

**Universidad Católica de Santa María**  
**Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica**  
**– Eléctrica y Mecatrónica**



**PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA  
PISTA DE ATERRIZAJE DEL GRUPO AEREO N°2 CORONEL FAP  
MARCO SCHENONE OLIVA EMPLEANDO ENERGIA SOLAR**

Tesis presentada por los Bachilleres:

**Anco Quispe, Vidal Alex**

**León Acosta, Steve Milwar**

para optar el Título Profesional de

Ingeniero Mecánico Electricista

Asesora:

Mg. Chani Ollachica, Deidamia  
Giovanna

**Arequipa- Perú**

**2023**

# DICTAMEN APROBATORIO

UCSM-ERP

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA**  
**INGENIERIA MECANICA, MECANICA-ELECTRICA Y MECATRONICA**  
**TITULACIÓN CON TESIS**  
**DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR**

Arequipa, 15 de Mayo del 2023

**Dictamen: 007457-C-EPIMMEM-2023**

Visto el borrador del expediente 007457, presentado por:

**2014190021 - ANCO QUISPE VIDAL ALEX**

**2016190111 - LEON ACOSTA STEVE MILWAR**

Titulado:

**PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA PISTA DE ATERRIZAJE DEL  
GRUPO AÉREO N°2 CORONEL FAP MARCO SCHENONE OLIVA EMPLEANDO ENERGIA SOLAR**

Nuestro dictamen es:

**APROBADO**

**29569057 - CASTILLO CACERES CESAR PIO  
DICTAMINADOR**



**30857994 - GORDILLO ANDIA CARLOS ALBERTO  
DICTAMINADOR**



**29592341 - MESTAS RAMOS SERGIO ORLANDO  
DICTAMINADOR**



# PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA PISTA DE ATERRIZAJE DEL GRUPO AEREO N°2 CORONEL FAP MARCO SCHENONE OLIVA EMPLEANDO ENERGIA SOLAR

## INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://apada.org.ar">apada.org.ar</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://repositorio.unac.edu.pe">repositorio.unac.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://biblioteca.utb.edu.co">biblioteca.utb.edu.co</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://e-archivo.uc3m.es">e-archivo.uc3m.es</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://www.iacc.gob.cu">www.iacc.gob.cu</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%

9	<a href="http://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
10	<a href="http://documentop.com">documentop.com</a> Fuente de Internet	1 %
11	<a href="http://elperiodicodelaenergia.com">elperiodicodelaenergia.com</a> Fuente de Internet	1 %
12	<a href="http://cedaeonline.com.ar">cedaeonline.com.ar</a> Fuente de Internet	1 %
13	<a href="http://www.sct.gob.mx">www.sct.gob.mx</a> Fuente de Internet	1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado

## DEDICATORIA

A mi madre por estar en mi vida con su amor y apoyo incondicional a lo largo de todo este tiempo enseñándome a ser una mejor persona cada día, gracias a ella soy la persona que soy hoy en día y sin ella nada de esto hubiera sido posible.

A mi hermana Rosa por su apoyo en mi etapa estudiantil, sin ella no hubiera sido fácil.

A mis amigos por todos los buenos momentos.

A los profesores de mi carrera, pues me brindaron las herramientas necesarias para desenvolverme fuera de la universidad.

Anco Quispe, Vidal Alex

A mis padres, por su apoyo incondicional, por su ejemplo de tenacidad y perseverancia que han plasmado en mí, valores y virtudes; actitudes que han forjado mi carácter. Por su amor y por depositar su entera confianza a cada reto presente, en esta etapa de mi vida. Por su motivación, por creer en mí y mi capacidad.

A mis hijos Thiago y Luka, son el motivo por el cual me levanto todas las mañanas para seguir mejorando y superar todos los retos que se presenten en mi vida.

A mi amada esposa, por su apoyo constante y por todo el tiempo a mi lado

León Acosta, Steve Milwar

**AGRADECIMIENTO:**

A Dios, por su infinito amor; por caminar junto a nosotros, cuidándonos y levantándonos en los instantes de declive y cansancio, dándonos la oportunidad de demostrar nuestras fortalezas y perseverancia.



## RESUMEN

Tomando en consideración que la pista de aterrizaje del **GRUPO AÉREO N°2 CORONEL FAP MARCO SCHENONE OLIVA** carece de una correcta distribución de luces de pista, nivel de intensidad de iluminación no adecuada y falta de un suministro de respaldo energético. Se quiere proponer una mejora en el sistema de iluminación para la pista de aterrizaje del **GRUPO AÉREO N°2 CORONEL FAP MARCO SCHENONE OLIVA** y diseñar un sistema fotovoltaico autónomo para obtener un suministro energético constante y confiable.

Se realizará de forma aplicativa las diferentes comparaciones de las mejores tecnologías e interfaces, de esta forma seleccionar los equipos más idóneos para garantizar un óptimo funcionamiento del sistema fotovoltaico autónomo para el suministro eléctrico así mismo con el sistema de iluminación, en el cual se realiza dentro del área disponible para diseñar.

Se hace uso de software de diseño para el sistema de iluminación de la pista de aterrizaje, también se aplicará las recomendaciones de la normativa de la OACI (2016), que aporta los detalles a seguir para un diseño viable de categoría I. Para el Sistema fotovoltaico autónomo se empleó el uso de software de base de datos climatológicos de la NASA, además se realizó el análisis económico del sistema fotovoltaico autónomo tendría un retorno de inversión de 14 años.

Palabras claves:

Sistema PAPI, Altura de decisión, Umbral de pista, Aeródromo, Sistema Autónomo, Banco de baterías, String.

## ABSTRACT

In reference to the landing strip of **GRUPO AÉREO N°2 CORONEL FAP MARCO SCHENONE OLIVA**, it lacks a correct distribution of runway lights, inadequate level of lighting intensity and lack of a backup energy supply. We want to propose an improvement in the lighting system for the runway of **GRUPO AÉREO N°2 CORONEL FAP MARCO SCHENONE OLIVA** and design an autonomous photovoltaic system to obtain a constant and reliable energy supply.

The different comparisons of the best technologies and interfaces will be carried out in an applicative way, in this way selecting the most suitable equipment to guarantee optimal operation of the autonomous photovoltaic system for the electrical supply as well as with the lighting system, in which it is carried out within of the area available to design.

Design software is used for the runway lighting system, the recommendations of ICAO regulations (2016) will also be applied, which provides the details to follow for a viable Category I design. For the autonomous photovoltaic system, the use of NASA weather database software was used, in addition, the economic analysis of the autonomous photovoltaic system was carried out, it would have a return on investment of 14 years.

Keywords:

PAPI System, Decision Height, Runway Threshold, Aerodrome, Autonomous System, Battery Bank, String.

## INTRODUCCION

El aeródromo del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva se encuentra ubicado en el distrito de la Joya- Vitor – Arequipa, cuenta en la actualidad con una pista de asfalto de tres mil diez (3010) metros de largo por Cuarenta y cinco (45) metros de ancho medidas que permiten el aterrizaje de aviones del tipo militar.

El sistema de iluminación de la pista de aterrizaje del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva, de acuerdo con las normas de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) para una correcta distribución de las luces de iluminación, carece de una correcta distribución e instalación de luces exigidos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) los cuales son: Sistema de luces de aproximación, luces de borde pista, luces de umbral de pista, luces de extremo de pista, luces de eje de pista, luces de ejes y borde de calles de rodaje.

Además, la pista de aterrizaje no cuenta con un nivel de iluminación, ni de uniformidad que esté acorde con las normas actuales establecidas en el ANEXO 14 VOLUMEN I de aeródromos.

Se realizará un estudio para **MEJORAR EL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA PISTA DE ATERRIZAJE DEL GRUPO AÉREO N°2 CORONEL FAP MARCO SCHENONE OLIVA EMPLEANDO ENERGÍA SOLAR**

Se pretende también emplear paneles solares para alimentar el sistema de iluminación de la pista de aterrizaje como fuente de energía autónoma adicional a la red de suministro eléctrico.

Al implementar el sistema de luces para la pista de aterrizaje se está brindando una nueva pista de aterrizaje adicional para casos de emergencia por condiciones climáticas que se presentan en la ciudad de Arequipa, aprovechando que el clima de la base es ideal durante todo el año.

## INDICE

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO:.....	4
RESUMEN .....	5
ABSTRACT .....	6
INTRODUCCION .....	7
INDICE .....	8
ACRÓNIMOS .....	18
CAPITULO I .....	20
1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.1. Planteamiento del problema .....	21
1.2. Objetivos .....	21
1.3. Variables .....	22
1.4. Alcance.....	23
CAPITULO II .....	25
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	26
2.1. Antecedentes.....	26
2.2. Antecedentes Internacionales.....	26
2.3. Marco teórico.....	27
2.4. Normativa legal del Estado Peruano.....	29
2.5. Generalidades Técnicas Básicas.....	29
2.6. Generalidades del Sistema de navegación aérea con Ayudas Luminosas.....	34
2.7. Generalidades del Sistema de navegación aérea – Categorización de Pista de aterrizaje.....	38
2.8. Generalidades Técnicas de sistema de iluminación de aproximación de precisión.....	50
2.9. Generalidades Técnicas del Sistema Eléctrico .....	63
2.10. Energía Solar Fotovoltaica .....	71
2.11. Radiación Solar.....	74
2.12. Módulos fotovoltaicos.....	80
2.13. Componentes de un sistema fotovoltaico autónomo .....	82
CAPITULO III .....	90
3. MARCO METODOLOGICO .....	91

3.1. Tipo de Investigación.....	91
3.2. Nivel de Investigación.....	91
3.3. Diseño de Investigación.....	91
3.4. Técnicas e Instrumentos de Levantamiento de Datos.....	91
3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	91
CAPITULO IV.....	93
4. ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL DE LA PISTA .....	94
4.1. Luces.....	94
4.2. Cableado.....	94
4.3. Ducteria.....	95
4.4. Tablero de alimentación.....	95
4.5. Panel de control.....	96
4.6. Energía de respaldo .....	96
CAPITULO V.....	97
5. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORA.....	98
5.1. Datos Informativos.....	98
5.2. Análisis de Factibilidad .....	101
5.3. Características técnicas de la pista del aeródromo del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva .....	102
5.4. Ayudas visuales iluminadas para la navegación aérea .....	102
5.5. Sistema de iluminación de aproximación de precisión .....	102
5.6. Sistema de aproximación de pendiente PAPI .....	105
5.7. Sistema de iluminación de umbral de pista .....	108
5.8. Sistema de iluminación de barra de ala de umbral de pista .....	111
5.9. Sistema de iluminación de borde de pista.....	113
5.10. Sistema de iluminación de extremo de pista .....	115
5.11. Sistema de iluminación de calle de rodaje.....	118
5.12. Sistema de iluminación de plataforma de atraque.....	121
5.13. Sistema eléctrico de las luces de pista.....	123
5.14. Distribución del espacio .....	134
5.15. Radiación solar .....	134
5.16. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.....	135
5.17. Determinación del campo fotovoltaico.....	136
5.18. Determinación del número de módulos .....	138
5.19. Determinación de banco de baterías.....	142

5.20.	Determinación de cálculo de string y controladores MPPT.....	146
5.21.	Determinación de la etapa de potencia .....	148
CAPITULO VI.....		160
6.	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	161
6.1.	Análisis económico del sistema de iluminación.....	161
6.2.	Análisis económico del sistema fotovoltaico .....	162
6.3.	Comparación de alternativas del sistema solar .....	163
6.4.	Costo total .....	164
6.5.	Retorno de inversión del sistema solar .....	164
CONCLUSIONES.....		166
RECOMENDACIONES .....		168
BIBLIOGRAFIA .....		169
ANEXOS .....		174



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Curvas de transmisibilidad</i> .....	33
Figura 2: <i>Sistema de iluminación de aproximación</i> .....	35
Figura 3: <i>Sistemas visuales indicadores de pendientes de aproximación</i> .....	36
Figura 4: <i>Clasificación de la pista de aterrizaje por visibilidad</i> .....	42
Figura 5: <i>Señales de designación de pista, de eje y de umbral</i> .....	47
Figura 6: <i>Señales de punto de visada y de zona de toma de contacto</i> .....	49
Figura 7: <i>Señal mejorada de eje de calle de rodaje</i> .....	50
Figura 8: <i>Sistemas sencillos de iluminación de aproximación</i> .....	52
Figura 9: <i>Sistema de iluminación de aproximación de precisión de Categoría I</i> .....	53
Figura 10: <i>Iluminación de pista de la aproximación de precisión de Categoría II y III</i> .....	55
Figura 11: <i>Emplazamiento de los elementos luminosos del T-VASIS</i> .....	57
Figura 12: <i>Configuración de luces para sistema AT-VASIS</i> .....	58
Figura 13: <i>Haces luminosos y reglaje del ángulo de elevación del T-VASIS y del AT-VASIS</i> .....	59
Figura 14: <i>Configuración de las luces del sistema PAPI</i> .....	60
Figura 15: <i>Emplazamiento del sistema PAPI y APAPI</i> .....	60
Figura 16: <i>Haces luminosos y reglaje del ángulo de elevación del sistema PAPI</i> .....	61
Figura 17: <i>Disposición de los elementos del APAPI y visualización correspondiente</i> .....	62
Figura 18: <i>Haces luminosos y reglaje del ángulo de elevación del APAPI</i> .....	62
Figura 19: <i>Esquema de circuito en serie con regulador de corriente</i> .....	69
Figura 20: <i>Escenarios de mercado fotovoltaico solar total mundial 2021-2025</i> .....	73
Figura 21: <i>Comparación entre la energía solar y otras formas de energía</i> .....	74
Figura 22: <i>Espectro de la radiación electromagnética del sol</i> .....	75

Figura 23: <i>Sistema Autónomo</i> .....	76
Figura 24: <i>Ejemplo de Sistema Híbrido</i> .....	77
Figura 25: <i>Grafico de horas de sol pico</i> .....	78
Figura 26: <i>Celda fotovoltaica</i> .....	79
Figura 27: <i>Comparación entre silicio policristalino y silicio monocristalino</i> .....	80
Figura 28: <i>Conexión de células fotovoltaicas en serie</i> .....	81
Figura 29: <i>Componentes de un sistema fotovoltaico autónomo</i> .....	82
Figura 30: <i>Ejemplo de arreglo de paneles</i> .....	83
Figura 31: <i>Banco de baterías</i> .....	85
Figura 32: <i>Esquema de MPPT</i> .....	86
Figura 33: <i>Controlador de carga MPPT</i> .....	86
Figura 34: <i>Inversor autónomo</i> .....	88
Figura 35: <i>Equipo de luz de calle de rodaje</i> .....	94
Figura 36: <i>Equipo de luz de extremo de pista</i> .....	95
Figura 37: <i>Tablero eléctrico del sistema de iluminación de la pista</i> .....	96
Figura 38: <i>Imagen del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva tomada desde Google Earth</i> .....	98
Figura 39: <i>Perímetro del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva</i> .....	101
Figura 40: <i>Distribución de las luces del sistema de aproximación</i> .....	103
Figura 41: <i>Instalación del sistema de iluminación para aproximación de CAT-I</i> .....	103
Figura 42: <i>Equipo de luz de aproximación</i> .....	104
Figura 43: <i>Diagrama fotométrico de equipo de luz de aproximación</i> .....	105
Figura 44: <i>Distribución de las luces de aproximación de pendiente PAPI</i> .....	106
Figura 45: <i>Instalación de las luces de aproximación de pendiente PAPI</i> .....	106

Figura 46: <i>Indicador de precisión unidad PAPI 400</i> .....	107
Figura 47: <i>Prestaciones fotométricas</i> .....	108
Figura 48: <i>Distribución de las luces de identificación de umbral de pista</i> .....	109
Figura 49: <i>Instalación del sistema de iluminación de umbral de pista</i> .....	109
Figura 50: <i>Equipo de luz de umbral de pista</i> .....	110
Figura 51: <i>Características fotométricas del equipo de luz de umbral</i> .....	111
Figura 52: <i>Distribución de las luces de barra de ala de umbral de pista</i> .....	112
Figura 53: <i>Instalación de luces de barra de ala de umbral</i> .....	112
Figura 54: <i>Distribución de las luces de borde pista</i> .....	113
Figura 55: <i>Instalación de las luces de borde de pista</i> .....	113
Figura 56: <i>Equipo de luz de borde de pista</i> .....	114
Figura 57: <i>Características fotométricas del equipo de luz de borde de pista</i> .....	115
Figura 58: <i>Luces de extremo de pista</i> .....	116
Figura 59: <i>Instalación de las luces de extremo de pista</i> .....	116
Figura 60: <i>Equipo de luz de extremo de pista</i> .....	117
Figura 61 <i>Características fotométricas de luz de extremo de pista</i> .....	118
Figura 62: <i>Distribución de luces de borde de calle de rodaje</i> .....	119
Figura 63: <i>Instalación de luces de borde de calle de rodaje</i> .....	119
Figura 64: <i>Equipo de luz de calle de rodaje</i> .....	120
Figura 65: <i>Características fotométricas del equipo de luz de calle de rodaje</i> .....	120
Figura 66: <i>Distribución de las luces para la plataforma</i> .....	121
Figura 67: <i>Instalación de las luces para la plataforma</i> .....	121
Figura 68: <i>Equipo para iluminación de plataforma</i> .....	122
Figura 69: <i>Regulador de intensidad constante CCR2</i> .....	126

Figura 70: <i>Diagrama de información del CCR2</i> .....	127
Figura 71: <i>Transformador de aislamiento</i> .....	128
Figura 72: <i>Conector primario para cable apantallado y no apantallado CK1</i> .....	129
Figura 73: <i>Conector secundario para cable unipolar y bipolar CK2</i> .....	130
Figura 74: <i>Estructura del cable de balizamiento RHZ1</i> .....	131
Figura 75: <i>Centro de control y seguimiento</i> .....	133
Figura 76: <i>Vista del aeródromo del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva.</i> ..	134
Figura 77: <i>Mapa de irradiación solar en Arequipa.</i> .....	135
Figura 78: <i>Página de la NASA</i> .....	137
Figura 79: <i>Especificaciones de los paneles Jinko Solar de 565W</i> .....	139
Figura 80: <i>Separación de paneles</i> .....	141
Figura 81: <i>Hoja de datos de baterías solares OPzS</i> .....	144
Figura 82: <i>Configuración de dos grupos de baterías en paralelo</i> .....	144
Figura 83: <i>Dos grupos de baterías en paralelo</i> .....	146
Figura 84: <i>Excel de Victron Energy para el cálculo de MPPT</i> .....	147
Figura 85: <i>Gráfico de voltaje</i> .....	147
Figura 86: <i>Gráfico de corriente</i> .....	148
Figura 87: <i>Hoja de datos del Inversor/cargador Quattro</i> .....	149
Figura 88: <i>Especificaciones de los paneles INTIPOWER de 665W</i> .....	150
Figura 89: <i>Separación de paneles</i> .....	152
Figura 90: <i>Hoja de datos de baterías de Litio</i> .....	154
Figura 91 <i>Excel de Victron Energy para el cálculo de MPPT</i> .....	156
Figura 92: <i>Gráficos de voltaje</i> .....	157
Figura 93: <i>Gráfico de corriente</i> .....	158

Figura 94: *Hoja de datos del Inversor/cargador Quattro*..... 159

Figura 95: *Grafica de retorno de inversión* ..... 165



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Anexos al Convenio de Chicago .....	28
Tabla 2 Valores de iluminancias mínimas .....	31
Tabla 3 Nivel de brillo para cada sistema de iluminación .....	32
Tabla 4 Clave de referencia de aeródromo.....	40
Tabla 5 Categorización de pista de vuelo por instrumentos.....	41
Tabla 6 Anchura de pista en función a la letra de clave de referencia del aeródromo.....	44
Tabla 7 Anchura del pavimento de la calle de rodaje .....	45
Tabla 8 Requisitos de la fuente secundaria de energía eléctrica .....	64
Tabla 9 Intensidades nominales y tolerancias en función del escalón de corriente .....	69
Tabla 10 Top de los 10 parques fotovoltaicos del mundo.....	73
Tabla 11 Eficiencia de los diferentes tipos de celdas fotovoltaicas .....	80
Tabla 12 Valores de tensión en células fotovoltaicas .....	82
Tabla 13 Datos técnicos – Vértices de Coordenadas del perímetro del grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva.....	99
Tabla 14 Tabla de cargas de luces de aproximación lado A .....	103
Tabla 15 Características fotométricas de luz de aproximación.....	105
Tabla 16 Tabla de cargas de luces de aproximación de pendiente PAPI.....	106
Tabla 17 Características fotométricas de Unidad PAPI 400 .....	108
Tabla 18 Tabla de cargas de luces de umbral de pista .....	109
Tabla 19 Características fotométricas de luz de umbral de pista .....	111
Tabla 20 Tabla de cargas de luces de ala de umbral de pista.....	113
Tabla 21 Tabla de cargas de luces de borde de pista .....	114
Tabla 22 Características fotométricas del equipo de luz de borde de pista.....	115

Tabla 23 Tabla de cargas de luces de extremo de pista .....	116
Tabla 24 Características fotométricas de luz de extremo de pista .....	118
Tabla 25 Potencia del circuito de borde de calle de rodaje de pista.....	119
Tabla 26 Características fotométricas del equipo de luz de calle de rodaje.....	121
Tabla 27 Potencia del circuito de luces para plataforma.....	122
Tabla 28 Características fotométricas de equipo de iluminación para plataforma.....	122
Tabla 29 Rendimiento de transformadores de intensidad .....	123
Tabla 30 Potencia de los equipos de iluminación y transformadores .....	124
Tabla 31 Potencia de los reguladores .....	125
Tabla 32 Potencia de los reguladores según circuitos.....	125
Tabla 33 Salidas de corriente del CCR2 Youyang.....	127
Tabla 34 Características de los transformadores de aislamiento.....	129
Tabla 35 Características y dimensiones nominales del cable RHZ1 .....	132
Tabla 36 Cálculo del consumo total de luces .....	136
Tabla 37 Tabla de Irradiación diaria por mes .....	137
Tabla 38 Tabla de cantidad de ciclos por % de descarga.....	142
Tabla 39 Comparación de baterías según su % de descarga .....	143
Tabla 40 Equipos utilizados para el sistema de iluminación de pista .....	161
Tabla 41 Costos totales de los equipos para la iluminación de pista .....	161
Tabla 42 Presupuesto del sistema solar fotovoltaico aislado con paneles 565W.....	162
Tabla 43 Presupuesto de sistema solar fotovoltaico aislado con paneles de 665W .....	163
Tabla 44 Costo total de la propuesta de mejora .....	164
Tabla 45 Retorno de inversión .....	165

## ACRÓNIMOS

<b>FAP:</b>	Fuerza Aérea del Perú
<b>NASA:</b>	National Aeronautics and Space Administration
<b>OACI:</b>	Organización de Aviación Civil Internacional
<b>PAPI:</b>	Indicador de trayectoria de aproximación de precisión
<b>APAPI:</b>	Indicador simplificado de trayectoria de aproximación de precisión
<b>RVR:</b>	Alcance visual de la pista
<b>CAT1:</b>	Categoría 1
<b>FAA:</b>	Administración Fereral de Aviación
<b>AENA:</b>	Aeropuertos Españoles y Navegación
<b>RCC:</b>	Regulador de corrietne constante
<b>IEC:</b>	Comisión Electrotécnica Internacional
<b>XLPE:</b>	Polietileno reticulado
<b>VRM:</b>	Victron Remote Management
<b>OPzS:</b>	Bateria estacionaria de blindaje liquido
<b>PV:</b>	Panel fotovoltaico
<b>INV:</b>	Inversor
<b>BAT:</b>	Bateria
<b>STRING:</b>	Cadena en serie de paneles solares
<b>CK:</b>	Circuito
<b>MPPT:</b>	Seguidor de punto de maxima potencia
<b>Wh:</b>	Watts hora
<b>Ah:</b>	Ampere hora

- STC:** Condición de prueba estandar
- NOCT:** Temperatura nominal de funcionamiento de la celda
- HSP:** Horas de sol pico
- Wp:** Watt pico





## CAPITULO I

## 1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

#### 1.1.1. Problema General

La pista de aterrizaje del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva no permite aterrizajes en el horario nocturno debido a que carece de una correcta distribución de luces de pista, nivel de intensidad de iluminación no adecuada y falta de un grupo de respaldo energético.

