.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONDUCTORES:
Serán de cobre electrolítico, nucleo solid, aislamiento tipo TW, de sección milimétrica (INDECO).
La sección mínima a usarse será de 2.5 mm².
Los tubos como mínimo a usarse serán de 20 mm² PVC-SAP, Según el TOMO V DEL CODIGO NACIONAL DE ELECTRIFICACION.
Los cables de energia serán del Tipo NYY, 1000V.
Cuando el alimentador provenga del medidor de energia, se empleará cable de Tipo NYY, 1000V.
Cuando el alimentador provenga del tablero general se empleará conductor de cobre con aislamiento THW.
Para la línea de puesta a tierra se empleará conductor con aislamiento color amarillo.

CAJAS:
Serán galvanizadas y/o plástico; de 4" x 1 1/2" para centros de luz, salidas especiales o de cajas de paso.
Los tomacorrientes monofasicos y los tomacorrientes monofasicos c/Puesta a Tierra e interruptores serán de 4" x2".

INTERRUPTORES:
Los accesorios serán de tipo balancin con placa de Baquelita (TICINO).

TOMACORRIENTES:
Los accesorios serán de tipo balancin con placa de Baquelita (TICINO).

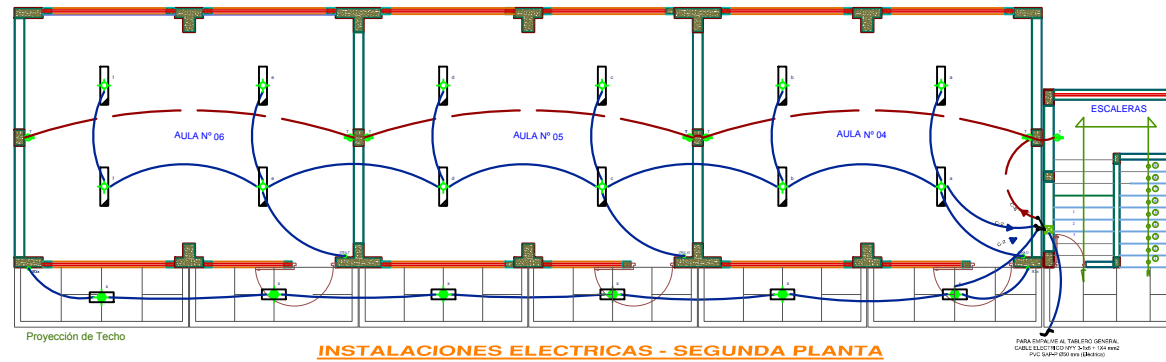
LUMINARIAS:
Serán empotradas y/o adosadas al techo, según el Artefacto.
Serán de forma, rectangular, cuadradas o circular o similar.
También se utilizarán artefacto Tipo Globo.

LAMPARAS:
Serán del tipo fluorescente LED de 30w, 8w y foco LED de 8W respectivamente.

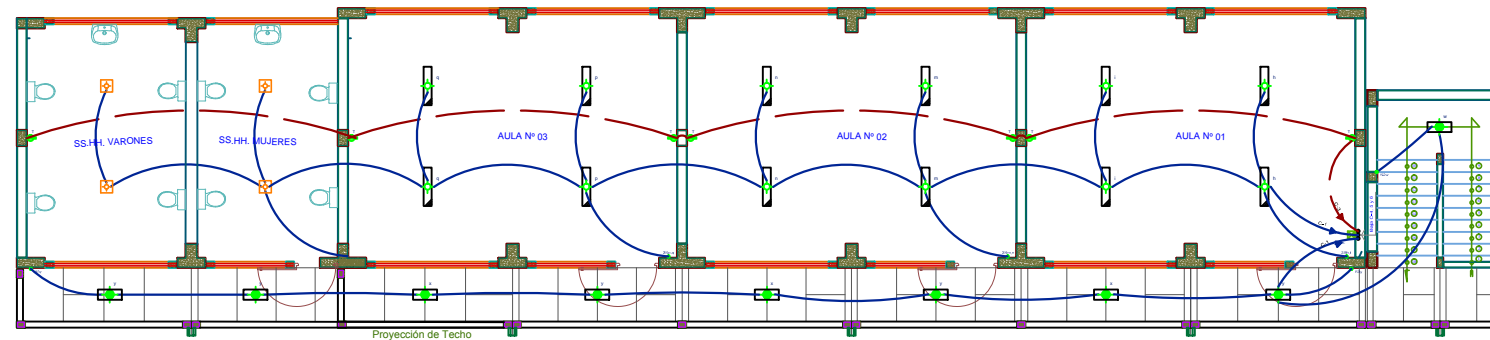
TABLERO:
La llave principal y Circuitos de interiores llevarán interruptores termomagnéticos, y un interruptor diferencial I.D.
Todas las llaves estarán alojadas en una caja metálica de 300x300x150mm empotrada en la pared, y contará con chapa y llave.



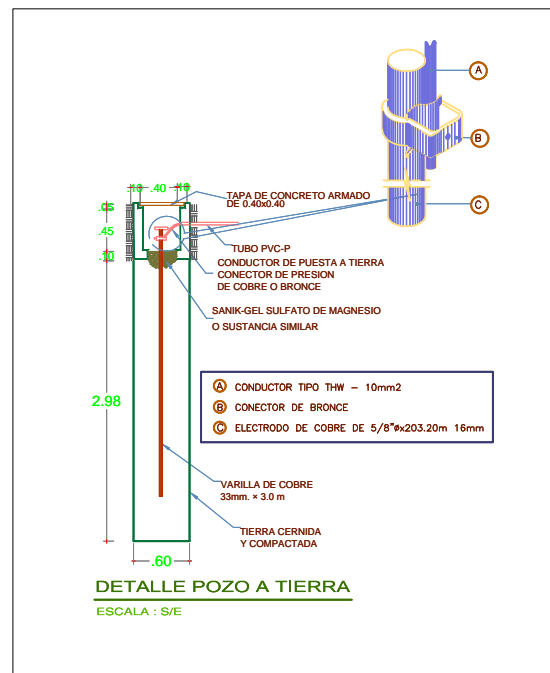
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA	DIBUJADO: Bachiller: Jhon Harlis Quiroz Cordillo Bachiller: Osmer Segura Cubas
	ASESOR: Ing.Lenin Franchescoeth Núñez Pintado
PROYECTO: ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE ILUMINACION LED CON SUMINISTRO FOTOVOLTAICO PARA EL COLEGIO 16003 MIRAPLORES-JAÉN	
DISEÑADO: JAEEN PROY. JAEEN DEPT. CAJAMARCA	MOD.: 02-DWG FECHA: AGO.-2019 ESC.: 1/1000



INSTALACIONES ELECTRICAS - SEGUNDA PLANTA



INSTALACIONES ELECTRICAS - PRIMERA PLANTA



LEYENDA	
SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
	Lámparas Fluorescente LED de 8 W
	Caja de pase especial del tipo pesada
	Lámparas Fluorescente LED de 30 W
	Tablero de distribución metálico tipo para empotrar
	Lámparas Foco LED de 8 W
	Tomacorriente bipolar doble con puesta a tierra
	Salida para interruptor simple, bipolar
	Tub. Empotrada en techo o PARED, 20mm Ø PVC-L CON 2x2.5mm ² TW.
	Tub. Empotrada en piso, 20mm Ø PVC-L CON 2x4mm ² TW. + 1x2.5mm ² TW.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

CONDUCTORES:
Serán de cobre electrolítico, núcleo sólido, aislamiento tipo TW, de sección milimétrica (INDECO).
La sección mínima a usarse será de 2.5 mm².
Los tubos como mínimo a usarse serán de 20 mm² PVC-SAP, Según el TOMO V DEL CODIGO NACIONAL DE ELECTRIFICACION.
Los cables de energía serán del Tipo NYY, 1000V.
Cuando el alimentador provenga del medidor de energía, se empleará cable de Tipo NYY, 1000V.
Cuando el alimentador provenga del tablero general se empleará conductor de cobre con aislamiento THW.
Para la línea de puesta a tierra se empleará conductor con aislamiento color amarillo.