#### 1.1.2. Problemas Específicos

- Las luces no cuentan con un adecuado nivel de iluminación para la pista de aterrizaje.
- La pista de aterrizaje carece de luces necesarias para un aterrizaje seguro.
- El cableado se encuentra en condiciones precarias.
- El sistema de iluminación no cuenta con un grupo de respaldo energético.

### 1.2. Objetivos

#### 1.2.1. Objetivo General

Proponer una mejora del sistema de iluminación para la pista de aterrizaje del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva empleando energía solar.

#### 1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar las tecnologías de visualización en aeródromos bajo estándares internacionales.
- Seleccionar los equipos que se implementarán en la pista de aterrizaje y en la torre de control, además la distribución de los tipos de luces en la pista de aterrizaje de acuerdo a la normativa.

- Determinar el cálculo de cargas del sistema de iluminación y de los equipos presentes en la torre de control para el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica.
- Selección de equipos que conforman el sistema de generación solar fotovoltaico a seis horas de autonomía al día.
- Realizar la viabilidad económica del diseño del sistema fotovoltaico

### 1.3. Variables

#### 1.3.1. Variable Independiente

- Energía Solar

#### 1.3.2. Variable dependiente

- Sistema de iluminación

#### 1.3.3. Justificación

La principal desventaja que actualmente presenta la pista de aterrizaje del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva, en lo que a la norma se refiere, es que su sistema de iluminación de la pista de aterrizaje no cumple con una correcta distribución e instalación de luces exigidos por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) impidiendo que esta pista de aterrizaje sea utilizada en horario nocturno o cuando el Aeropuerto Internacional Alfredo Rodríguez Ballón presente un clima adverso para el uso de su pista de aterrizaje.

Anotar que el Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva según las normas de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), no se encuentra actualmente en las tres categorías de clasificación para aeródromos.

El presente estudio cumplirá con todas las especificaciones y requerimientos exigidos por el Código Nacional de Electricidad (CNE), y por la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), principalmente, para esta categoría de aeródromos.

Con un buen sistema de iluminación en la pista de aterrizaje y parqueo del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva, se estará brindando la capacidad de realizar con mayor seguridad las operaciones nocturnas y con condiciones climáticas adversas

Las luces de iluminación de la pista de aterrizaje serán de tipo LED disminuyendo el consumo eléctrico considerablemente a comparación de las luces de tipo incandescente.

El suministro de energía se hará implementando un sistema de energía solar autónomo con un banco baterías respaldado por el sistema eléctrico de la concesionaria. Este sistema nos permite reducir los costos por consumo de energía eléctrica.

#### **1.3.4. Hipótesis**

Es probable que, mediante la aplicación del ANEXO 14 de la OACI para la correcta implementación de un sistema de iluminación de la pista de aterrizaje, podamos asegurar una distribución de los tipos de luces de iluminación para brindar nivel de iluminación para un aterrizaje seguro en horario nocturno o en climas adversos, empleando tecnología sostenible como: luces con alimentación de voltaje a través de paneles solares; evitando así gastos excesivos en el consumo de energía eléctrica y una autonomía permanente para la operación de la luces de iluminación de la pista de aterrizaje el Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva.

#### **1.4. Alcance**

- Horas de autonomía del sistema fotovoltaico.

- El alcance del estudio comprende el sistema de iluminación de la pista de aterrizaje y de la torre de control del grupo aéreo. También el abastecimiento del fluido eléctrico a los equipos de la torre de control.





## CAPITULO II

## 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Antecedentes Nacionales

Habiendo consultado la siguiente tesis: Estrada, C. T. B. (2021, 13 agosto). Ayudas luminosas para la pista de aterrizaje del nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero- Cusco. Universidad Nacional del Callao.

En la investigación el objetivo principal fue demostrar que la implementación de los nuevos sistemas de apoyo de balizas de pista en el Aeropuerto Internacional de Chinchero asegura la operatividad de las operaciones de navegación aérea en cada una de sus operaciones en todo momento. Beneficiando a la población de Chincheros, al turismo nacional, y se llegó a la conclusión que existe una necesidad urgente de modernizar el sistema de luces de ayuda luminosa en varios aeropuertos peruanos, de modo que podamos monitorear la evolución del tráfico aéreo en los próximos 20 años. Esta investigación resulta ser importante porque menciona que al cumplir todas las normativas de la Organización Internacional de Aviación Civil (OACI) se podrá desarrollar una propuesta de mejora.

#### 2.2. Antecedentes Internacionales

Habiendo consultado las fuentes bibliográficas internacionales encontramos la tesis: Noroña, P. J. P. (2015, 3 febrero). Repositorio Universidad Técnica de Ambato: Sistema electrónico de luces indicadoras de precisión de pendiente de aproximación (P.A.P.I - PRECISIÓN APPROACH PATH INDICATOR) para la operatividad del Aeropuerto Jumandy de la Ciudad del Tena. Repositorio UTA.

En la tesis el objetivo principal fue implementar un sistema de iluminación electrónica PAPI (Precision Approach Path Indicator) para la operación del Aeropuerto Jumandy de la ciudad del Tena, y analizar las tecnologías de visualización en el aeropuerto de acuerdo con los estándares internacionales. Este trabajo será importante para lograr identificar métodos de visualización.

Habiendo consultado la siguiente tesis: Vásquez, G. E. (2019, 18 octubre). Rediseño del sistema de iluminación de la pista y plataforma del Aeropuerto Internacional Rafael Núñez /. Repositorio UTB.

En la tesis el objetivo principal es dar una idea general de la misión del piloto en el uso de ayudas visuales y referencias y en qué medida se confía en ellas al realizar las maniobras de aproximaciones, aterrizajes que se realiza sobre la superficie del aeropuerto.

### **2.3. Marco teórico**

#### **2.3.1. Generalidades de Normativa Básica.**

##### **2.3.1.1. Organización de Aviación Civil Internacional.**

La Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), opera desde 1944 en el marco de las Naciones Unidas, es el organismo que establece normas y recomienda métodos para la protección y seguridad de la aviación civil, así como la protección y preservación de la aviación civil y el entorno circundante (OACI, 2022).

##### **2.3.1.2. Convenio de Chicago.**

Según dicta el Convenio de Chicago (2013) el tratado es consistente con sus 19 Anexos que regulan aspectos esenciales de la aviación incluyendo estándares, definiciones y prácticas recomendadas, que son revisadas periódicamente por la OACI. El Convenio de Chicago menciona que son los siguientes:

**Tabla 1**

Anexo 1	Licencias al personal
Anexo 2	Reglamento del aire
Anexo 3	Servicio meteorológico para la navegación aérea internacional
Anexo 4	Cartas aeronáuticas
Anexo 5	Unidades de medida que se emplearan en las operaciones aéreas y terrestres
Anexo 6	Operación de aeronaves - Parte I, II y III
Anexo 7	Marcas de Nacionalidad y de matrícula de las aeronaves
Anexo 8	Aeronavegabilidad
Anexo 9	Facilitación
Anexo 10	Telecomunicaciones aeronáuticas -Volumen I, II, III, IV y V
Anexo 11	Servicios de tránsito aéreo
Anexo 12	Búsqueda y salvamento
Anexo 13	Investigación de accidentes e incidentes de aviación
Anexo 14	Aeródromos - Volumen I y II
Anexo 15	Servicios de informática aeronáutica
Anexo 16	Protección del medio ambiente - Volumen I, II, III y IV
Anexo 17	Seguridad: Protección de la aviación civil internacional contra los actos de interferencia
Anexo 18	Transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea
Anexo 19	Gestión de la seguridad operacional

Anexos al Convenio de Chicago

Fuente: Administración Nacional de Aviación Civil ANAC, (1999).

El Anexo 14 – Aeródromos Volumen I Diseño y operaciones de Aeródromos, es uno de los documentos que se necesitara para desarrollar una propuesta de mejora, tal como indica la Organización de aviación Civil Internacional (OACI).

• **Documentos involucrados en el diseño:**

- Manual de Diseño de Aeródromos – Parte 4.

De acuerdo con la OACI (2004) este manual tiene como objetivo proporcionar una descripción general para el personal técnico de cómo el capitán usa y confía en las señales y ayudas visuales para realizar operaciones de aproximación, aterrizaje y vuelo.

- Manual de Diseño de Aeródromos – Parte 5.

De acuerdo con la OACI (1983), para garantizar la regularidad y seguridad del vuelo, es fundamental que la iluminación tenga un alto grado de integridad y fiabilidad, requiriendo así instalaciones de buena calidad.

#### **2.4. Normativa legal del Estado Peruano.**

De acuerdo con la *RAP 314* de la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) es la autoridad máxima de regulación y de control de la Aeronáutica Civil en el Perú. Todo esto se hace a través de la DGAC quien tiene por objetivo, planificar, normar, fiscalizar todas las operaciones aéreas en el territorio peruano. El MTC ha realizado la adaptación de los principios normativos (Anexos y Documentos) de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) conformándose así las normas regulatorias aeronáuticas peruanas (DGAC, 2021).

#### **2.5. Generalidades Técnicas Básicas.**

Existen cuatro sistemas principales que caracterizan todo el sistema de iluminación de un aeródromo, estos elementos se conocen como las “Cuatro C” que son: configuración, color, candelas y cobertura.

La configuración y color proporcionan la información necesaria para la orientación dinámica en tres dimensiones. La configuración proporciona información diurna y el color informa al piloto la ubicación de la aeronave en el sistema. Las candelas y la cobertura indican las características de iluminación necesarias para el rendimiento adecuado de la configuración y el color. Un piloto experto conocerá la composición y el color del sistema y también será consciente de los cambios de las candelas que acompañan a un aumento o disminución de la intensidad de las luces de pista de aterrizaje. Estos cuatro elementos se aplican con un alto grado de variación dependiendo de factores

tales como el uso del aeródromo y las condiciones de visibilidad bajo las cuales se espera que se lleven a cabo las operaciones (Organización de Aviación Civil Internacional OACI, 2004).

### **2.5.1. Configuración.**

Esta característica está relacionada con la ubicación de los diversos componentes y el espacio entre las luces y las señales dentro de la pista de aterrizaje. Las luces se distribuyen en filas y columnas, tanto horizontal como verticalmente con respecto al eje de la pista mientras que las señales de pista pintadas se alinean solo en verticalmente con el eje de la pista.

La separación de las luces depende principalmente de su disposición vertical u horizontal. Ciertamente la perspectiva de las ayudas visuales por parte del piloto, hace que las luces en disposición vertical estén muy espaciadas para producir un “efecto lineal” mientras que las luces en disposición horizontal deben estar muy juntas para producir un “efecto lineal”. Otro factor que afecta la separación de las luces son las condiciones de visibilidad en las que se ha de utilizar. Si las actividades u operaciones se desarrollan en condiciones de poca visibilidad se requiere menor separación de las luces, especialmente en sentido longitudinal para proporcionar adecuadas referencias visuales con un alcance visual limitado (Organización de Aviación Civil Internacional OACI, 2004).

### **2.5.2. Color.**

La función de las señales de iluminación de color es permitir la identificación de los diferentes sistemas de iluminación en un aeródromo, dar instrucciones o información y aumentar su visibilidad (Organización de Aviación Civil Internacional OACI, 2004).

En el manual indica que solo existen cuatro colores para reconocer que son el verde, azul, rojo y el claro o amarillo.

### 2.5.3. Candelas.

El Manual de diseño de aeródromos Parte 4 Ayudas visuales de la OACI (2004) menciona que lo que determina que la luz se pueda ver es la iluminación que produce dicha luz en el ojo del observador. La iluminación de una fuente de luz de intensidad I, medida en candelas, producida a una distancia D en una atmosfera de transmisibilidad (transmitancia por unidad de distancia) T viene dada por la Ley de Allard:

$$E = \frac{IT^D}{D^2}$$

Los valores de iluminación mínima perceptible que se han de utilizar para determinar el alcance visual son los siguientes.

**Tabla 2**

	Umbral de iluminación	
	Lux	Candelas/km
Noche	8.00E-07	0.8
Valor intermedio	8.00E-05	10
Día normal	8.00E-04	100
Día luminoso (niebla con sol)	8.00E-03	1000

Valores de iluminancias mínimas

Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional OACI, (2004)

A continuación, se muestra una tabla con el nivel de brillo para cada sistema de iluminación en condiciones determinadas, estos valores son regulados en el Manual de diseño de aeródromos – Parte 4 Ayudas visuales de la OACI.

**Tabla 3**

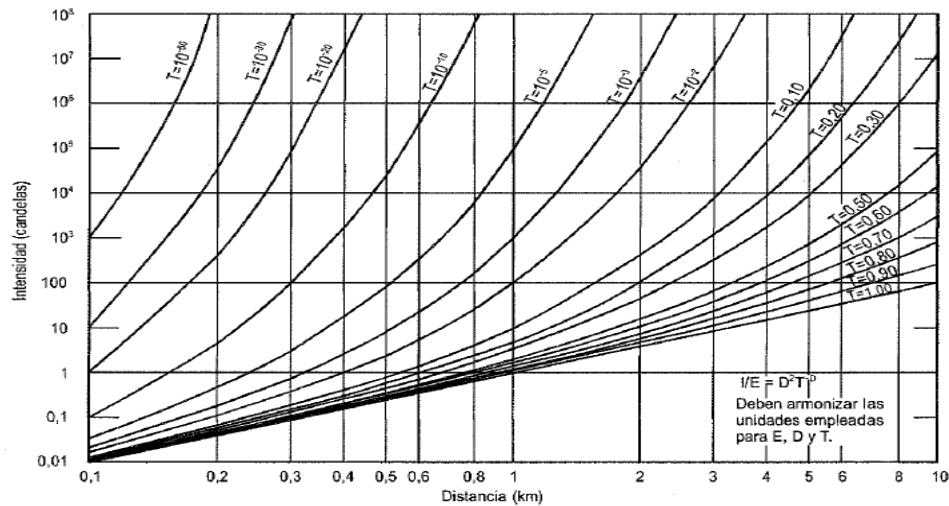
Luminancia	Alcance visual	Sistema de aproximación, zona de contacto, umbral, extremo, eje de pista, borde de pista	Sistema PAPI	Sistema borde de calle de rodaje	Sistema eje de calle de rodaje, barras de parada
Día	<800m	5	5	3	5
	800<RVR<1600m	5	5	3	5
	1600<RVR<4000m	5	5	OFF	5
	RVR>4000m	4	5	OFF	5
Crepúsculo	<800m	5	4	3	5
	800<RVR<1600m	5	4	2	5
	1600<RVR<4000m	4	4	2	4
	RVR>4000m	3	4	1	3
Noche	<800m	4	3	1	4
	800<RVR<1600m	3	3	1	3
	1600<RVR<4000m	3	3	1	3
	RVR>4000m	2	3	1	2

Nivel de brillo para cada sistema de iluminación

Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional OACI, (2004).

En la tabla se muestra los niveles de brillo para los sistemas de aproximación de acuerdo al nivel de alcance visual, adaptado del “Manual de diseño de aeródromos – Parte 4 Ayudas visuales” (OACI, 2004).

La intensidad de las luces utilizadas para la iluminación en un aeródromo oscila entre 10cd a 200000cd. La transmisibilidad de la atmosfera varía mucho, fluctuando entre más de 0,95 en condiciones meteorológicas de cielo muy despejado a menos de  $10^{-50}$  por km con niebla espesa (Organización de Aviación Civil Internacional OACI, 2004).



**Figura 1: Curvas de transmisibilidad**

En la figura se muestra la intensidad requerida para obtener una unidad de iluminación en función de la distancia, para diversos valores de transmisibilidad de la atmosfera. Adaptado del “Manual de diseño de aeródromos – Parte 4 Ayudas visuales” de la OACI, 2004.

#### 2.5.4. Cobertura.

Las primeras luces aeronáuticas de superficie eran luces simples o luces simples cubiertas de un vidrio transparente. La luz emitida tenía la misma intensidad en todas las direcciones. Cuando surgió la necesidad de aumentar la intensidad, se introdujeron luces con reflectores, lentes o prismas, dirigiendo la emisión de la luz solo en las direcciones necesarias para aumentar la intensidad en las direcciones deseadas sin aumentar el consumo de energía (OACI, 2004).

Estos principios se han tenido en cuenta al determinar los valores de divergencia del haz de las luces en el Anexo 14, Volumen 1, Apéndice 2. Estos valores se basan en consideraciones de geometría sencilla que utilizan una estructura de niebla homogénea.

## **2.6. Generalidades del Sistema de navegación aérea con Ayudas Luminosas.**

Con la finalidad de asegurar en cualquier instante la seguridad de las operaciones de aeronavegación, se requiere el uso de los sistemas de Ayudas luminosas y referencias visuales mientras se realiza la aproximación, el aterrizaje, el parqueo y el despegue en las instalaciones de un aeródromo (Celis, 2018).

En el Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016) respecto a todos los dispositivos de iluminación que se describen a continuación, se debe tener en cuenta que todos los dispositivos que se encuentren sobre una estructura de soporte ya sean luces de pista además de calle de rodaje, serán frangibles y su altura lo suficientemente baja para respetar la distancia de guarda de las hélices y barquillas de los motores de las aeronaves de reacción. El documento menciona también que los dispositivos de las luces empotradas en la superficie de la pista y calles de rodaje estarán diseñados y dispuestos de manera que soporten el paso de las ruedas de una aeronave, sin que se produzcan daños a la aeronave ni a las luces.

### **2.6.1. Sistemas de iluminación de aproximación.**

El Anexo 14 Volumen I, Diseño y operaciones de aeródromos de la OACI (2016) menciona que este sistema de iluminación se instala en la aproximación inicial de la pista de aterrizaje, antes de tener contacto con la pista, este sistema de iluminación tiene como objetivo principal proporcionar al piloto de la aeronave unas señales luminosas de suficiente precisión e intensidad durante la noche para que le permita reconocer la dirección de la pista de aterrizaje.



**Figura 2:** Sistema de iluminación de aproximación

*Nota.* En la figura se puede observar el sistema de iluminación de aproximación de una pista de aterrizaje de un aeropuerto. Adaptado de “Sistema de Iluminación en Aeronáutica” por Calderón, 2014.

Según el Manual de diseño de Aeródromos – Parte 4 Ayudas Visuales de la OACI (2004) para que una aeronave se aproxime a la pista de aterrizaje debe proporcionarse la siguiente orientación:

- Una indicación clara del umbral de pista para que los pilotos puedan distinguirlo cuando sobrevuelan el aeródromo.
- Una indicación suficiente para extender el eje de pista, en dirección de la aproximación, de acuerdo con la indicación de umbral para que el piloto pueda evaluar el viraje.

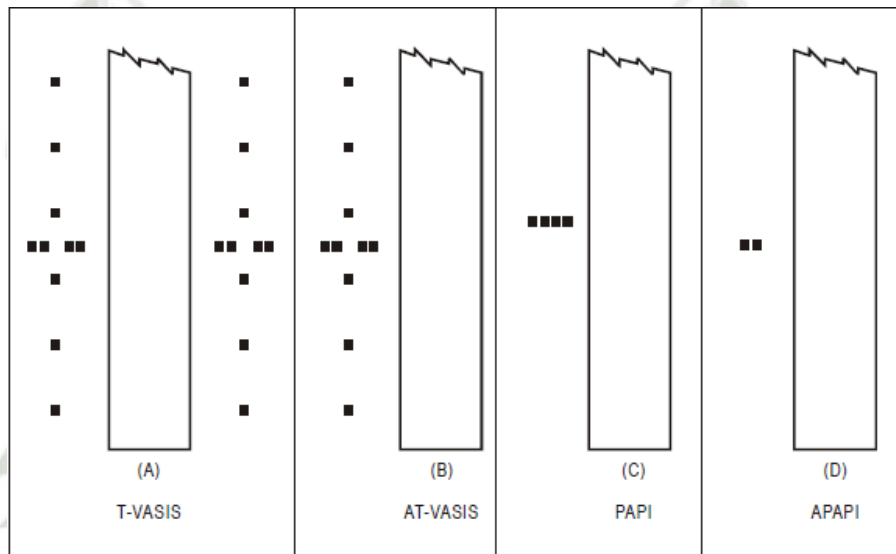
El Manual de diseño de Aeródromos- Parte 4 Ayudas Visuales de la OACI (2004) menciona también que en la mayoría de los aeródromos las luces de borde de pista y las luces de umbral brindan toda la información necesaria. El manual también indica que toda pista dotada de luces de borde debe incluir un sistema de luces de extremo de pista, luces de borde de rodaje.