CAJAS:
Serán galvanizadas y/o plástico, de 4" x 1 1/2" para centros de luz, salidas especiales o de cajas de paso.
Los tomacorrientes monofásicos y los tomacorrientes monofásicos c/Puesta a Tierra e interruptores serán de 4" x2".

INTERRUPTORES:
Los accesorios serán de tipo balancin con placa de Baquelita (TICINO).

TOMACORRIENTES:
Los accesorios serán de tipo balancin con placa de Baquelita (TICINO).

LUMINARIAS:
Serán empotradas y/o adosadas al techo, según el Artefacto.
Serán de forma, rectangular, cuadradas y circular o similar.
También se utilizarán artefacto Tipo Globo.

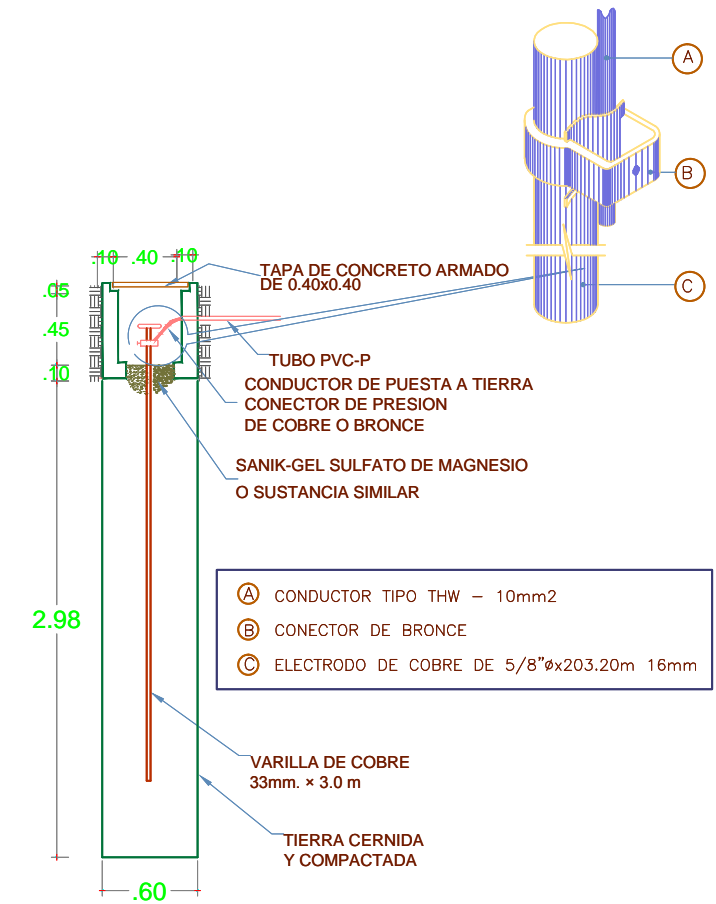
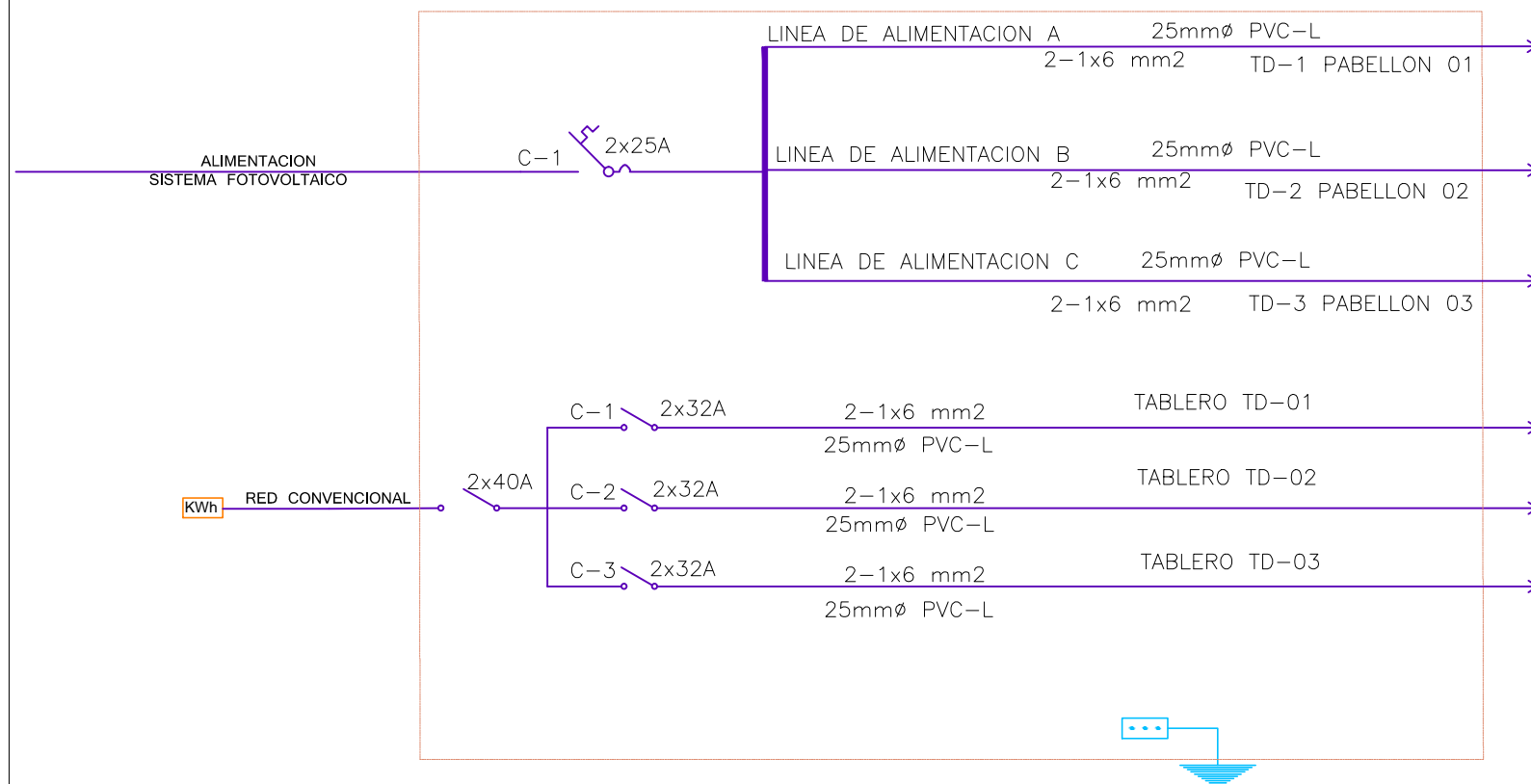
LAMPARAS:
Serán del tipo fluorescente LED de 30w, 8w y foco LED de 8W respectivamente.