### **2.6.2. Sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación.**

De acuerdo con el Anexo 14, Volumen I, Diseño y operaciones de aeródromos de la OACI (2016) se instala este sistema visual para facilitar la aproximación a una pista que cuente o no con

otras ayudas visuales para la aproximación a una pista. El Anexo 14 clasifica a los sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación en:

- T-VASIS
- AT-VASIS
- PAPI
- APAPI



**Figura 3:** *Sistemas visuales indicadores de pendientes de aproximación*

*Nota.* En la figura nos muestra los cuatro sistemas visuales de indicadores de pendientes de aproximación. Adaptado del “Anexo 14, Volumen I, Diseño y operaciones de aeródromos” de la OACI, 2016.

### 2.6.3. Umbral de pista.

De acuerdo con el *Anexo 14, Volumen I, Diseño y operación de aeródromos* de la OACI (2016) menciona que las luces de umbral de pista se instalarán en pistas que se utilizarán en horario nocturno o cuando sea necesario, este documento indica que el umbral de pista es el inicio de la

pista de aterrizaje. El Anexo 14 indica que estas luces son de color verde e intensidad variable, estas luces serán unidireccionales

#### **2.6.4. Luces de borde de pista.**

De acuerdo con el *Anexo 14, Volumen I, Diseño y operación de aeródromos* de la OACI (2016) menciona que las luces de borde pista se instalarán en pistas que sean de uso nocturno y pistas para aproximaciones de precisión, estas luces deben ser color blanco e intensidad variable, estas luces serán visibles en todos los ángulos del azimut.

#### **2.6.5. Luces de extremo de pista.**

De acuerdo con el *Anexo 14, Volumen I, Diseño y operación de aeródromos* de la OACI (2016) menciona que las luces de extremo de pista se instalarán en pistas equipadas de luces de borde o cuando operen en horario nocturno, las luces están instaladas en forma perpendicular al eje de pista, estas luces brindan información sobre el final de la pista, estas luces son de color rojo e intensidad variable, estas luces serán unidireccionales.

#### **2.6.6. Luces de eje de pista.**

De acuerdo con el *Anexo 14, Volumen I, Diseño y operación de aeródromos* de la OACI (2016) menciona que las luces de eje de pista se instalarán en pistas de categoría II y III. En anexo 14 indica que estas luces son de color blanco e intensidad variable hasta 900m antes del extremo de pista, luces alternadas de color rojo y blanco desde los 900m hasta los 300m y de color rojo hasta el extremo de pista.

#### **2.6.7. Luces de borde de calle de rodaje.**

De acuerdo con el *Anexo 14, Volumen I, Diseño y operación de aeródromos* de la OACI (2016) menciona que las luces de borde de rodaje se instalarán en pistas que se utilizarán en horario nocturno, las luces de borde de calle de rodaje son de color azul y serán visibles en todos los ángulos azimut necesarios para que el piloto pueda observarlas.

## 2.7. Generalidades del Sistema de navegación aérea – Categorización de Pista de aterrizaje.

Se detallará información en el contexto de la implementación del sistema de iluminación del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva.

- Sistemas de referencia comunes.

Dentro de los principales sistemas de referencia utilizados en el área aeroportuaria se encuentran los sistemas de referencia horizontal, sistema de referencia vertical y sistemas de referencia temporal, utilizados para ilustrar las características de vuelo diferentes.

- Sistema de referencia horizontal.

De acuerdo con el Anexo 14, Volumen 1, Diseño y operación de aeródromos de la OACI (2016), “el sistema Geodésico Mundial-1984 (WGS-84) se utilizará como sistema de referencia (geodésica) horizontal. Las coordenadas geográficas aeronáuticas (que indiquen la latitud y la longitud) se expresaran en función de la referencia geodésica del WGS-84” (p. 1-10).

- Sistema de referencia vertical.

De acuerdo con el Anexo 14, Volumen 1, Diseño y operación de aeródromos de la OACI (2016), “la referencia al nivel medio del mar (MSL) que proporciona la relación de las alturas (elevaciones) relacionadas con la gravedad respecto de una superficie conocida como geoide, se utilizará como sistema de referencia vertical” (p. 1-10).

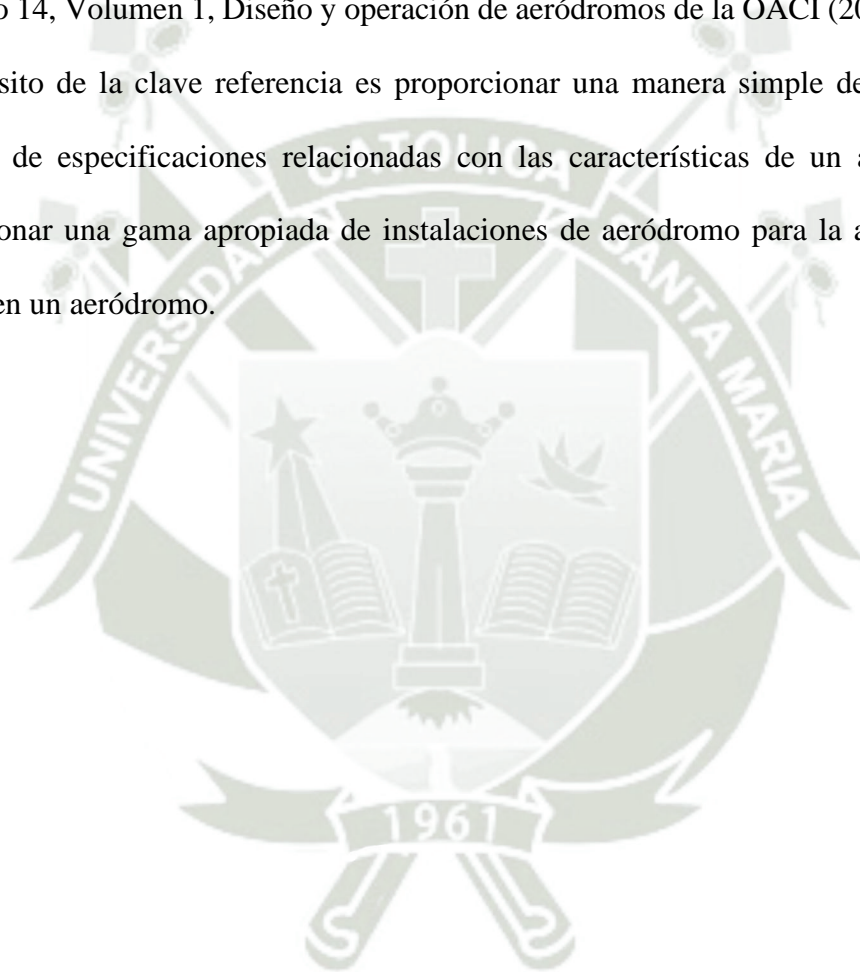
El geoide a nivel mundial está cerca del nivel del mar. Las alturas (elevaciones) relacionadas con la gravedad también se denominan alturas optométricas y la distancia de un punto por encima del elipsoide se denominan alturas elipsoidales (Organización de Aviación Civil Internacional OACI, 2016).

- Sistema de referencia temporal.

De acuerdo con el Anexo 14, Volumen 1, Diseño y operación de aeródromos de la OACI (2016), “el calendario gregoriano y el tiempo universal coordinado (UTC) se utilizarán como sistema de referencia temporal” (p. 1-11).

- Clave de Referencia.

El Anexo 14, Volumen 1, Diseño y operación de aeródromos de la OACI (2016), refiere que el propósito de la clave referencia es proporcionar una manera simple de relacionar una variedad de especificaciones relacionadas con las características de un aeródromo para proporcionar una gama apropiada de instalaciones de aeródromo para la aeronave que se operara en un aeródromo.



**Tabla 4**

Elementos 1 de la clave			Elementos 2 de la clave	
Número de clave	Longitud de campo de referencia del avión	Letra de clave	Envergadura	Anchura exterior entre ruedas del tren de aterrizaje principal <sup>a</sup>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Menos de 800m	A	Hasta 15m (exclusive)	Hasta 4,5m (exclusive)
2	Desde 800m hasta 1200m (exclusive)	B	Desde 15m hasta 24m (exclusive)	Desde 4,5m hasta 6m (exclusive)
3	Desde 1200m hasta 1800m (exclusive)	C	Desde 24m hasta 36m (exclusive)	Desde 6m hasta 9m (exclusive)
4	Desde 1800m en adelante	D	Desde 36m hasta 52m (exclusive)	Desde 9m hasta 14m (exclusive)
		E	Desde 52m hasta 65m (exclusive)	Desde 9m hasta 14m (exclusive)
		F	Desde 65m hasta 80m (exclusive)	Desde 14m hasta 16m (exclusive)

a. Distancia entre los bordes exteriores de las ruedas del tren de aterrizaje

Clave de referencia de aeródromo

Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional OACI, (2016).

La tabla muestra claves de referencia que está compuesta por dos elementos que se relacionan con las características y dimensiones de la aeronave crítica, adaptado del “Anexo 14, Volumen I, Diseño y operaciones de aeródromos” (OACI, 2016).

El elemento 1 se determina seleccionando el número de clave que corresponda al valor más elevado de la longitud de campo de referencia para el que este destinada la pista y la letra clave que corresponda a la anchura más grande entre ruedas del tren de aterrizaje principal.

- NOTA: La pista de aterrizaje del aeródromo del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva tiene una clave de referencia “4D”

- Clasificación de los aeródromos.

Los aeródromos se clasifican en categorías según su alcance visual de la pista (RVR) y su altura de decisión (DH).

- Alcance visual de la pista (RVR).

El Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016) indica que es la “distancia a la cual el piloto de una aeronave que se encuentra sobre el eje de una pista puede ver las señales de superficie de la pista o luces que delimitan o señalan su eje” (p. 1-2).

- Altura de Decisión (DH).

El Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016) indica que es la altura a la cual el piloto debe tomar la decisión para aterrizar. A esta altura recurre al uso exclusivo de ayuda visuales, así como ayudas radioeléctricas.

Cada zona tiene características diferentes dependiendo del diseño y categorización de la pista principal del aeródromo. Esto se hace de acuerdo con el grado de visibilidad y la altura de decisión del piloto.

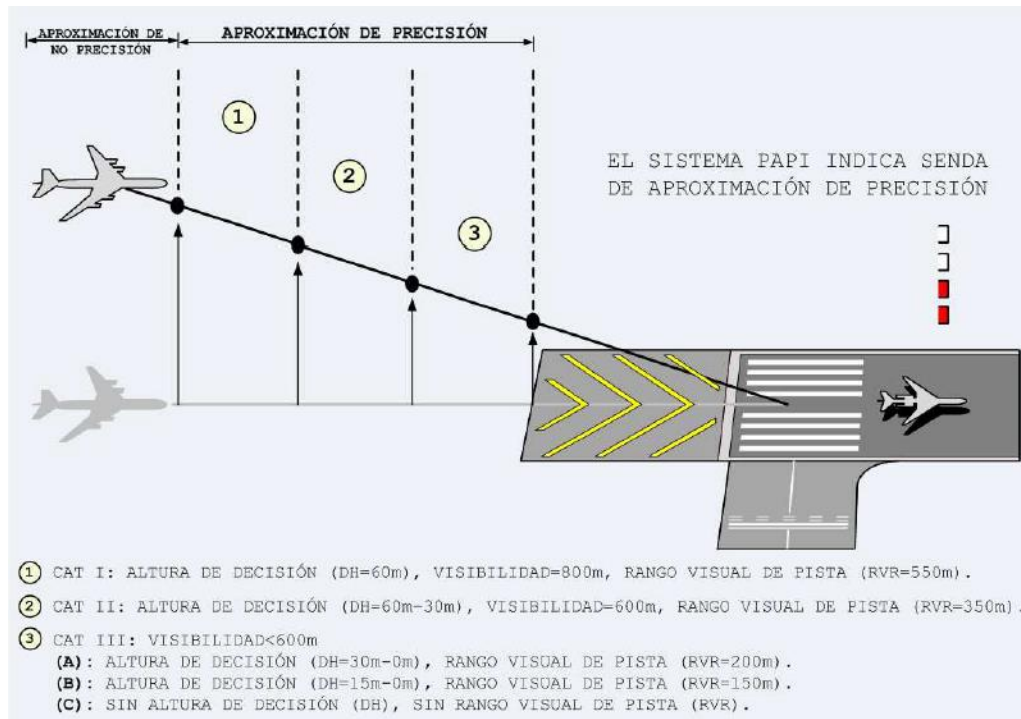
**Tabla 5**

Categoría	Altura de decisión	RVR	Visibilidad
CAT I	>60m	>550m	>800
CAT II	60-30m	>350m	
CAT IIIA	30-15m	>175m	
CAT IIIB	15-0m	175-50m	
CAT IIIC	0m	Sin restricción	

Categorización de pista de vuelo por instrumentos

Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional (OACI, 2016).

En el cuadro se observa las distintas categorías de pistas de aterrizaje en la cual se observa la altura de decisión y el alcance visual en la pista, adaptado del “Anexo 14, Volumen I, Diseño y operación de aeródromos” (OACI, 2016).



**Figura 4:** Clasificación de la pista de aterrizaje por visibilidad

*Nota.* La figura detalla las Categorías de un aeródromo (I, II y III) y subcategorías (A, B y C), siendo la CAT I la mejor de las categorías y CAT III-C la peor de todas. La propuesta de mejora contempla darle una CAT I, pista de vuelo por instrumentos (IFR) con una Aproximación de precisión no menor de 550m y una altura de decisión (DH) de 60m. Adaptado de “Sistema electrónico de Luces indicadoras de Precisión de pendiente de Aproximación” por Falconi, 2014.

### 2.7.1. Características técnicas de la pista del aeródromo.

- Número y orientación de la pista.

Las pistas de los aeródromos están etiquetadas con dos números, uno para cada dirección y opcionalmente una letra. Esto permite a los pilotos identificar fácilmente la pista y el lado de esta para realizar sus aproximaciones o despegues. El número indica la dirección en grados (redondeando a la decena más cercana y recortando en el último dígito) con respecto al norte magnético donde se encuentra la pista (en una cabecera) y respectivamente a la cabecera opuesta, estará denominada con el ángulo suplementario (Organización de Aviación Civil Internacional OACI, 2016).

NOTA: La pista de aterrizaje del aeródromo del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva tiene la denominación 03-21 sin necesidad de recurrir a ninguna letra al ser una única pista.

- Distancias declaradas.
  - Recorrido de despegue disponible (TORA). De acuerdo con el Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016), es “la longitud de la pista que se ha declarado como disponible y adecuado para el despegue de aeronaves” (p. 1-4).
  - Distancia de despegue disponible (TODA). De acuerdo con el Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016), es “la longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de la pista despejada libre de obstáculos, si corresponde” (p. 1-4).
  - Distancia de aceleración-parada disponible (ASDA). De acuerdo con el Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016), es “la longitud del recorrido de despegue disponible más la longitud de la pista de parada, si corresponde” (p. 1-4).

- Distancia de aterrizaje disponible (LDA). De acuerdo con el Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016), es la longitud de la pista que se ha declarado disponible y adecuada para el aterrizaje de aviones”.
- Anchura de la pista

Por recomendación del Anexo 14, Volumen I, Diseño y operaciones de Aeródromos de la OACI (2016), toda pista de aterrizaje deberá tener una anchura no menor a las dimensiones especificadas en la siguiente tabla.

**Tabla 6**

Número de clave	Letra de clave					
	A	B	C	D	E	F
1 <sup>a</sup>	18m	18m	23m	-	-	-
2 <sup>a</sup>	23m	23m	30m	-	-	-
3	30m	30m	30m	45m	-	-
4	-	-	45m	45m	45m	60m

Anchura de pista en función a la letra de clave de referencia del aeródromo

Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional OACI, (2016).

NOTA: En la tabla tenemos la combinación de las letras de clave y números de clave para cual se especifica anchuras. Adaptada del “Anexo 14, Volumen I, Diseño y operaciones de aeródromos” de la OACI, 2016.

Así, con base en la clave de referencia del aeródromo del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva (4D), se determinó el ancho de pista de 45 metros. Por esta razón el aeródromo está en operación de acuerdo con las recomendaciones de la Organización civil Internacional de Aviación y la Dirección General de Aviación Civil.

- Calles de rodaje.

El Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016), menciona que las calles de rodaje son vías destinadas a enlazar la pista de aterrizaje con las calles de acceso al puesto de estacionamiento de aeronaves, de rodaje en la plataforma y de salida rápida. El documento indica que estas vías sirven a una determinada pista y su función es que las aeronaves salgan tan pronto aterricen o ingrese antes de despegar.

NOTA: El Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva posee dos calles de rodaje y una calle para circulación de vehículos.

- Anchura de las calles de rodaje.

Una calle de rodaje no deberá tener una anchura menor a las dimensiones indicadas en la siguiente tabla.

**Tabla 7**

Letra de clave	Anchura de la calle de rodaje
A	7,5m
B	10,5m
C	15m
D	18m si la calle de rodaje está prevista para aviones cuya distancia entre ruedas exteriores del tren de aterrizaje principal sea inferior a 9m; 23m si la calle de rodaje está prevista para aviones cuya distancia entre ruedas exteriores del tren de aterrizaje principal sea igual o superior a 9m
E	23m
F	25m

Anchura del pavimento de la calle de rodaje

Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional OACI, (2016).

- Plataformas.

Para la OACI (2016) una plataforma es una superficie intermedia entre la zona de maniobras y la zona de construcción. Su finalidad es permitir el estacionamiento de las aeronaves durante el desembarque y embarque de pasajeros o carga, así como operaciones de mantenimiento, reabastecimiento de combustible. El autor refiere también que la plataforma deberá ser lo suficientemente grande para facilitar el movimiento rápido ya que es de esta plataforma de donde parten los aviones para el despegue y también donde llegan después del aterrizaje.

- Ayudas visuales no iluminadas para la navegación:

Las ayudas visuales no iluminadas son indicadores y señales.

- Indicadores.

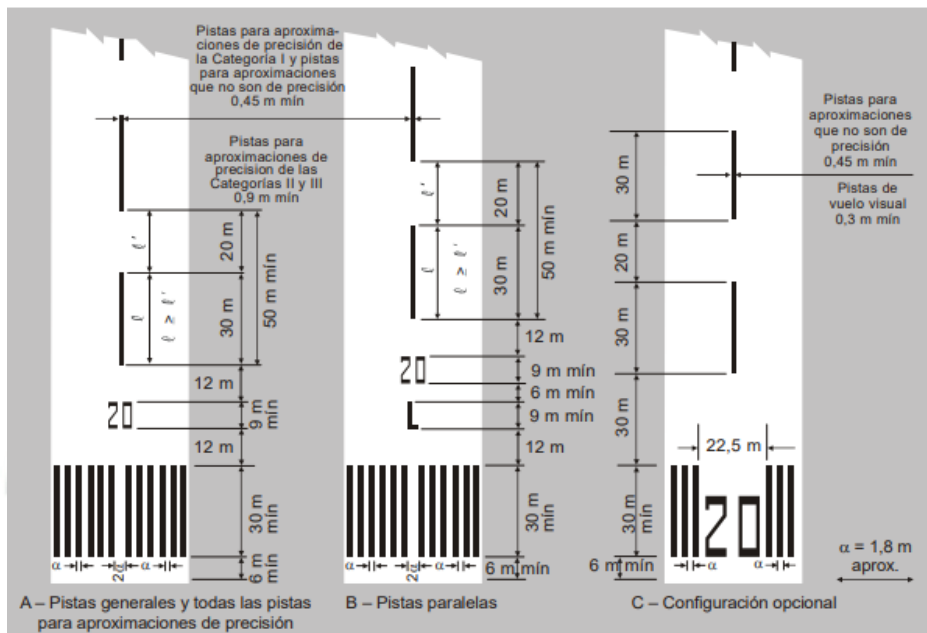
El Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016) indica que todos los aeródromos deben estar equipados con uno o más indicadores de viento, la cual debe ser visible desde las aeronaves en vuelo o el área de movimiento y de modo que no sufra los efectos de perturbaciones del aire el Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva posee un indicador de viento.

- Señales.

El Manual de diseño de aeródromos – Parte 4 ayudas visuales de la OACI (2004) menciona que las señales proporcionan información esencial a los pilotos, es por tanto que es importante la normalización de estas. El autor refiere que las señales de pista sean de color blanco y las señales de calle de rodaje son de color amarillo.

- Señal designadora de pista. El Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016) menciona que todos los umbrales de pista de aterrizaje deben tener señales designadoras de pista. El autor refiere

también que una señal designadora de pista consistirá en un número de dos dígitos y en las pistas paralelas este número seguido de una letra.



**Figura 5:** Señales de designación de pista, de eje y de umbral

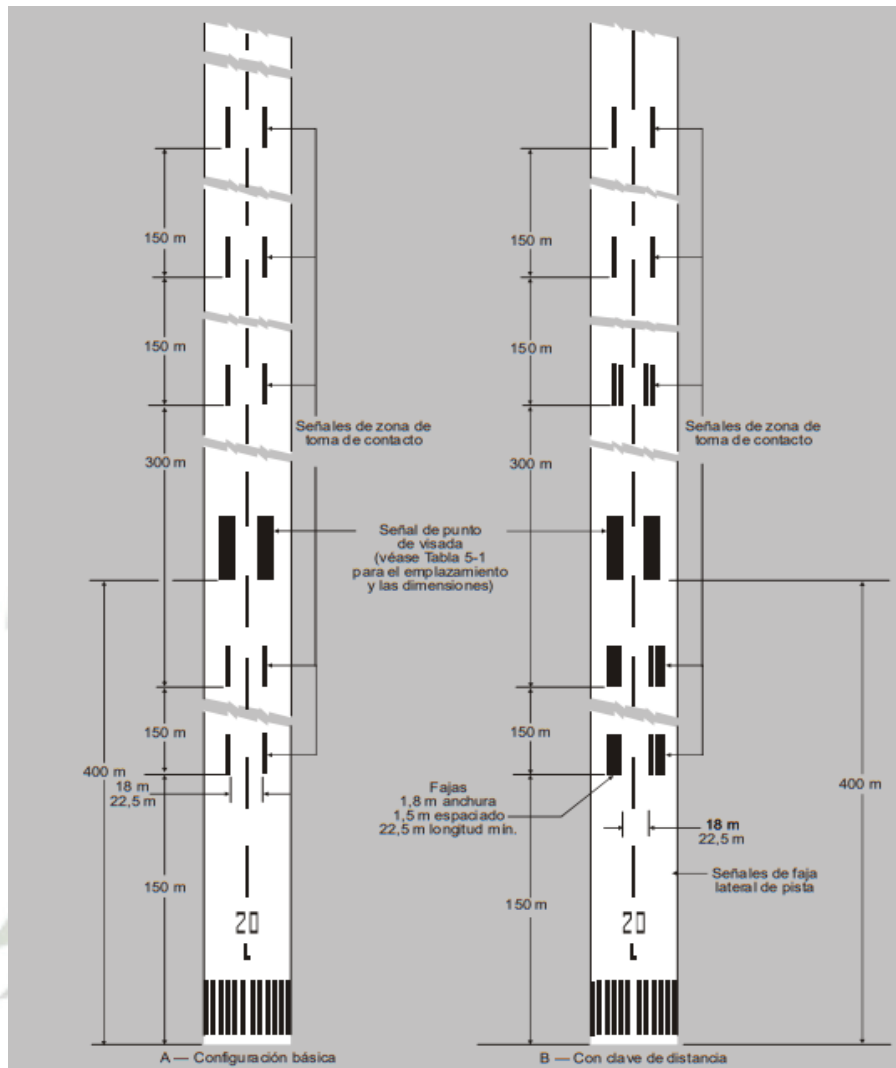
*Nota.* En la figura se observa las señales designadoras de pista con sus dimensiones especificadas, además de una señal designadora para pistas paralelas que en este caso es una letra. Adaptado del “Anexo 14, Volumen I, Diseño y operación de aeródromos” de la OACI, 2016).

El Anexo 14, Volumen I indica que, en el caso de pistas paralelas, cada número designado ira acompañado de una letra en el orden de izquierda a derecha como se muestra a continuación:

- Para dos pistas paralelas: “L”, “R”
- Para tres pistas paralelas: “L”, “C”, “R”
- Para cuatro pistas paralelas: “L”, “R”, “L”, “R”
- Para cinco pistas paralelas: “L” “C” “R” “L” “R” o “L” “R” “L” “C” “R”
- Para seis pistas paralelas: “L” “C” “R” “L” “C” “R”.

- Señal de eje de pista. El Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016) menciona que las señales de eje de pista se encontrarán al largo del eje de la pista de aterrizaje entre las señales designadoras de pista.
- Señal de umbral. El Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016) menciona que todas las pistas con número de clave 3 o 4 debería disponer de una señal de umbral.
- Señal de punto de visada. El Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016) menciona que todas las pistas con número de clave sea 2, 3 o 4 debería disponer de una señal de punto de visada.
- Señal de zona de toma de contacto. El Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016) menciona que todas las pistas con número de clave sea 2, 3 o 4 debería de disponer de una señal de zona de toma de contacto.

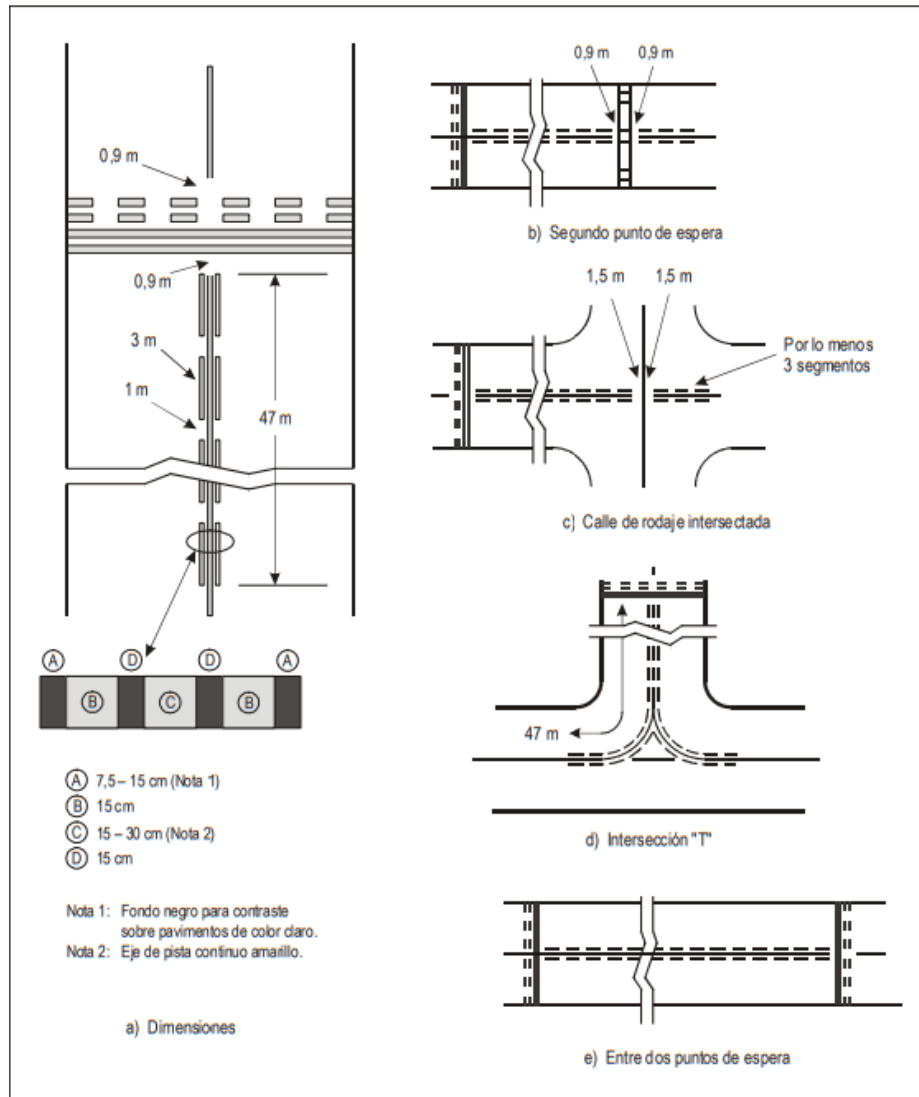
Las señales mencionadas tienen características y dimensiones establecidas por el Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016) tal y como se muestra en la figura N°6.



**Figura 6:** Señales de punto de visada y de zona de toma de contacto

*Nota.* En la figura se observa las dimensiones de las señales de umbral, eje de pista, punto de visada y de la zona de toma de contacto. Adaptado del “Anexo 14, Volumen I, Diseño y operación de aeródromos” de la OACI, 2016.

- Señal de eje de calle de rodaje. El Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016) menciona que toda pista con número de clave sea 3 o 4 deberá disponer de señales de eje en calles de rodaje, de manera que suministre una guía continua entre el eje de la pista y la plataforma tal y como se muestra en la figura N°7.



**Figura 7:** Señal mejorada de eje de calle de rodaje.

*Nota.* La figura muestra las dimensiones y características que deberá tener las señales en los ejes de calles de rodaje. Adaptado del “Anexo 14, Volumen I, Diseño y operación de aeródromos” de la OACI, 2016.

## 2.8. Generalidades Técnicas de sistema de iluminación de aproximación de precisión.

Los sistemas de iluminación de Aproximación conocida como (ILS) por sus siglas en ingles consta de 2 tipos de sistemas:

- Sistema de luces de Aproximación.

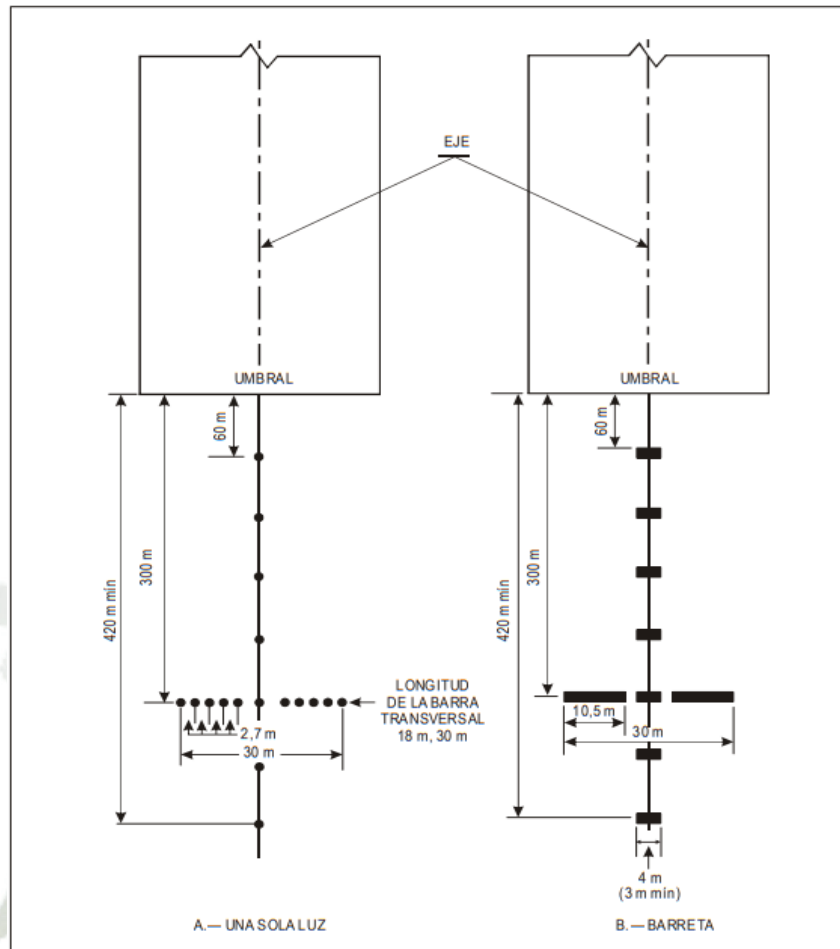
El Anexo 14, Volumen I, Diseño y operación de aeródromos de la OACI (2016) menciona que el sistema de luces de aproximación varía según el tipo de configuración de vuelo y son los siguientes:

- Pista de vuelo visual
- Pista para aproximaciones que no son de precisión
- Pista para aproximaciones de precisión de Categoría I
- Pista para aproximaciones de precisión de Categorías II y III
- Sistema sencillo de iluminación.

El Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016) indica que:

El sistema sencillo de iluminación de aproximación (ALS) consiste en una fila de luces ubicadas en la extensión de la línea central de la pista, que se extiende a una distancia no menor de 420m desde el umbral, con una fila de luces que forman una barra transversal de 18m o 30m de longitud a una distancia de 300m del umbral. (p. 5-32).

El Anexo 14, Volumen I, de la OACI (2016) indica que estas luces del sistema sencillo de iluminación de aproximación deberán ser luces fijas y su color será de tal manera que pueda distinguirse de otras luces de superficie en la pista de aterrizaje, adicionalmente en una pista de vuelo visual, las luces deberán ser visibles desde todos los ángulos azimut, de tal manera que el piloto pueda guiarse de ellas, así mismo en una pista para aproximaciones que no sean de precisión, las luces deberán ser de igual manera que un pista visual, visible en todos los ángulos azimut necesarios para que el piloto de la aeronave logre identificar el sistema de iluminación.



**Figura 8:** *Sistemas sencillos de iluminación de aproximación*

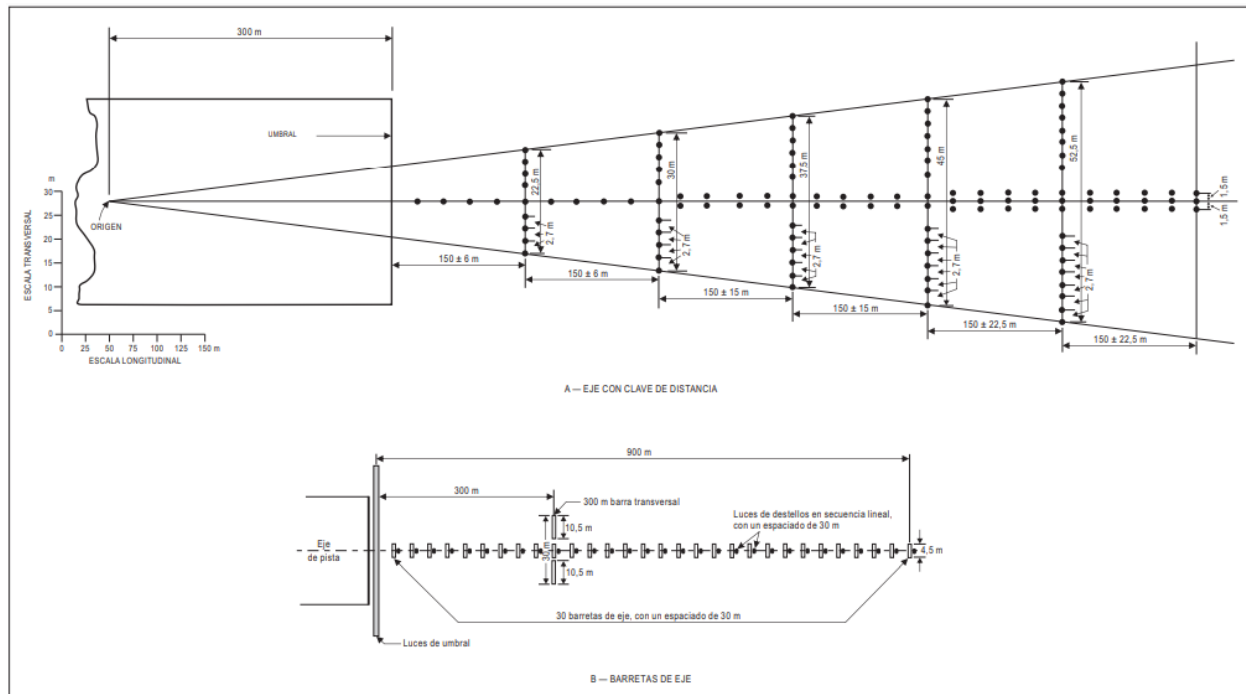
*Nota.* La figura muestra las dimensiones de la instalación de las luces en un sistema sencillo de aproximación. Adaptado del “Anexo 14, Volumen I, Diseño y operación de aeródromos” de la OACI, 2016.

- Sistema de iluminación de aproximación de precisión de CAT I.

El Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016) indica que:

Consistirá en una fila de luces situadas en la prolongación del eje de pista, que se extiende hasta una distancia de 900m a partir del umbral, con una fila de luces que forman una barra transversal de 30m de longitud, a una distancia de 300m del umbral de la pista. Las luces de eje y barra transversal de un sistema de iluminación de aproximación de precisión de CAT I serán luces fijas,

de color blanco y variable. Así mismo cada una de las luces emitirá dos destellos por segundo, comenzando por la luz más lejana del sistema y continuando en sucesión en dirección del umbral hasta la última luz. Este circuito eléctrico deberá funcionar independientemente de las demás luces del sistema de iluminación de aproximación (p. 5-33).



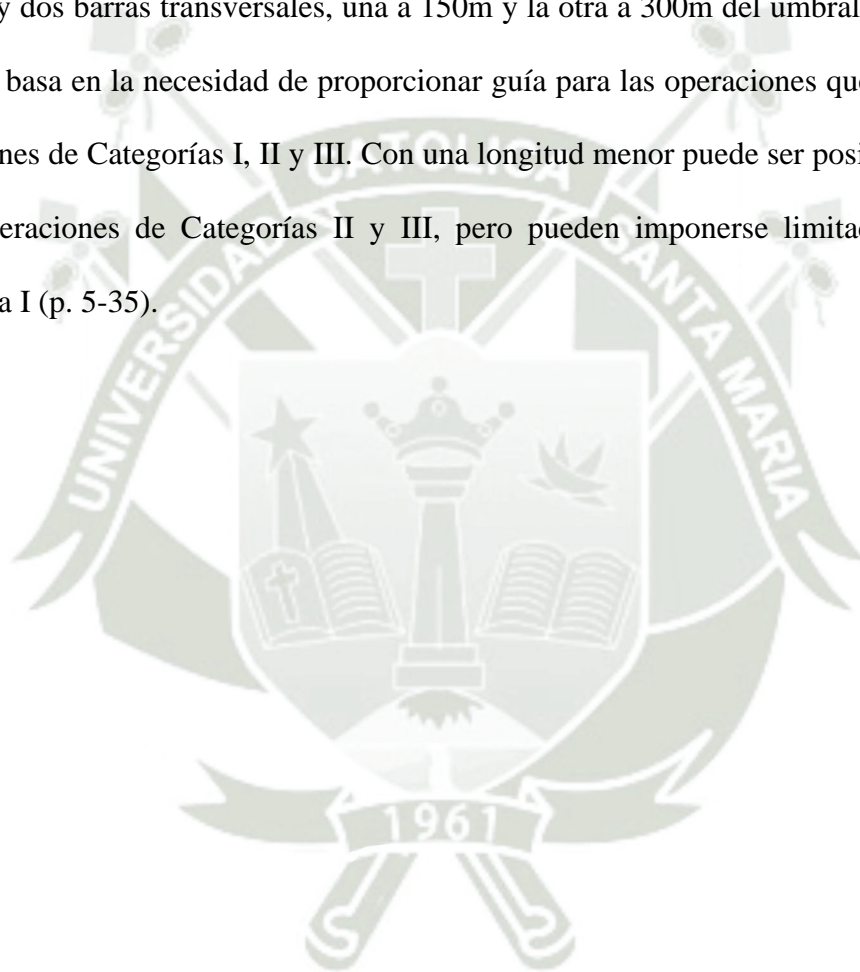
**Figura 9:** Sistema de iluminación de aproximación de precisión de Categoría I

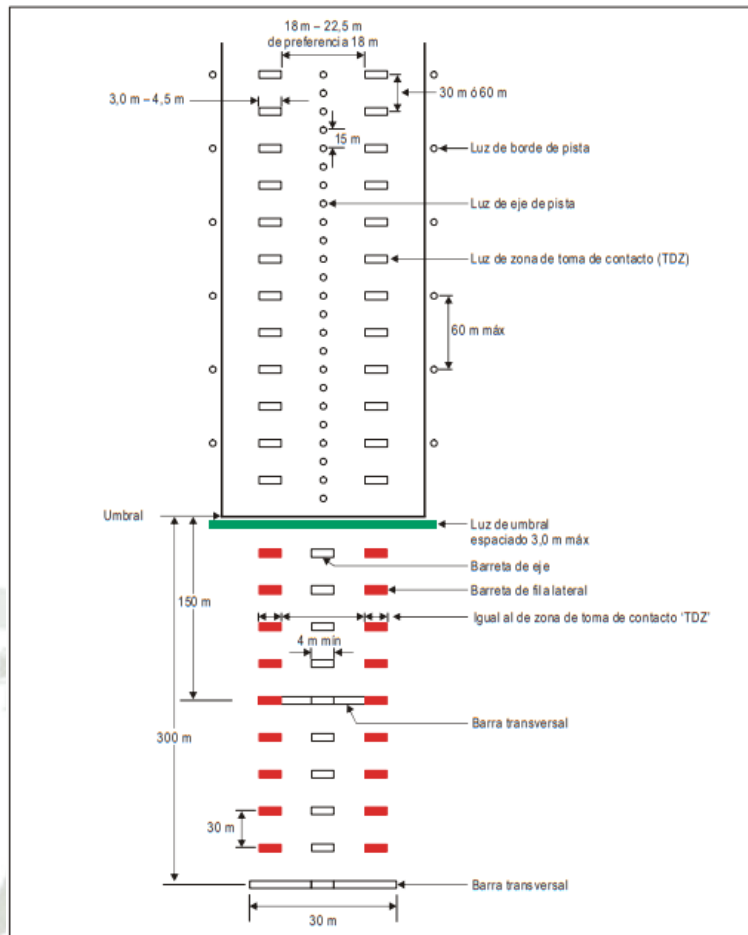
*Nota.* En la figura se muestra configuraciones que han sido adoptadas generalmente para sistemas de iluminación de aproximación de precisión de CAT I. Adaptado del “Anexo 14, Volumen I, Diseño y operaciones de aeródromos” de la OACI, 2016.

- Sistema de iluminación de aproximación de precisión de CAT II y III.

El Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016) indica que:

El sistema de iluminación consistirá en una fila de luces situadas en la prolongación del eje de la pista, extendiéndose hasta una distancia de 900m a partir del umbral de la pista. Además, el sistema contará con dos filas laterales de luces que se extenderán hasta 270m a partir del umbral, y dos barras transversales, una a 150m y la otra a 300m del umbral. La longitud de 900m se basa en la necesidad de proporcionar guía para las operaciones que se efectúan en condiciones de Categorías I, II y III. Con una longitud menor puede ser posible hacer frente a las operaciones de Categorías II y III, pero pueden imponerse limitaciones a las de Categoría I (p. 5-35).