TABLERO:
La llave principal y Circuitos de interiores llevarán interruptores termomagnéticos, y un interruptor diferencial I.D.
Todas las llaves estarán alojadas en una caja metálica de 300x300x150mm empotrada en la pared, y contará con chapa y llave.




 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA	DIBUJADO. Bachiller: Jhon Harlis Quiroz Cordillo Bachiller: Osmer Segura Cubas
	ASESOR. Ing.Lenin Franchescoeth Núñez Pintado
SISTEMA ELECTRICO ALUMBRADO PABELLON 03	
PROYECTO: ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN LED CON SUMINISTRO FOTOVOLTAICO PARA EL COLEGIO 16005 MIRAPLORES-JAÉN	DIST: JAÉN PROV: JAÉN DEPT: CAJAMARCA
MOD: 09-DWG FECHA: AGO.-2019 ESC: 1/1000	

DIAGRAMA UNIFILAR T-G



DETALLE POZO A TIERRA

ESCALA : S/E

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAEN	Dib.: Bachiller. Jhon Harlis Quiroz Gordillo Bachiller. Osmer Segura Cubas	
	Asesor.Ing.Lenin Franchescoeth Núñez Pintado	
INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA		
PROYECTO: ESTUDIO DE IMPLEMENTACION DE SISTEMA DE ILUMINACION LED CON SUMINISTRO FOTOVOLTAICO PARA EL COLEGIO 16003 MIRAFLORES-JAEN		
DIST. JAEN		PLANO N° 1/1
PROV. JAEN		ARCH: 01-DU.DWG FECH. AGO.-2019
DPTO. CAJAMARCA		ESC: 1/1000