**Figura 10:** Iluminación de pista de la aproximación de precisión de Categoría II y III

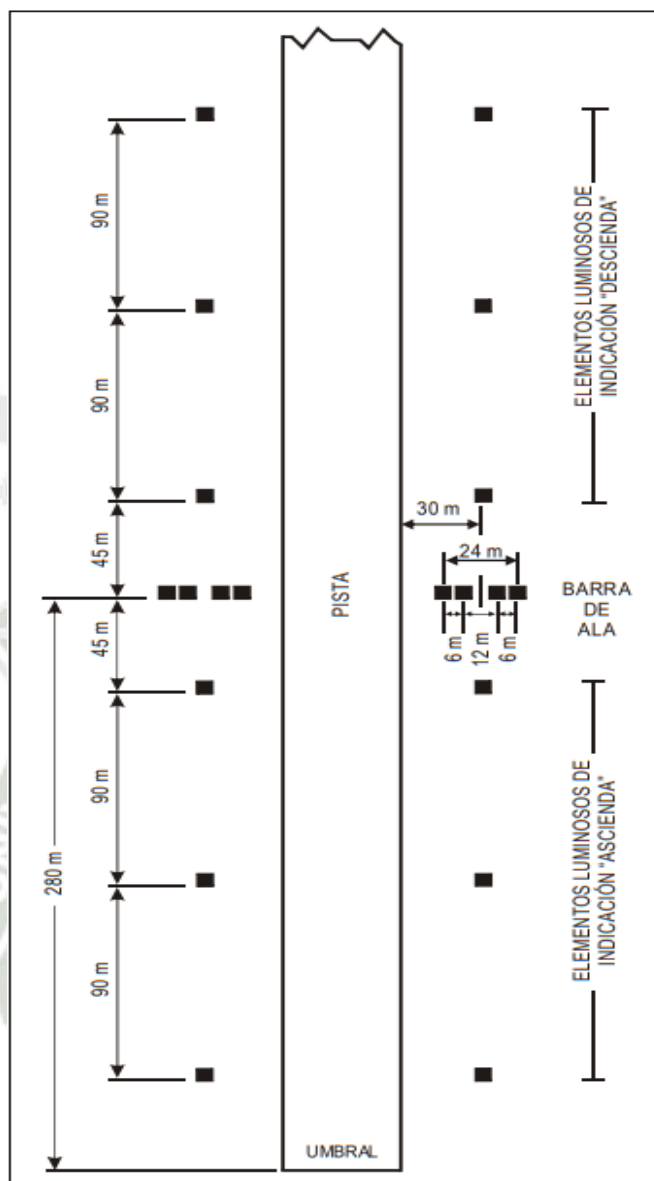
*Nota.* La figura muestra la iluminación de la pista y de los 300m internos de del sistema de iluminación de un aeródromo de CAT II y III. Adaptado del Anexo 14, Volumen I, Diseño y operaciones de aeródromos” de la OACI, 2016.

- Sistemas visuales indicadores de pendiente de Aproximación.

El *Anexo 14, Volumen I, Diseño y operación de aeródromos* de la OACI (2016) menciona que para realizar un aterrizaje seguro y facilitar la operación de aproximación se debe instalar un sistema visual indicador de pendiente de aproximación, independientemente de si cuenta o no con ayudas visuales para la aproximación y cuando exista las siguientes condiciones:

- Pista utilizada por turboreactores o aviones con exigencias semejantes.

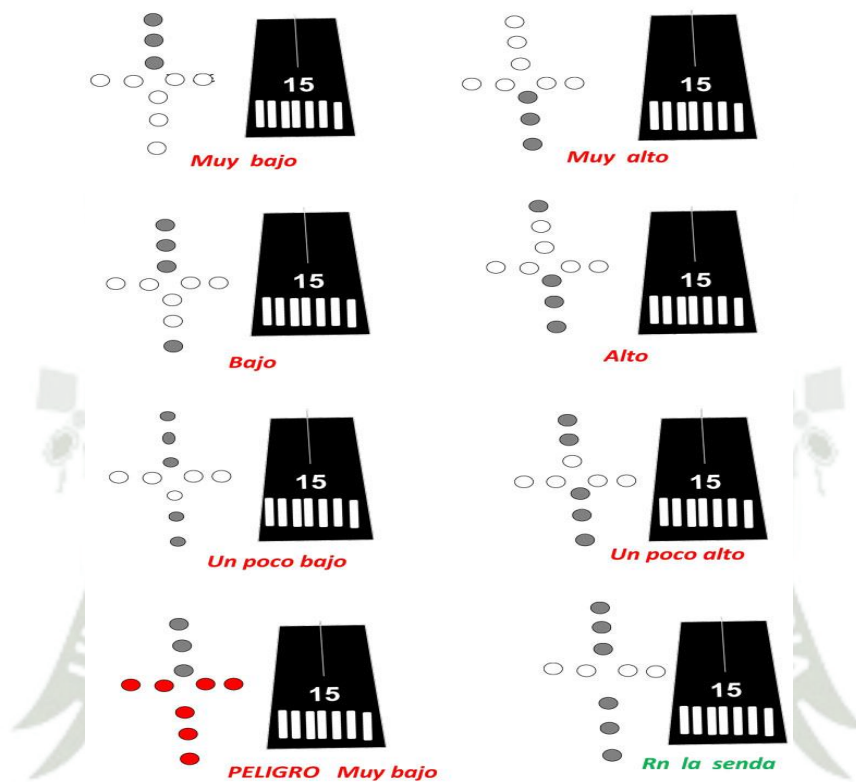
- Cuando el piloto tenga dificultades para realizar la aproximación por los siguientes casos:
  - o Insuficiente orientación visual.
  - o Información visual equivocada.
- Cuando la presencia de obstáculos en el área de aproximación pueda constituir un peligro durante la operación de aterrizaje esencialmente si no se cuenta con ayudas visuales que adviertan de tales obstáculos.
- Características físicas de la pista en el caso de que se realice un aterrizaje demasiado corto o largo.
- Condiciones meteorológicas que predominen de tal manera que puedan ocasionar turbulencia anormal en la aproximación.
- T-VASIS  
Según el Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016), esta configuración cuenta con 20 dispositivos luminosos colocados simétricamente respecto al eje de la pista con dos barras de ala de cuatro elementos luminosos.
- AT-VASIS  
Según el Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016), esta configuración cuenta con 10 dispositivos luminosos colocados a un lado de la pista con una sola barra de ala de cuatro elementos luminosos.



**Figura 11:** Emplazamiento de los elementos luminosos del T-VASIS

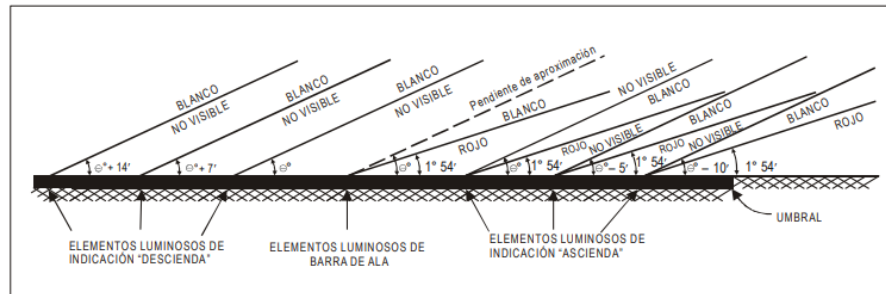
*Nota.* La figura muestra las distancias entre dispositivos y tolerancias de instalación del sistema visual indicador de pendiente de aproximación T-VASIS. Adaptado del “Anexo 14, Volumen I, Diseño y operación de aeródromos” de la OACI, 2016.

El sistema visual indicador de pendiente de aproximación AT-VASIS cuenta con las mismas dimensiones para la instalación de los dispositivos luminosos del sistema T-VASIS, pero, se instalará solo a un lado de la pista.



**Figura 12:** Configuración de luces para sistema AT-VASIS

*Nota.* En la figura se muestra la disposición de las luces, indicando la posición de la aeronave con respecto a la senda de planeo. Adaptado de “Gaceta Aeronáutica” de Yébenes, 2015.

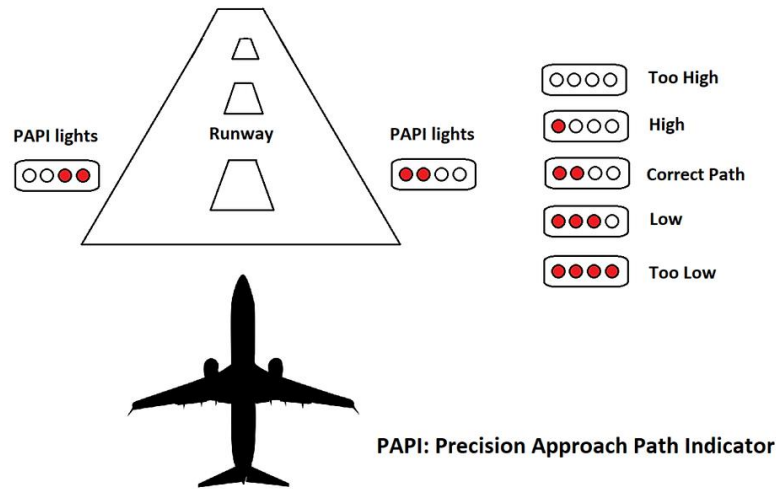


**Figura 13:** Haces luminosos y reglaje del ángulo de elevación del T-VASIS y del AT-VASIS

*Nota.* La figura muestra la elevación de los haces de los elementos luminosos, la elevación de la parte superior del haz indicara “ascienda” más próximo a la barra de ala y la parte inferior indicara “descienda”. Adaptado del “Anexo 14, Volumen I, Diseño y operación de aeródromos” de la OACI, 2016.

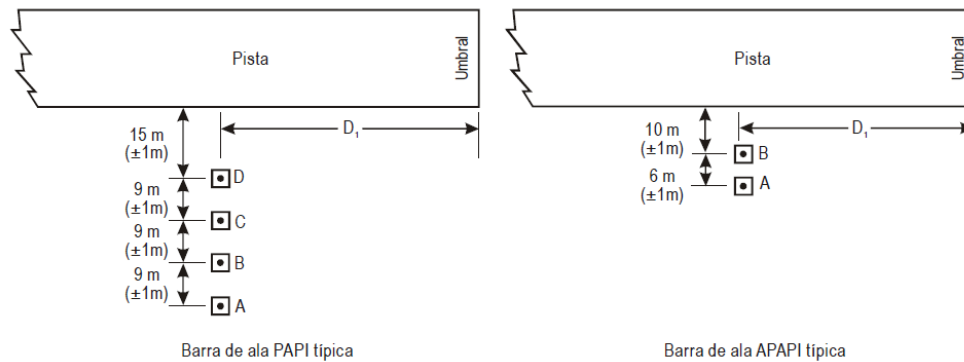
- PAPI

De acuerdo con el *Manual de diseño de aeródromos - Parte 4 Ayudas visuales* de la OACI (2004), este sistema contara con una barra de ala de cuatro dispositivos distribuidos a lo largo de una línea perpendicular al eje de la pista. El Manual indica también que este sistema se colocara al lado izquierdo de la pista a menos que sea materialmente imposible.



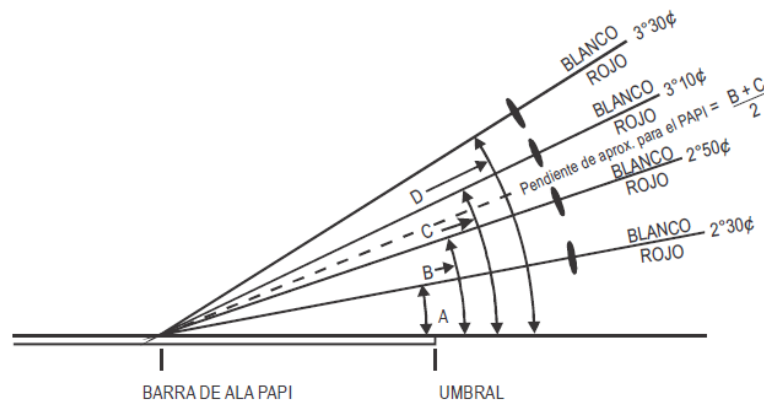
**Figura 14:** Configuración de las luces del sistema PAPI.

*Nota.* La figura muestra las combinaciones definidas para el sistema PAPI interpretadas del Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016). Adaptado de “Fénix Aeronáutica” por Paccieri, 2020.



**Figura 15:** Emplazamiento del sistema PAPI y APAPI

*Nota.* En la figura se muestra las distancias de instalación de los sistemas PAPI y APAPI, la distancia  $D_1$  se calculará para determinar la altura más baja cuando la pista no cuente con ILS o MLS. Adaptado del “Anexo 14, Volumen I, Diseño y operación de aeródromos” de la OACI, 2016.

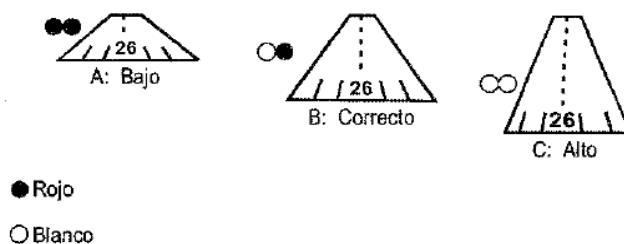


**Figura 16:** Haces luminosos y reglaje del ángulo de elevación del sistema PAPI

*Nota.* La figura muestra los ángulos de elevación del sistema PAPI, siendo el ángulo del dispositivo D el de mayor elevación y es también el que está más próximo a la pista. Adaptado del “Anexo 14, Volumen I, Diseño y operación de aeródromos” de la OACI, 2016.

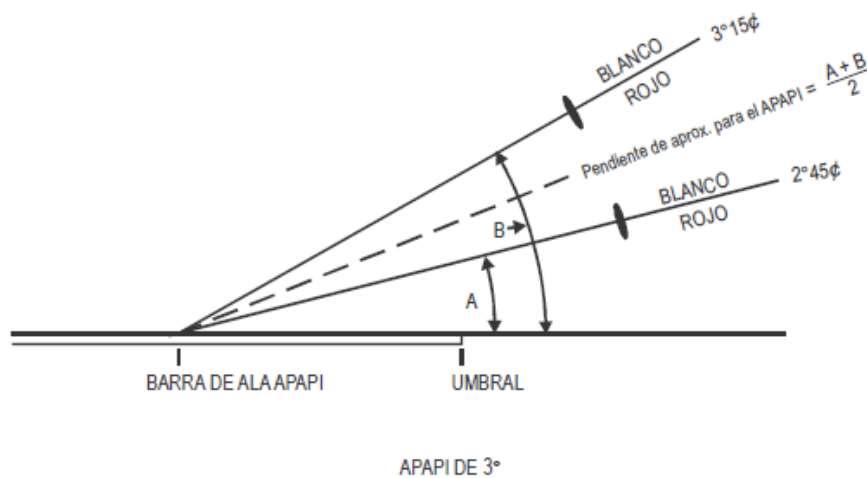
- NOTA: El ángulo de descenso promedio indicado por las luces es de 3° y serán instalados a aproximadamente 300m del umbral, pero, la configuración puede variar según los obstáculos que se puedan presentar en el aeródromo.
- APAPI

De acuerdo con el *Manual de diseño de aeródromos - Parte 4 Ayudas visuales* de la OACI (2004), el sistema APAPI cuenta con una barra de ala de dos dispositivos colocados en una línea perpendicular al eje de la pista, se instalan al lado izquierdo de la pista y las tolerancias de instalación se observan en la figura N°17.



**Figura 17:** Disposición de los elementos del APAPI y visualización correspondiente.

*Nota.* En la figura se muestra la configuración de las luces para brindar información sobre la pendiente de planeo para que el piloto de la aeronave pueda tomar decisiones. Adaptado del “Manual de diseño de aeródromos- Parte 4 ayudas visuales” de la OACI; 2004.



**Figura 18:** Haces luminosos y reglaje del ángulo de elevación del APAPI

*Nota.* En la figura se muestra la pendiente de aproximación del sistema APAPI. Adaptado del “Anexo 14, Volumen I, Diseño y operación de aeródromos” de la OACI, 2016.

## 2.9. Generalidades Técnicas del Sistema Eléctrico

El Manual de diseño de aeródromos – Parte 5 Sistemas eléctricos de la OACI (1983) indica que el propósito del sistema eléctrico de un aeródromo es garantizar la regularidad y seguridad y seguridad de los vuelos, es esencial que las luces de iluminación y los equipos de radionavegación del aeródromo sean de alta integridad y confiabilidad. La probabilidad de falla se considera muy baja si en un momento crítico la iluminación y las radio ayudas están bien diseñadas y mantenidas.

“El sistema de suministro de energía eléctrica total puede incluir conexiones a una o más fuentes de suministro de energía eléctrica a instalaciones de generación y a una red de distribución que incluye conmutadores y transformadores” (OACI, 2016, p. 8-1).

El Anexo 14, Volumen I de la OACI (2016) indica que todos los dispositivos alimentados de una fuente de suministro de energía eléctrica y necesite de una fuente secundaria de suministro de energía eléctrica deberá de disponerse en caso de falla de la fuente primaria de energía, las instalaciones conmuten a la fuente secundaria de energía. El autor menciona que del tiempo de restablecimiento debería ser el más corto posible y se ven en la siguiente tabla.

**Tabla 8**

Pista	Ayudas luminosas que requieren energía	Tiempo máximo de conmutación
	<b>Indicadores visuales de pendiente de aproximación</b>	
De vuelo visual	Borde de pista	
	Umbral de pista	
	Extremo de pista	
	Obstáculo	
	<b>Sistemas de iluminación de aproximación</b>	15 segundos
Para aproximaciones que no sean de precisión	Indicadores visuales de pendiente de aproximación	15 segundos
	Borde de pista	15 segundos
	Umbral de pista	15 segundos
	Extremo de pista	15 segundos
	Obstáculo	15 segundos
	<b>Sistemas de iluminación de aproximación</b>	15 segundos
Para aproximaciones de precisión, Categoría I	Borde de pista	15 segundos
	Indicadores visuales de pendiente de aproximación	15 segundos
	Umbral de pista	15 segundos
	Extremo de pista	15 segundos
	Calle de rodaje esencial	15 segundos
	Obstáculo	15 segundos
		<b>300m interiores del sistema de iluminación de aproximación</b>
Para aproximaciones de precisión, Categoría II/III	Otras partes del sistema de iluminación de aproximación	15 segundos
	Obstáculo	15 segundos
	Borde de pista	15 segundos
	Umbral de pista	1 segundo
	Extremo de pista	1 segundo
	Eje de pista	1 segundo
	Zona de toma de contacto	1 segundo
	Todas las barras de parada	1 segundo
	Calle de rodaje esencial	15 segundos
		<b>Borde de pista</b>
Pista para despegue en condiciones de alcance visual en la pista inferior a un valor de 800m	Extremo de pista	1 segundo
	Eje de pista	1 segundo
	Todas las barras de parada	1 segundo
	Calle de rodaje esencial	15 segundos
	Obstáculo	15 segundos

Requisitos de la fuente secundaria de energía eléctrica

Fuente: Organización de Aviación Civil Internacional OACI, (2016)

## **2.9.1. Tipos de circuitos eléctricos**

### **2.9.1.1. Características eléctricas**

El Manual de diseño de aeródromos – Parte 5 Sistemas eléctricos de la OACI (1983) indica que generalmente la energía eléctrica utilizada en los aeródromos es, corriente alterna(c.a.) excepto por los circuitos de control que utiliza corriente continua(c.c.), la frecuencia de la corriente alterna puede ser 50 o 60Hz. El documento refiere que en casi todos los sistemas de iluminación de pista se utiliza circuitos en serie, se utiliza circuitos en paralelo para circuitos cortos y para luces de destellos, así como para el sistema de iluminación de aproximación.

### **2.9.1.2. Circuitos en serie**

El Manual de diseño de aeródromos – Parte 5 Sistemas eléctricos de la OACI (1983) indica que los circuitos en serie se conectan de tal forma que por cada dispositivo de iluminación circule la misma corriente. El documento refiere que, si se conectasen cargas con una tensión fija la corriente del circuito cambiaría con la carga entrante es por ellos que se utiliza reguladores de corriente constante que son los que mantienen la corriente constante en el circuito. El documento menciona que la falla de un dispositivo significa una apertura en el circuito y por ello emplean el uso de un dispositivo de derivación, un disyuntor de fusible o un transformador de aislamiento y que en los aeródromos se prefieren los transformadores de aislamiento.

A continuación, las ventajas y desventajas que menciona el Manual de diseño de aeródromos – Parte 5 Sistemas eléctricos de la OACI (1983) y son las siguientes:

- Ventajas de los circuitos de iluminación en serie
  - Todos los dispositivos de iluminación trabajan con la misma corriente, por lo tanto, con la misma intensidad. Este factor de intensidad y aspecto es muy útil.

- Se puede utilizar un solo cable para todo el circuito con un conductor de diámetro y capacidad de tensión.
- Cuenta con la posibilidad de controlar la intensidad de las luces dentro de un margen amplio.
- El circuito puede tener una sola avería a tierra en cualquier punto sin que afecte al funcionamiento de las luces y las derivaciones a tierra se localizan fácilmente.
- Desventajas de los circuitos de iluminación en serie
  - Costos elevados de instalación, el regulador de corriente y transformador de aislamiento aumenta considerablemente el gasto.
  - Bajo rendimiento de la energía eléctrica utilizada por el regulador de corriente constante de tipo bobina móvil
  - Una avería hecha por un circuito abierto en cualquier parte de este pone fuera de servicio a la totalidad del circuito
  - Pude ser difícil la localización de averías, especialmente las aperturas del circuito.

### **2.9.1.3. Circuitos en paralelo**

El Manual de diseño de aeródromos – Parte 5 Sistemas eléctricos de la OACI (1983) indica que los circuitos en paralelo usados en aeródromos se utilizan a la tensión de entrada. El documento menciona que teóricamente cada dispositivo de iluminación recibiría la misma tensión, pero en realidad la corriente que circula por los conductores provocara una reducción de tensión y en circuitos largos la reducción de tensión seria apreciable en el circuito más alejado, por tan la intensidad de las luces bajaría. El manual indica que si se desea evitar estas pérdidas se podría instalar reguladores de tensión pero que estos equipos elevarían los costos de instalación y reducen la eficiencia del circuito.

A continuación, las ventajas y desventajas que menciona el Manual de diseño de aeródromos – Parte 5 Sistemas eléctricos de la OACI (1983) y los las siguientes:

- Ventajas de los circuitos de iluminación en paralelo
  - Menor coste de instalación, cuando no sea necesario los reguladores de tensión ni el control de la intensidad.
  - Uso eficiente de la energía eléctrica.
  - Facilidad de incorporar o retirar circuitos.
  - Facilidad de localizar averías de los cables.
  - Una apertura de un circuito no inhabilita la totalidad del sistema.
  - No requieren circuito de derivación.
- Desventajas de los circuitos de iluminación en paralelo
  - La intensidad de las luces se va reduciendo con la caída de la tensión a lo largo del circuito.
  - Uso de dos conductores para el circuito completo y pueden ser necesarios conductores de una sección mayor para reducir caídas de tensión en la línea.
  - Exige elementos ópticos más grandes y aparatos de luz más luminosos.
  - Es más difícil ejercer el control de la intensidad, especialmente cuando esta ya es baja.
  - Una derivación a tierra del alimentador de alta tensión inhabilita a todos los circuitos y son difíciles de localizar.

### **2.9.2. Elementos del circuito en serie para pista de aterrizaje**

Los elementos que conforman el circuito de alimentación en serie, partiendo de la alimentación y acabando con el equipo de iluminación son los siguientes:

- Fuente de alimentación.
- Cable primario.

- Transformador de intensidad.
- Cable secundario.
- Equipo de iluminación.

Una particularidad de este circuito es el uso de transformadores de intensidad en cada equipo de iluminación de la pista, al conectar todos los primarios en serie entre sí se logra que cuando una lámpara deje de operar no permita dejar en abierto el circuito en serie y de esta manera se asegura el suministro de electricidad a los demás equipos del mismo circuito. Otra particularidad es el uso de una fuente de alimentación de intensidad constante, esta fuente de alimentación más conocida como regulador de intensidad constante proporciona una intensidad de salida de valor eficaz constante, independientemente de la carga, tensión de entrada y condición de servicio. La relación de transformación de los transformadores de intensidad es de 1:1 ya que su misión es aislar el equipo de iluminación del circuito.

#### **2.9.2.1. Regulador de corriente constante**

Un regulador de intensidad es un dispositivo que mide continuamente la corriente en un circuito en serie y actúa sobre el voltaje de suministro mediante retroalimentación para mantener la corriente en el circuito en un valor preseleccionado por el usuario. Es importante que el controlador pueda controlar la intensidad, ya que debe adaptarse a la visibilidad del aeropuerto para crear el brillo correcto del sistema de iluminación. El brillo o nivel de brillo de las luces del circuito en serie debe ser suficiente para proporcionar la ayuda visual necesaria para la operación de la aeronave en determinadas condiciones de visibilidad y para aumentar la seguridad y la eficiencia. Este ajuste se realiza en un regulador de corriente constante (RCC) en forma escalonada. (Negró, 2015)

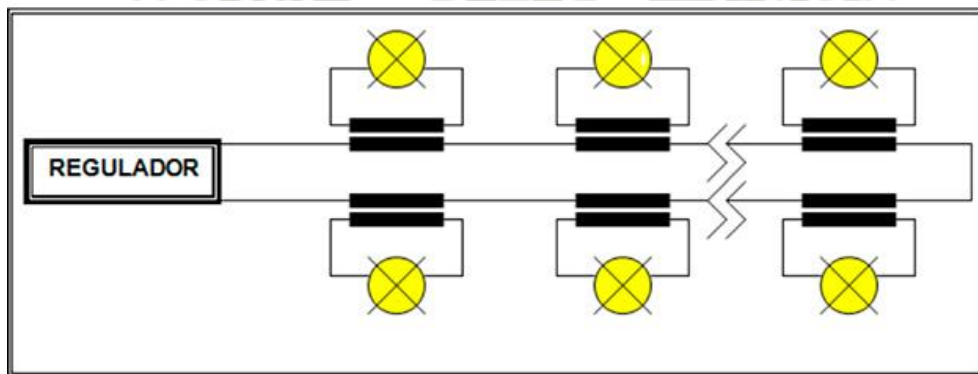
Los escalones de intensidad están estandarizados a nivel internacional, los escalones de intensidad significan el aumento o disminución de brillo y como efecto final el aumento o disminución de intensidad lumínica de las ayudas visuales.

**Tabla 9**

Escalón de corriente	Intensidad nominal de salida del regulador (Amperios r.m.s.)	Margen tolerable (Amperios r.m.s.)	% de Intensidad Luminosa
5	6,60	6,50-6,70	100
4	5,20	5,40-5,60	25
3	4,10	4,00-4,20	5
2	3,40	3,30-3,50	1,5
1	2,80	2,70-2,90	0,5

Intensidades nominales y tolerancias en función del escalón de corriente

Fuente: Aena, (2014).



**Figura 19:** Esquema de circuito en serie con regulador de corriente

*Nota.* En la figura se observa el esquema de un circuito en serie con regulador de corriente para un grupo de luces y cada una de ellas con su transformador de intensidad. Adaptado de “Tendencias en iluminación de campos de vuelo” de Eadic, 2016.

### 2.9.2.2. Cable primario

Están ubicados entre los reguladores de corriente constante (RCC) y los transformadores de aislamiento de cada equipo de iluminación en la pista. Soportan intensidades de 6.6A a 20A dependiendo de la corriente de salida del regulador de corriente constante y soporta una tensión máxima de 5kV. (OACI, 1983).

Los requisitos recomendados por la OACI (1983) para la iluminación en serie de una pista de aterrizaje es que al circular por estos cables una corriente de 6.6A a 20A el aislamiento es de 5000V generalmente, la sección transversal de los conductores es de 3,3 a 21mm<sup>2</sup>. El autor también indica que respecto a los materiales de aislamiento se especifican por las máximas temperaturas nominales para condiciones de trabajo, sobrecarga y cortocircuito de los conductores seleccionados hasta de 35kV. Estos materiales son:

- Polietileno degradado (XLP): Compuesto termo endurecible que posee excelentes propiedades eléctricas, buena resistencia química y física, y mantiene su flexibilidad a bajas temperaturas.
- Caucho de etileno-propileno (EPR): Compuesto con propiedades eléctricas similares a las del polietileno degradado.

### **2.9.2.3. Transformadores de Intensidad**

El Manual de diseño de aeródromos – Parte 5 Sistemas eléctricos de la OACI (1983) menciona que la mayoría de los circuitos de iluminación en aeródromos utilizan transformadores de intensidad, se utilizan en cada equipo de iluminación de la pista de aterrizaje, con el objetivo de aislar cada equipo de iluminación de bajo voltaje del circuito en serie del primario a alto voltaje, otra función es la de proporcionar continuidad al circuito en serie ante una posible falla en el equipo de iluminación. El autor también menciona que las relaciones entre primario y secundario suelen ser 6,6/6,6; 20/20; 6,6/20 y 20/6,6 amperios. Los transformadores también son usados a frecuencias de 60 y 50 hertzios y tienen un aislamiento de 5000V en el primario y 600V en el secundario.

#### **2.9.2.4. Cable Secundario**

Es el conductor por el cual circula una tensión de 0,6-1 kV, conecta cada equipo de iluminación con su transformador de intensidad correspondiente. Es un conductor de 2,5 6 mm<sup>2</sup> de sección. (Falconi, 2014)

#### **2.9.2.5. Equipo de iluminación**

Es el emisor de energía lumínica, la cual opera en función de la corriente.

### **2.10. Energía Solar Fotovoltaica**

La primera de una larga serie de descubrimientos que finalmente condujeron a la energía fotovoltaica tuvo lugar en 1839, cuando el científico francés Alexandre-Edmond Becquerel, de 19 años, Colocó dos placas de latón en un líquido conductor que se encendió instantáneamente, lo que se requiere un material que absorba la luz solar y sea capaz de convertir la energía radiante absorbida en electricidad. Entonces descubrió que este proceso genera una corriente eléctrica. conocido como efecto fotoeléctrico. El científico británico Willoughby Smith notó que el elemento selenio reaccionaba con la luz. El inventor Charles Fritts construyó la primera celda solar de selenio en 1880. En la década de 1950, los científicos de Bell Labs estudiaron las propiedades de las células de silicio. Se centraron en el silicio porque es el segundo elemento más accesible en la tierra. Los científicos han descubierto que el silicio cuando se trata con impurezas se vuelve fotosensible. Cuando la luz del sol golpea una celda solar, los electrones se separan de sus átomos y se ponen en movimiento. Este movimiento genera electricidad. Puede utilizar la energía solar para los mismos fines que otras fuentes de energía. Suministrar energía para hogares y negocios, los sistemas de tratamiento de agua, regadíos y monitoreo ambiental, antenas de comunicación son algunos ejemplos. Los sistemas solares pueden ser lo suficientemente pequeños como para alimentar

artículos pequeños como linternas, luces led y calculadoras o lo suficientemente grande como para alimentar una ciudad entera (BlueSol, Energía Solar, 2020).

Las ventajas de la energía fotovoltaica son indiscutibles:

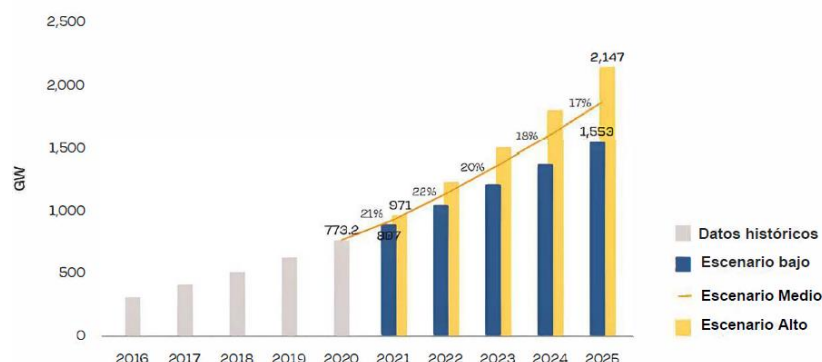
- Los materiales son infinitos.
- No hay contaminación durante el proceso de generación de energía.
- El sistema puede ser instalado en cualquier parte del mundo.
- Energía

Desafortunadamente, la energía fotovoltaica tiene sus limitaciones:

- El flujo potencial que llega a la superficie terrestre es bajo ( $<1 \text{ kW/m}^2$ )
- La radiación solar disponible en una ubicación en específico depende del clima y las condiciones climáticas.
- Los equipos requieren una gran inversión financiera inicial, mayor que los sistemas convencionales.

Según Roca (2021) indica que:

El Global Market Outlook de la asociación solar europea también encontró que el año pasado el sector de energía solar global registró 138,2 GW de nuevas instalaciones. Esto representa un crecimiento interanual del 18% y un récord mundial de instalaciones anuales para el sector. Otro hito importante de 2020 fue que la capacidad solar acumulada global alcanzó los 773,2 GW, superando las tres cuartas partes de un Tera watio por primera vez. Los cinco principales mercados solares en 2020 fueron China con 48,2 GW de nuevas instalaciones; EE. UU., con 19,2 GW; Vietnam, con 11,6 GW; Japón, con 8,2 GW, y Australia con 5,1 GW. Las proyecciones de SolarPower Europe pronostican que la energía fotovoltaica está en camino de agregar 163 GW en 2021, 203 GW en 2022, 225 GW en 2023, 239 GW en 2024 y 266 GW en 2025.



**Figura 20:** Escenarios de mercado fotovoltaico solar total mundial 2021-2025

*Nota.* En la figura se aprecia el escenario del Mercado fotovoltaico desde el 2016 hasta el 2026. Adaptado de Roca,2021.

Las mayores plantas fotovoltaicas a nivel mundial se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 10**

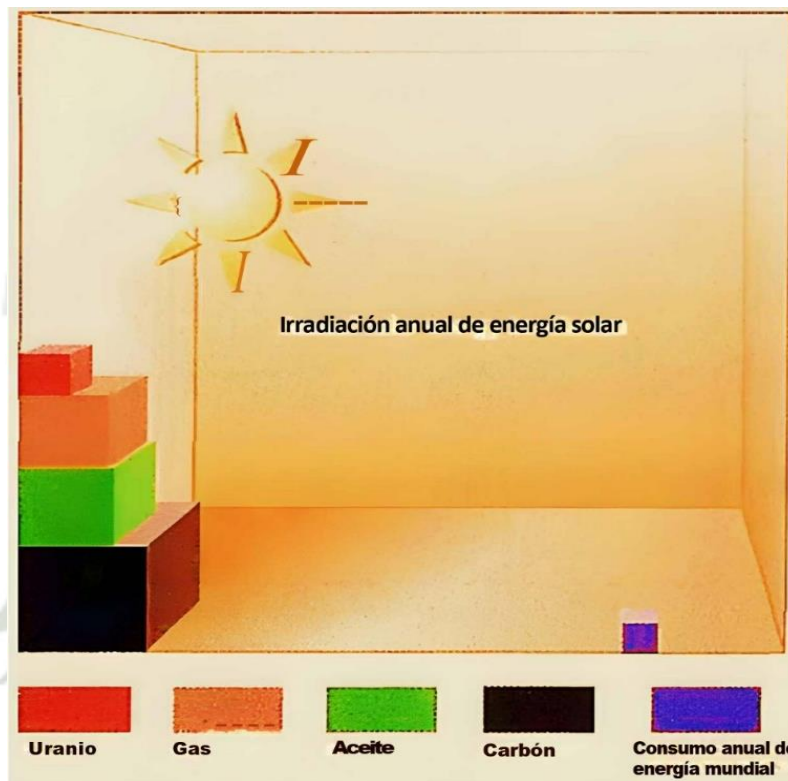
N°	Potencia (MW)	Nombre planta	País	En operación
1	2.245	Bhadla Solar Park	India	2020
2	2.050	Pavagada Solar Park	India	2019
3	1.650	Benban Solar Park	Egipto	2019
4	1.547	Parque Solar del Desierto de Tengger	China	2015
5	1.177	Noor Abu Dhabi	EAU	2017
6	1.000	Kurnool Ultra Mega Solar Park	India	2017
7	1.000	Parque Solar Datong NP Kunta Ultra Mega	China	2016
8	900	Solar Park	India	2016
9	850	Longyangxia Hydro-Solar PV Starion	China	2015
10	828	Parque Solar PV Villanueva	México	2018

Top de los 10 parques fotovoltaicos del mundo

Fuente: Roca, (2021).

## 2.11. Radiación Solar

La energía que irradia el sol en un segundo es mucho mayor que la energía consumida por la humanidad desde su aparición sobre la faz de la Tierra, hasta nuestros días. Toda esta energía, por supuesto, no llega hasta la Tierra (BlueSol, Energía Solar, 2020).

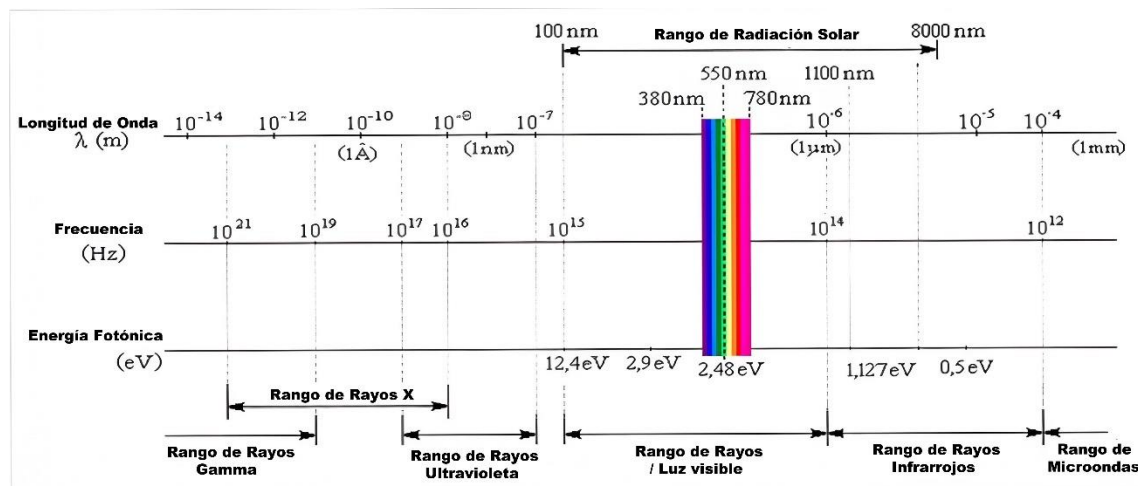


**Figura 21:** Comparación entre la energía solar y otras formas de energía

*Nota.* En la figura se muestra la abundancia de la radiación solar a comparación de las otras formas de energía. Adaptado de BlueSol, Energía Solar, 2020

La energía solar es generada por reacciones nucleares que tienen lugar en las profundidades del sol. En una de estas reacciones, los átomos de hidrógeno se combinan para formar un átomo de helio, liberando energía. Esta energía se desplaza desde el interior del Sol hasta su superficie (la llamada fotosfera), y desde allí irradia en todas direcciones (BlueSol, Energía Solar, 2020).

Esta energía radiante llega a la Tierra desde el espacio a través de partículas energéticas llamadas fotones. Los fotones viajan a 300.000 km/s, por lo que tardan unos 8 minutos en llegar a la Tierra, que está a unos 150 millones de kilómetros del Sol. La radiación solar es radiación electromagnética con una distribución espectral similar a la que se muestra en la siguiente figura (BlueSol, Energia Solar, 2020).



**Figura 22:** Espectro de la radiación electromagnética del sol

*Nota.* En la figura se observa los rangos de radiación solar. Adaptado de Bue Sol, 2019.

### 2.11.1. Sistema Autónomo

Un sistema fotovoltaico limpio es aquel que no tiene otra forma de generación de electricidad. Dado que el sistema solo genera electricidad durante las horas de sol, el sistema aislado está equipado con una batería recargable que administra energía durante los períodos sin sol, que se producen durante la noche y durante los días lluviosos o nublados. La batería se selecciona de acuerdo con la autonomía que debe tener el sistema y depende de las condiciones climáticas del lugar donde se desplegará el sistema (BlueSol, Energia Solar, 2020).

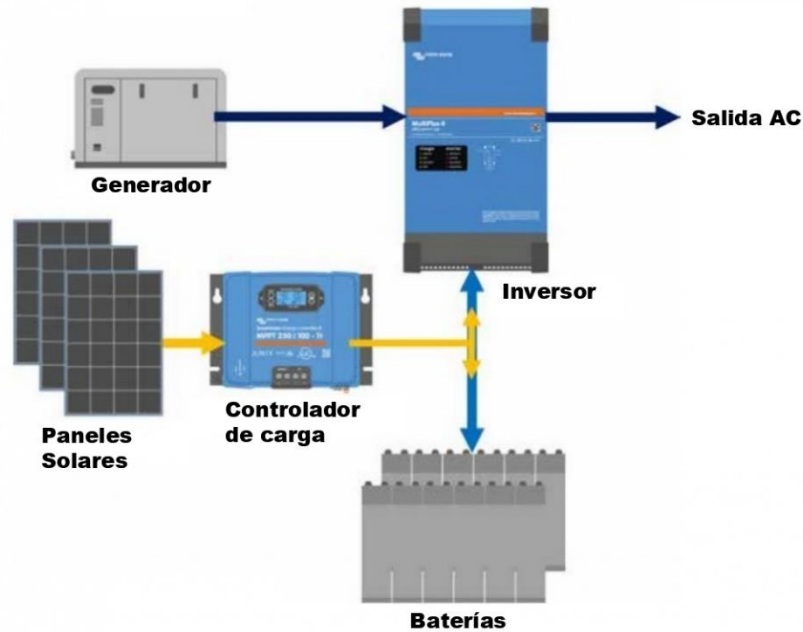


**Figura 23:** Sistema Autónomo

*Nota.* En la figura se aprecia un ejemplo con algunos componentes de un Sistema autónomo. Adaptado de Victron Energy, 2022.

### 2.11.2. Sistema Híbrido.

Un sistema fotovoltaico híbrido que opera en conjunto con otro sistema de generación de energía puede ser una turbina eólica (en el caso de un sistema combinado eólico/solar), un generador-motor de combustible líquido (como un motor Diésel) o cualquier otro sistema, generar energía. Los sistemas híbridos pueden tener o no sistemas de almacenamiento de energía. Cuando eres el propietario, el sistema de alojamiento suele tener una autonomía inferior o igual a un día (BlueSol, Energia Solar, 2020).

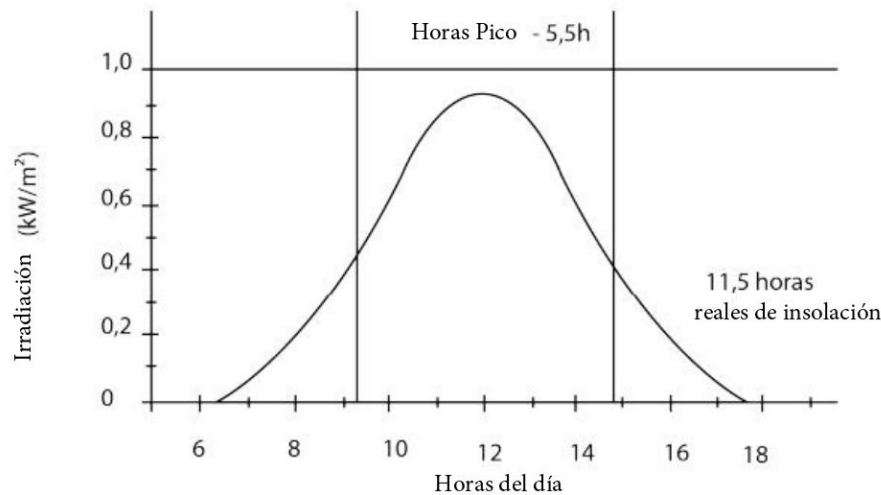


**Figura 24:** Ejemplo de Sistema Híbrido

*Nota.* En la figura se aprecia uno de los diversos sistemas híbridos que se pueden realizar. Adaptado de Victron Energy, 2022.

### 2.11.3. Horas de Sol pico

La radiación solar varía durante el día y es más alta al mediodía. Desde el momento en que el sol aparece en el horizonte hasta la puesta del sol, la radiación solar varía de mínima a máxima (mediodía soleado) y de vuelta a mínima. Las nubes afectan la radiación directamente, por lo que incluso en una tarde soleada, podemos obtener menos energía temprano en la mañana o al final de la tarde. Si construimos un gráfico de los cambios de luz en un día promedio, podemos observar las horas del día en que la iluminancia es cercana o igual a  $1000 \text{ W/m}^2$  (BlueSol, Energía Solar, 2020).



**Figura 25:** Grafico de horas de sol pico

*Nota.* En la figura se muestra las horas pico y las horas de radiación al día.

Adaptado de BlueSol, Energía Solar, 2020.

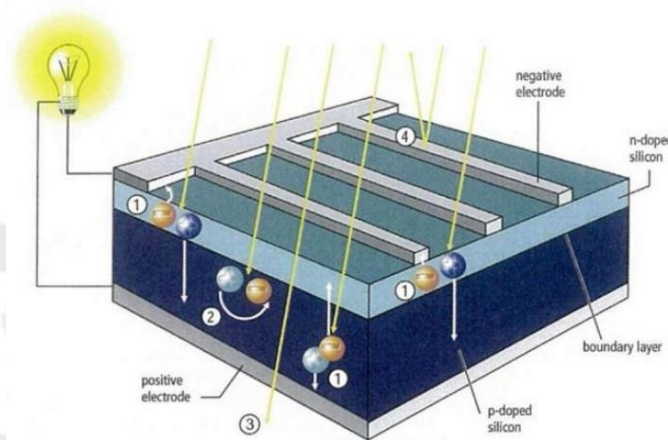
Este valor es sumamente importante a la hora de calcular sistemas fotovoltaicos, ya que son momentos en los que el panel fotovoltaico producirá un pico durante el día. Incluye reloj de sol. dos o tres horas antes y en la tarde soleada. El mediodía solar ocurre cuando los rayos del sol brillan en dirección norte-sur a lo largo de un meridiano local. Dado que el mediodía solar varía durante todo el año, en la mayoría de los casos será diferente del mediodía, hora civil (BlueSol, Energía Solar, 2020).

#### **2.11.4. Principio de funcionamiento de la celda fotovoltaica**

##### **2.11.4.1. Celda fotovoltaica**

Las células fotovoltaicas son los componentes principales del sistema fotovoltaico. responsable del cambio radiación solar en electricidad. Dado que una celda no es suficiente para generar alta potencia, los fabricantes combinan varias celdas y las sellan para protegerlas, creando un módulo fotovoltaico. Los módulos comerciales difieren en varios factores, como su capacidad para generar un potencial conocido como pico de potencia, factor de forma, área, etc. Y estos valores de sello

estarán disponibles en función del tipo de célula fotovoltaica utilizada (BlueSol, Energia Solar, 2020).



**Figura 26:** Celda fotovoltaica

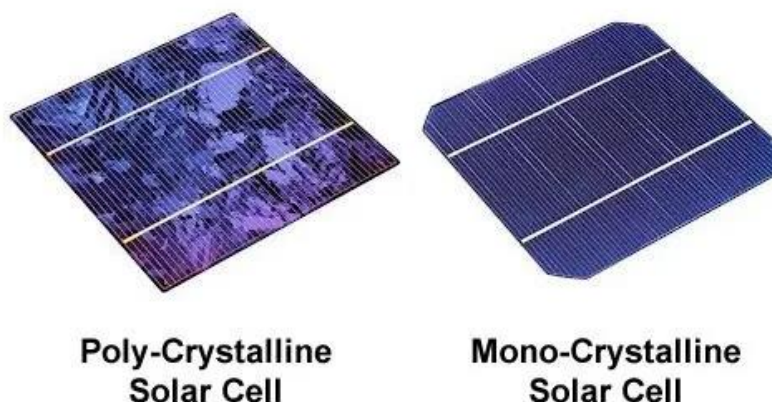
*Nota.* En la figura se muestra la representación de una célula fotovoltaica de silicio cristalizado. Adaptado de Bue Sol, 2019.

#### 2.11.4.2. Tipos de celdas fotovoltaicas.

**Silicio Monocristalino:** Uno de los métodos para la obtención de monocristales de silicio es el método Czochralski. En este proceso, se coloca una pepita de silicio en un recipiente de silicio policristalino y se levanta la pepita girando lentamente el conjunto. El grano de silicio guía los átomos de mosto para cristalizar en un solo cristal, de ahí el nombre: monocristal. Después de cortar el cristal en pepitas, el fósforo se deposita por difusión de vapor a 800–1200 °C, creando una red de contactos delanteros y traseros que recolectarán electrones debido al lanzamiento del efecto foto electrolítico. La parte posterior también tiene un revestimiento antirreflejante (BlueSol, Energia Solar, 2020).

**Silicio policristalino:** Uno de los métodos más comunes para producir silicio policristalino es la fundición de lingotes, donde el silicio en bruto se calienta en vacío a 1500 °C y luego se enfría a 800 °C. Puede usar el proceso de cristalización de silicio y agregar boro. Este proceso utiliza

menos energía. Se crearán bloques de silicona de 40x40 cm<sup>2</sup> con una altura de 30 cm. El proceso es un clon de silicio monocristalino con corte, tratamiento antirreflejos y formación de contactos frontales (BlueSol, Energia Solar, 2020).



**Figura 27:** Comparación entre silicio policristalino y silicio monocristalino

*Nota.* En la figura se muestra la diferencia entre silicio policristalino y silicio monocristalino. Adaptado de SUNMASTER, 2019.

**Tabla 11**

Material	Eficiencia en laboratorio	Eficiencia en producción	Eficiencia en producción en serie
Silicio Mono	24.7%	18.0%	14.0%
Silicio Poly	19.8%	15.0%	13.0%
Silicio Amorfo	13.0%	10.5%	7.5%
CIS, CIGS	18.8%	14.0%	10.0%
CdTe	16.0%	10.0%	9.0%

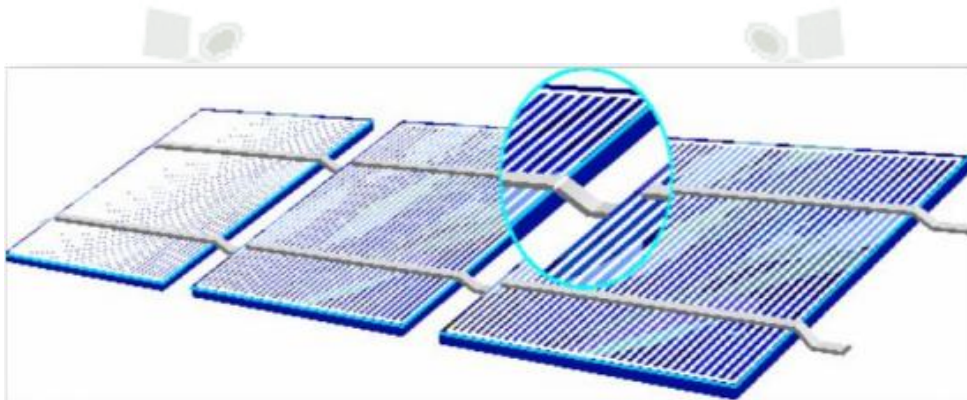
Eficiencia de los diferentes tipos de celdas fotovoltaicas

Fuente: Bue Sol, (2019).

## 2.12. Módulos fotovoltaicos.

La celda fotovoltaica hecha de silicio cristalino produce una diferencia de potencial de 0,46 a 0,56 voltios y un amperaje de aproximadamente 30mA/cm<sup>2</sup>. Las celdas comerciales producen

alrededor de 1A, 2.5A, 3A, 5A y 7A. Para obtener energía comercial, los fabricantes de módulos fotovoltaicos conectan las células fotovoltaicas, normalmente en serie, en un proceso de empalme que se realiza soldando los terminales de la parte delantera de la célula con la parte trasera de la siguiente, y así sucesivamente. Para construir un módulo con un voltaje nominal de 12 V, necesita conectar de 30 a 40 celdas generalmente 33, 36 o 40 (BlueSol, Energía Solar, 2020).



**Figura 28:** Conexión de células fotovoltaicas en serie

*Nota.* En la figura se muestra la conexión de varias células fotovoltaicas en serie para trabajar de 18,36 y 72 células. Adaptado BlueSol, Energía Solar, 2020.

- Características Físicas y Mecánicas: Los módulos solares comerciales son cuadrados o rectangulares. El grosor sin el marco no suele ser superior a 4 cm. No son demasiado pesados y, a pesar de su apariencia rígida, soportan ligeras deformaciones, adaptándose a los esfuerzos mecánicos (BlueSol, Energía Solar, 2020).
- Características eléctricas: La tensión nominal es la tensión estándar para la que está diseñado el módulo. La cantidad de células solares determinan este parámetro de acuerdo con la siguiente tabla (BlueSol, Energía Solar, 2020):

**Tabla 12**

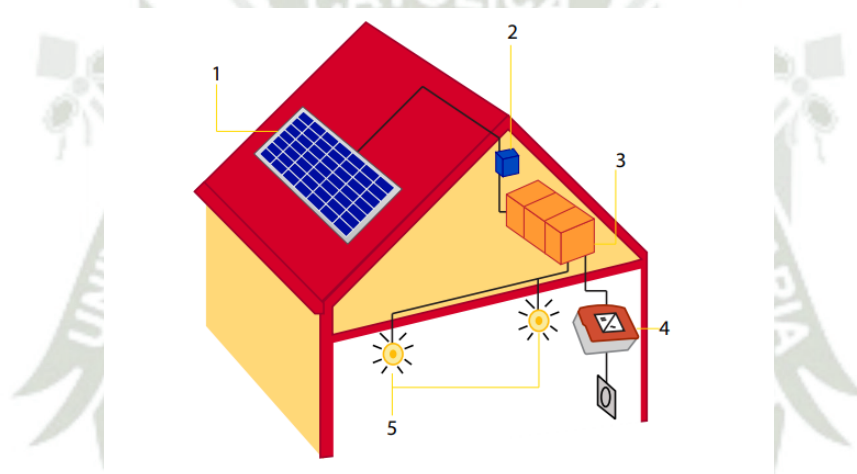
Número de Células	Tensión Nominal	Tensión en Circuito Abierto (Voc)
18 células	6 voltios	9.2 voltios
36 células	12 voltios	17.4 voltios
72 células	24 voltios	40.15 voltios

Valores de tensión en células fotovoltaicas

Fuente: BlueSol, Energía Solar, (2020).

### 2.13. Componentes de un sistema fotovoltaico autónomo

Un sistema fotovoltaico residencial autónomo generalmente tiene los siguientes componentes:



**Figura 29:** Componentes de un sistema fotovoltaico autónomo.

*Nota:* En la figura se puede observar un esquema de conexión de un sistema fotovoltaico autónomo. Adaptado de BlueSol, Energía Solar, 2020.

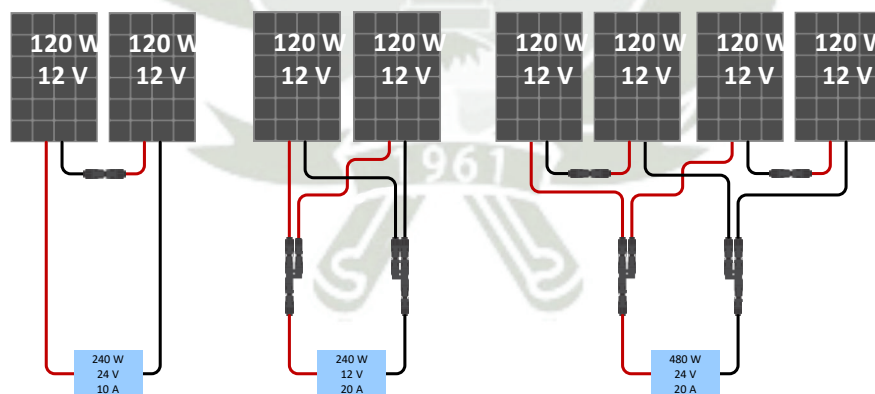
- Panel fotovoltaico
- Controlador de carga
- Banco de baterías
- Inversor para cargas AC
- Cableado

### 2.13.1. Panel solar fotovoltaico

Paneles fotovoltaicos para sistemas autónomos configurados para suministro de tensión entre 12, 24 y 48 voltios, siendo 12V y 24V los más comunes, pero 48V se utilizan en sistemas grandes. Los paneles están dimensionados para brindar potencial para un día promedio de uso. Esta energía se almacena en baterías o se utiliza inmediatamente en el caso de sistemas de energía solar que no necesitan ser almacenados (BlueSol, Energía Solar, 2020).

Los módulos de 36 o 72 celdas de uso común tienen clasificaciones de voltaje adecuadas para controladores de carga que no son MPPT. Además, la mayoría de los módulos para sistemas de aislamiento no tienen cables de conexión con conectores estándar (BlueSol, Energía Solar, 2020).

Asociación de Paneles Fotovoltaicos: El voltaje fotovoltaico de circuito abierto máximo no debe exceder los 150 V o 250 V según el modelo de cargador solar. La tensión fotovoltaica nominal debe ser al menos 5 V superior a la tensión de la batería. Los generadores fotovoltaicos se pueden construir a partir de paneles monocristalinos o policristalinos. Los paneles solares se conectan en serie, paralelo o serie/paralelo (BlueSol, Energía Solar, 2020).



**Figura 30:** Ejemplo de arreglo de paneles

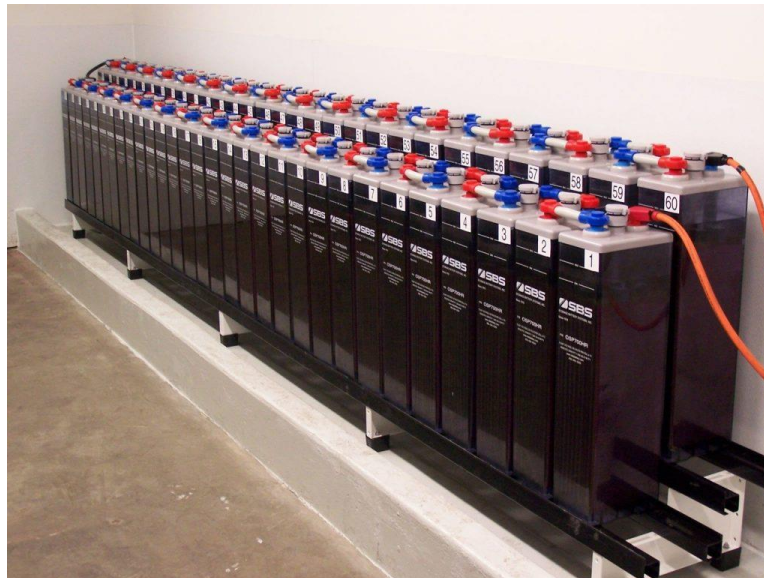
*Nota:* En la figura podemos observar arreglo de paneles en serie, paralelo y serie-paralelo indicando el voltaje y amperaje respectivo. Adaptado de Victron Energy, 2022.

### 2.13.2. Banco de Batería

Un banco de baterías consta de un número calculado de celdas conectadas en serie. y/o en paralelo para proporcionar la potencia requerida a la carga durante periodos autónomos en los que debe operar sin ser recargada por el string de paneles en días nublados (BlueSol, Energia Solar, 2020).

En un sistema aislado, la batería tiene las siguientes funciones:

- **Autonomía:** Esta es la función más importante, proporcionando energía para el consumo. El panel no puede generar suficiente energía. Esto sucede no solo por la noche, sino también durante las horas de lluvia o nubosidad, que puede variar cada día (BlueSol, Energia Solar, 2020).
- **Estabilidad de voltaje:** Los módulos solares tienen grandes fluctuaciones de voltaje dependiendo de la radiación recibida. La conexión de cargas de consumo directamente al módulo puede exponerlo a voltajes demasiado altos o bajos para que el módulo funcione. Las baterías tienen un rango de voltaje más estrecho que los módulos fotovoltaicos, lo que proporciona un rango operativo más amplio y uniforme para las cargas (BlueSol, Energia Solar, 2020).
- **Suministro de corriente alta:** la batería actúa como un amortiguador y proporciona una corriente de entrada alta. Algunos dispositivos (como los motores) requieren una corriente alta (de 4 a 9 veces su corriente nominal) para arrancar y estabilizarse y luego usar una corriente más baja. en segundos. Otros dispositivos que consumen mucha energía funcionan durante períodos breves, pero consumen mucha energía. Las baterías proporcionan este alto rendimiento temporal y el string de paneles se cargan lentamente durante el día (BlueSol, Energia Solar, 2020).

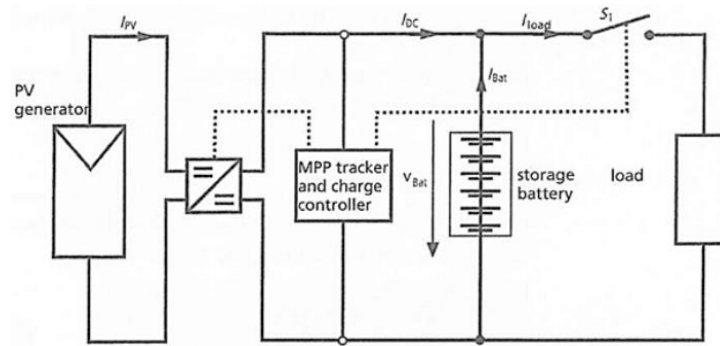


**Figura 31:** Banco de baterías

*Nota:* En la figura puede observar un banco de baterías conectado en serie a 48V. Adaptado de Rodríguez, P. L., 2021.

### 2.13.3. Controlador de Carga (MPPT)

Dado que el voltaje de la batería determina el punto de funcionamiento del panel solar y la mayor parte del tiempo funcionará fuera del punto de máxima potencia, es posible que un controlador de carga tipo o un controlador de carga en serie no se pueda utilizar por completo. de energía solar disponible. La pérdida de energía puede variar del 10 % al 40 % según el voltaje, la radiación y la temperatura de la batería. Estas pérdidas se pueden evitar utilizando un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia. (MPPT) es básicamente un convertidor DC/DC regulado. La sintonización se realiza mediante MPPT, que examina la curva característica I-V del campo óptico (aproximadamente) cada 5 minutos para determinar el punto de máxima potencia y ajusta el convertidor DC/DC para maximizar la potencia. Cargue la batería al voltaje de línea de operación. La eficiencia del convertidor DC/DC es de aproximadamente 90% a 96% (BlueSol, Energía Solar, 2020).



**Figura 32:** Esquema de MPPT

*Nota:* En la figura podemos observar el esquema de funcionamiento de un controlador MPPT en el sistema fotovoltaico. Adaptado de BlueSol, Energía Solar, 2020.

El uso de controladores MPPT solo es útil para sistemas con una potencia de 200Wp a más. Esto se debe a que las pérdidas del convertidor CC/CC son mayores que las ganancias a baja potencia. debido a una mayor complejidad, para aislar la electrónica, los controladores MPPT son más caros que los controladores en serie y en derivación y son beneficiosos para su uso en sistemas con picos de potencia superiores a 500Wp (BlueSol, Energía Solar, 2020).



**Figura 33:** Controlador de carga MPPT

*Nota.* En la figura podemos observar un controlador de carga BlueSolar MPPT. Adaptado de Victron Energy, 2022.

#### 2.13.4. Inversor de Corriente

Los sistemas fotovoltaicos generan, almacenan y utilizan energía eléctrica en forma de corriente continua (DC). Los dispositivos que funcionan con corriente alterna (AC) requieren un convertidor que transforma 12 V, 24 V y 48 V DC a 110 V o 220 V de corriente alterna. Esta es una característica de los inversores autónomos utilizados en energía fotovoltaica (BlueSol, Energía Solar, 2020).

Según la forma de onda de salida, los inversores autónomos se pueden clasificar en:

**Inversor de onda cuadrada:** Es el tipo más económico. La ondulación de salida contiene muchos armónicos no deseados que provocan interferencias y pérdidas de potencia en algunos dispositivos. Suelen utilizarse con cargas pequeñas (televisores, portátiles, etc.) y no son adecuados para motores. La distorsión armónica es de hasta un 40 % y la eficiencia es de aproximadamente un 60 % (BlueSol, Energía Solar, 2020).

**Inversores de Onda Senoidal Modificada:** Son los inversores con mejor relación costo-beneficio. Las formas de onda de salida no son ondas senoidales puras, pero son casi idénticas. Puede alimentar casi cualquier carga, pero no se recomienda para dispositivos electrónicos más avanzados. Tiene alrededor del 20% de distorsión armónica y alrededor del 90% de eficiencia (BlueSol, Energía Solar, 2020).

**Inversor de onda senoidal pura:** tiene una forma de onda de salida igual a la red de suministro de distribución. Son adecuados para alimentar dispositivos electrónicos más sensibles. Ahora se usa más que cualquier otro tipo de inversor. Sin distorsión armónica o problemas de estabilidad de voltaje. Son más caros que los inversores de onda sinusoidal modificada o de onda cuadrada (BlueSol, Energía Solar, 2020).



**Figura 34:** *Inversor autónomo*

Nota: En la figura podemos observar un inversor autónomo de onda senoidal pura. Adaptado de Victron Energy (2022).

#### **2.13.5. Cableado**

No se puede utilizar el mismo cableado en un sistema fotovoltaico completo. Diferentes partes del sistema tienen diferentes funciones y requisitos. Las siguientes tres categorías distintas existen en un sistema fotovoltaico dado: (Balfour, Shaw, & Nash, 2018).

- Cableado del módulo (también llamado cableado de strings): Se utiliza para conectar los módulos entre sí y para conectar el conjunto de módulos fotovoltaicos a la caja de conexiones del generador. Los cables de cadena generalmente se instalan fuera del marco. Puede que no haya ánodo y cátodo en el mismo cable. Los cables unipolares y de doble aislamiento son una solución fiable. Al elegir un cable, tenga en cuenta la temperatura ambiente. Los fabricantes de techos diseñan sus productos para resistir hasta 70 grados Celsius. Los alambres y cables utilizados en los sistemas fotovoltaicos de techo deben soportar temperaturas más altas, hasta 90 grados centígrados (Balfour, Shaw, & Nash, 2018).

- Cable principal de corriente continua (DC): El cable de DC principal conecta al inversor a través del disyuntor de DC. El uso de cables con cubierta sólida en redes de DC positivas y negativas brinda protección contra cortocircuitos y fallas a tierra. Cuando se utiliza un cable de varios hilos, no puede fluir corriente a través del cable de tierra. Las regulaciones que afectan la instalación de cables troncales de DC varían según la región, siga siempre las normas locales (Balfour, Shaw, & Nash, 2018).
- Cable de conexión de corriente alterna (AC): Los cables de conexión de CA conectan el inversor a la red eléctrica. Los tipos comunes de cables de conexión de CA incluyen NYM, NYCWY y NYY (Balfour, Shaw, & Nash, 2018).



**Figura:** *Cable solar flexible*

*Nota:* En esta imagen podemos observar a detalle las partes que tiene el cable solar. (Mkt, T., 2022)



## **CAPITULO I I I**

### **3. MARCO METODOLOGICO**

#### **3.1. Tipo de Investigación**

Esta investigación es de tipo no experimental, porque se quiere demostrar la dependencia entre dos variables, a partir de la recogida de datos.

#### **3.2. Nivel de Investigación**

La investigación es de nivel transversal, porque se va a levantar información a través de un periodo de tiempo.

#### **3.3. Diseño de Investigación**

El diseño de investigación es aplicativo, se recogieron los datos previa planificación.

#### **3.4. Técnicas e Instrumentos de Levantamiento de Datos**

La técnica de investigación a utilizar fue observación directa, haciendo la inspección encontramos que el sistema de iluminación no contaba con una correcta distribución de sus luces y la falta de iluminación, además se logró observar las precarias instalaciones eléctricas en todo el sistema de iluminación, también se logró obtener el dimensionamiento de la pista de aterrizaje y áreas libres aledañas a la pista de aterrizaje.

Se utilizará el programa AutoCAD para elaborar un plano de perímetro de la base aérea, AutoCAD Electrical para realizar los esquemas eléctricos, software y páginas de los proveedores de paneles solares para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico y Nasa power prediction of worldwide para determinar la radiación del lugar.

#### **3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Se realizará un plano perimétrico del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva. recopilando datos de campo y datos documentales, se visualizó y se midió la radiación solar en las

áreas posibles para la implementación de los paneles solares, uso del estándar internacionales para la mejora y distribución del sistema de iluminación, obtención del cuadro de cargas del sistema de iluminación de la pista de aterrizaje para dimensionar el sistema solar autónomo a instalar.





## **CAPITULO IV**

## 4. ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL DE LA PISTA

### 4.1. Luces

Cuenta con un sistema de iluminación que no cumple con los requisitos mínimos para asignar una categoría de pista, también se encuentran equipos inoperativos y sin un soporte adecuado para su sujeción que se visualiza en la figura N°35.

### 4.2. Cableado

El cableado actual es muy precario y se encuentra expuesto a la radiación solar y de diferentes tipos como cable mellizo y cable vulcanizado, el dimensionamiento del cable utilizado no sería el correcto ni el adecuado para la actividad requerida que se visualiza en la figura N°35.



**Figura 35:** Equipo de luz de calle de rodaje

*Nota.* En la figura se observa el actual equipo de luz de calle de rodaje del grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva, el cual posee un cableado mellizo de alimentación. Elaboración propia.

### 4.3. Ducteria

Actualmente no cuenta con ningún tipo de ducteria para la conexión entre equipos de luces de la pista de aterrizaje, además no cuenta con ducteria que comunique los sistemas de iluminación con los tableros generales, dejando de una forma expuesta el cableado eléctrico que se visualiza en la figura N°36.



**Figura 36:** *Equipo de luz de extremo de pista*

*Nota.* En la figura se observa que el cable este tendido sobre la pista la cual y expuesto al sol, lo cual afecta sus características técnicas. Elaboración propia.

### 4.4. Tablero de alimentación

Actualmente no se tiene un tablero de alimentación con una correcta distribución y no cumple con el código nacional de electricidad, así mismo el tablero no cuenta con una tapa y expone a las personas a sufrir una descarga eléctrica, como se visualiza en la figura N°37



**Figura 37:** *Tablero eléctrico del sistema de iluminación de la pista*

*Nota.* En la figura se observa el tablero del sistema de iluminación de la pista de aterrizaje del grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva, el cual no cumple con las normas técnicas.

Elaboración propia.

#### **4.5. Panel de control**

Actualmente no cuenta con un panel de control para poder activar las luces de iluminación y demás equipos requeridos en la torre de control, todo el sistema de iluminación funciona con una llave termomagnética general que se puede visualizar en la figura N°37.

#### **4.6. Energía de respaldo**

Actualmente la pista de aterrizaje no cuenta con ninguna energía de respaldo, basándose solo al suministro eléctrico de la empresa de distribución.



## CAPITULO V

## 5. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORA

### 5.1. Datos Informativos

El aeródromo del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva se encuentra ubicado en el distrito de la Joya- Vitor, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa.



**Figura 38:** Imagen del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva tomada desde Google Earth.

*Nota:* En la imagen se logra observar la ubicación del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva. Elaboración propia, 2022

El aeródromo del Grupo aéreo N°2 permite el aterrizaje de:

- Aviones
  - Boeing 735
  - L100-10 hércules
  - AN32 Antonov
  - C27J Spartan
  - Kc-130

- Kt1p
- T41d
- Helicópteros
  - Mi17
  - Mi25
  - B212
  - B412

El perímetro del aeródromo está limitado por los siguientes vértices de coordenadas.

**Tabla 13**

**CUADRO DE CONSTRUCCION**

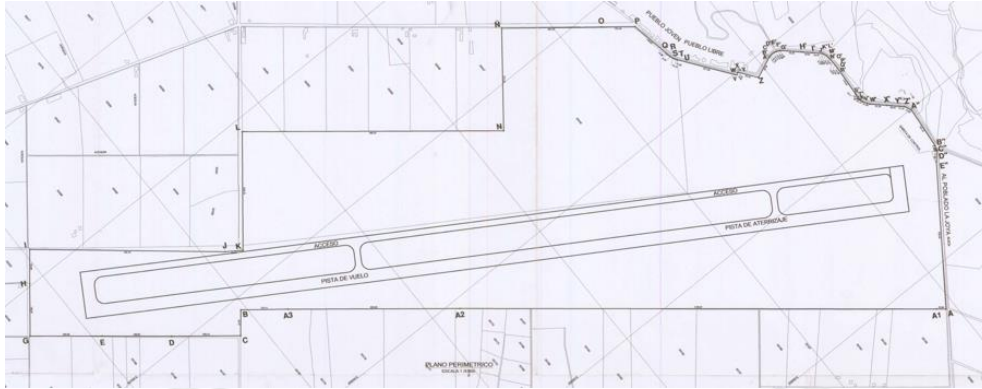
VERTICE	LADO	DISTANCIA	ANGULO	ESTE	NORTE
P1	P1-P2	33.86	85°52'41"	839141.2109	8182466.3437
P2	P2-P3	1724.97	180°17'31"	839119.7717	8182440.1390
P3	P3-P4	620.95	180°20'46"	838034.3006	8181099.3509
P4	P4-P5	170.11	180°33'39"	837646.4774	8180614.5594
P5	P5-P6	94.07	268°48'4"	837541.5418	8180480.6779
P6	P6-P7	249.13	90°53'41"	837614.3528	8180421.1084
P7	P7-P8	249.81	179°30'6"	837459.6311	8180225.8512
P8	P8-P9	260.85	180°18'29"	837302.7872	8180031.4148
P9	P9-P10	189.87	90°0'0"	837140.1065	8479827.5089
P10	P10-P11	123.86	179°43'25"	836991.6880	8179945.9211
P11	P11-P12	704.1	89°25'31"	836895.2439	8180023.6311
P12	P12-P13	65.79	184°59'17"	837342.4877	8180567.4393
P13	P13-P14	428.76	265°55'40"	837379.7018	8180621.6942
P14	P14-P15	944.37	89°52'25"	837044.2369	8180888.7159
P15	P15-P16	370.63	270°50'38"	837633.9962	8181626.2955
P16	P16-P17	361.33	89°29'5"	837341.1433	8181853.4680
P17	P17-P18	121.54	179°56'28"	837565.1708	8182136.9649
P18	P18-P19	149.63	138°46'22"	837640.6266	8182232.2496
P19	P19-P20	15.69	182°4'3"	837787.7978	8182259.2528
P20	P20-P21	9.7	184°6'29"	837803.1167	8182262.6390
P21	P21-P22	10.17	189°1'19"	837812.4103	8182265.4047
P22	P22-P23	11.2	186°56'56"	837821.5784	8182269.7962
P23	P23-P24	221.28	184°12'31"	837831.0213	8182275.8221
P24	P24-P25	8.06	273°44'13"	838008.3166	8182408.2250

P25	P25-P26	1.16	153°18'3"	838003.0813	8182414.3571
P26	P26-P27	2.64	162°5'3"	838002.8038	8182415.4878
P27	P27-P28	76.78	131°6'26"	838002.9938	8182418.1217
P28	P28-P29	82.81	255°56'11"	838064.3256	8182464.3072
P29	P29-P30	5.11	173°5'18"	838032.0780	8182540.5824
P30	P30-P31	9.78	172°29'46"	838030.6691	8182545.4940
P31	P31-P32	9.74	166°51'20"	838029.2237	8182555.1631
P32	P32-P33	10.01	163°31'22"	838030.0120	8182564.8718
P33	P33-P34	10.08	168°23'41"	838032.6228	8182574.5348
P34	P34-P35	4.82	170°14'37"	838037.1550	8182583.5362
P35	P35-P36	79.76	173°26'2"	838040.0235	8182587.4155
P36	P36-P37	34.91	180°49'36"	838094.4698	8182645.7054
P37	P37-P38	34.75	178°30'38"	838117.9306	8182671.5602
P38	P38-P39	5.1	165°1'4"	838141.9443	8182696.6803
P39	P39-P40	4.95	174°15'52"	838145.2981	8182699.3282
P40	P40-P41	9.92	169°58'10"	838150.7656	8182701.4660
P41	P41-P42	10.02	174°39'52"	838160.3255	8182704.1247
P42	P42-P43	14.91	174°34'43"	838170.1823	8182705.8993
P43	P43-P44	10.04	178°12'58"	838185.0389	8182707.1429
P44	P44-P45	15.82	176°32'32"	838195.0671	8182707.6686
P45	P45-P46	10.38	178°56'56"	838210.8902	8182707.5424
P46	P46-P47	110.24	177°45'32"	838221.2656	8182707.2687
P47	P47-P48	9.71	173°29'49"	838331.2685	8182700.0551
P48	P48-P49	8.88	157°28'28"	838340.8235	8182698.3264
P49	P49-P50	22.12	235°16'11"	838348.2883	8182693.5194
P50	P50-P51	27.88	190°34'33"	838368.7278	8182701.9813
P51	P51-P52	61.76	193°41'38"	838392.0919	8182717.1920
P52	P52-P53	46.57	180°22'29"	838434.3989	8182762.1800
P53	P53-P54	17.73	179°22'6"	838466.0791	8182796.3125
P54	P54-P55	27.5	158°15'23"	838478.2809	8182809.1716
P55	P55-P56	154.13	149°53'0"	838503.2559	8182820.6898
P56	P56-P57	9.76	169°49'24"	838656.7098	8182806.2974
P57	P57-P58	8.85	180°10'22"	838666.1176	8182803.6823
P58	P58-P59	41.82	153°8'20"	838674.6541	8182801.3370
P59	P59-P1	532.84	187°3'24"	838705.6261	8182773.2308

Datos técnicos – Vértices de Coordenadas del perímetro del grupo Aéreo N°2 Coronel  
FAP Marco Schenone Oliva

Fuente: Ministerio de Defensa – Fuerza Aérea del Perú ALA AÉREA N°3, (2005).

A continuación, se puede observar la unión de estas coordenadas.



**Figura 39:** Perímetro del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva.

*Nota.* En la figura se puede observar el perímetro del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva conformado por los puntos de coordenadas de la Tabla 1. Adaptado de “Ministerio de Defensa – Fuerza Aérea del Perú ALA AÉREA N°3”, 2005.

## 5.2. Análisis de Factibilidad

### 5.2.1. Factibilidad Operativa

Las ventajas del sistema de iluminación desarrollan una mayor operatividad y eficacia en las maniobras de navegación, permitiendo una identificación de la ubicación del sistema de aproximación para el aterrizaje, parqueo y atraque de aeronaves, así como el despegue en una pista de aterrizaje en horario nocturno o condiciones ambientales desfavorables.

La ventaja de un sistema autónomo es desarrollar una mayor operatividad sin depender del suministro eléctrico de la empresa distribuidora.

### **5.3. Características técnicas de la pista del aeródromo del Grupo Aéreo N°2 Coronel**

#### **FAP Marco Schenone Oliva**

##### **5.3.1. Características del Aeródromo.**

El aeródromo del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva en La Joya, tiene las siguientes características:

- Pista de aterrizaje 3010m x 45m.
- Calle de rodaje paralela de 3000m x 22m.
- Calle de rodaje

La pista de aterrizaje tiene designado los siguientes números de orientación:

- 03 : Para el umbral de pista
- 21 : Para el extremo de pista

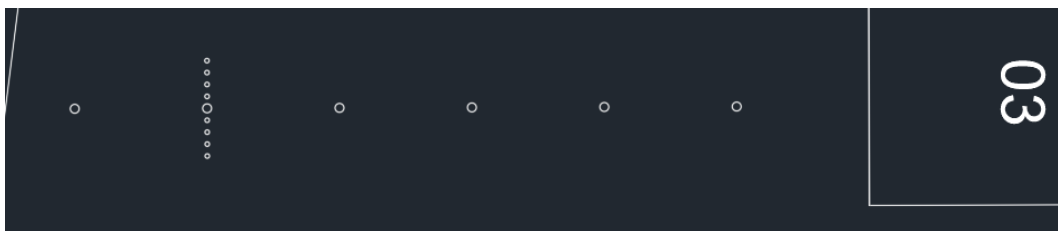
##### **5.4. Ayudas visuales iluminadas para la navegación aérea**

Como propuesta de mejora se opta por una pista para aproximaciones de precisión de Categoría I, debido a que el clima y la visibilidad en la que se ubica el aeródromo es óptima todo el año.

##### **5.5. Sistema de iluminación de aproximación de precisión**

Es un conjunto de luces que le brindan al piloto la percepción de una línea imaginaria sobre el eje de la pista. Estas luces están distribuidas a 30m del umbral de pista y están separadas entre 30m.

Según las características de la pista de aterrizaje, la cabecera de pista se reconoce por el número “03”. Las luces son de color blanco, fijas y de intensidad variable.

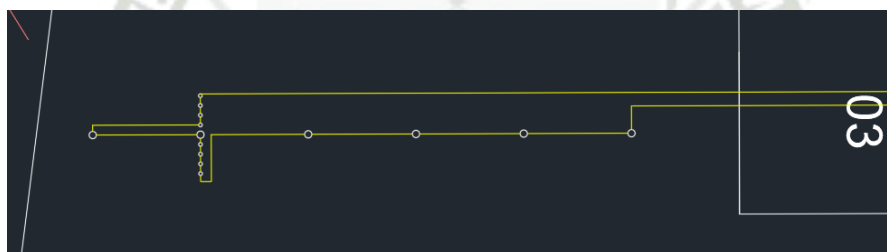


**Figura 40:** Distribución de las luces del sistema de aproximación

*Nota.* En la figura se observa la distribución de luces del sistema de iluminación de aproximación.

Elaboración propia.

Debido a que el perímetro de la base aérea en el lado de cabecera de pista “03” es una limitante para instalar un sistema de aproximación de CAT-I tal como recomienda el *Manual de Proyecto de Aeródromos - Parte 4 Ayudas visuales* de la OACI (2004) es que se instale tal como se muestra en la figura 41.



**Figura 41:** Instalación del sistema de iluminación para aproximación de CAT-I

*Nota.* En la figura se muestra la distribución de las luces en un circuito en serie. Elaboración propia.

Esta instalación contará con:

**Tabla 14**

Circuito	Color	Potencia unitaria (W)	Cantidad	Total (W)
Aproximación	Blanco	150	14	2100

Tabla de cargas de luces de aproximación lado de cabecera 03

Fuente: Elaboración propia.

El equipo por utilizar para el sistema de aproximación será:



**Figura 42:** *Equipo de luz de aproximación*

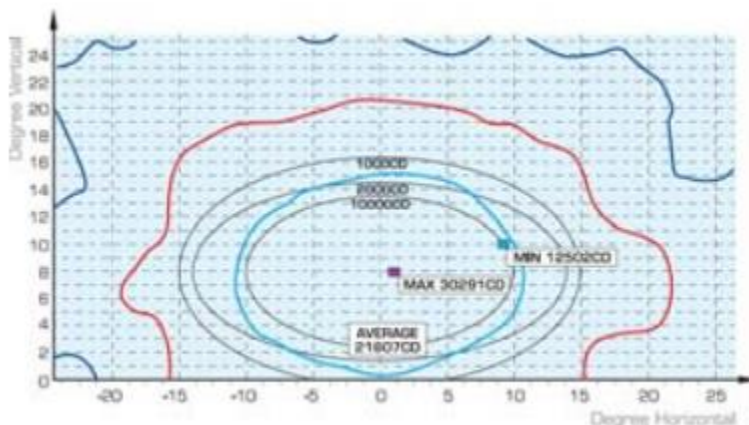
*Nota.* En la figura se muestra el equipo de luz de aproximación. Adaptado de “Inset high intensity light” de Youyang, 2015.

El equipo de aproximación de pista cumple con las normas:

- OACI: Anexo 14, Vol. 1, Apartado 5.4.4
- IEC 61827
- FAA: AC 150/5345-46, E-982, L-860E

Los equipos EHL(L) es una luz elevada multifuncional usada para varias aplicaciones como:

- Luces de aproximación de precisión CAT-I, II y III



**Figura 43:** Diagrama fotométrico de equipo de luz de aproximación

*Nota.* En la figura se observa los diagramas de isocandelas del equipo de luz de aproximación. Adaptado de “Luz elevada unidireccional de alta intensidad” de Youyang, 2014.

**Tabla 15**

Color	Ángulo	Intensidad OACI (cd)	Horas de iluminación (hr)
Blanco	0-13.5° V ± 10 H	5000 - 20000	50000

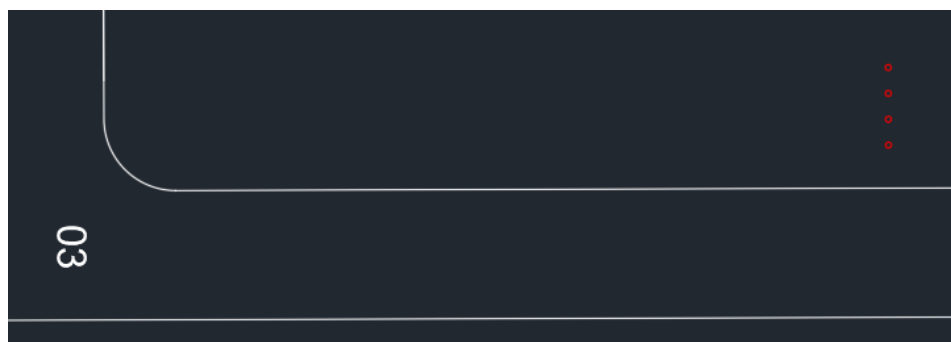
Características fotométricas de luz de aproximación

Fuente: Youyang, 2014.

### 5.6. Sistema de aproximación de pendiente PAPI

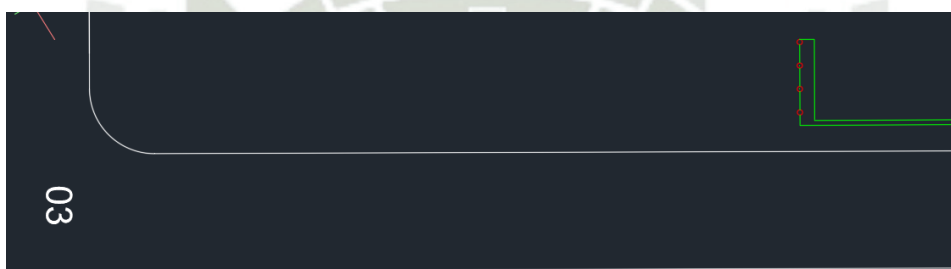
Este sistema proporciona información visual para establecer la senda de descenso hacia la pista.

La ubicación de las luces PAPI estarán a 320m desde el umbral de pista.



**Figura 44:** *Distribución de las luces de aproximación de pendiente PAPI*

*Nota.* En la figura se observa la ubicación de las luces de aproximación de pendiente PAPI. Elaboración propia.



**Figura 45:** *Instalación de las luces de aproximación de pendiente PAPI*

*Nota.* En la figura se observa la distribución de las luces PAPI en un circuito en serie. Elaboración propia.

**Tabla 16**

Circuito	Color	Potencia unitaria (W)	Cantidad	Total (W)
PAPI 03	Blanco-Rojo	200	8	1600

Tabla de cargas de luces de aproximación de pendiente PAPI

Fuente: Elaboración propia

El equipo por utilizar para el sistema de pendiente de aproximación será:



**Figura 46:** *Indicador de precisión unidad PAPI 400*

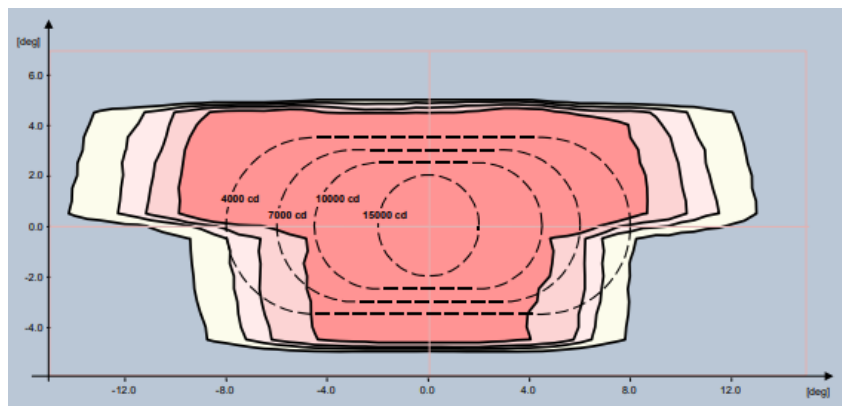
*Nota.* En la figura se muestra el equipo que se utilizara para esta propuesta de mejora, PAPI 400. Adaptado de “Balizamiento Unidad PAPI 400 Indicador de Precisión de Pendiente” de Youyang, 2019.

El equipo de Unidad PAPI 400 cumple con las normas de:

- OACI: Anexo 14, Vol. 1 Apartado 5.3.5 / Apéndice 2
- FAA: AC 150/5345-28, L-880

Los equipos de Unidad PAPI 400 tienen aplicaciones en:

- Aeródromos permanentes y temporales
- Helipuertos
- Operaciones militares



**Figura 47:** Prestaciones fotométricas

*Nota.* En la figura se muestra las características fotométricas del equipo Unidad PAPI 400 en base a la normativa de la OACI. Adaptado de “Indicador de precisión de la senda de aproximación” de Ocem, 2017.

**Tabla 17**

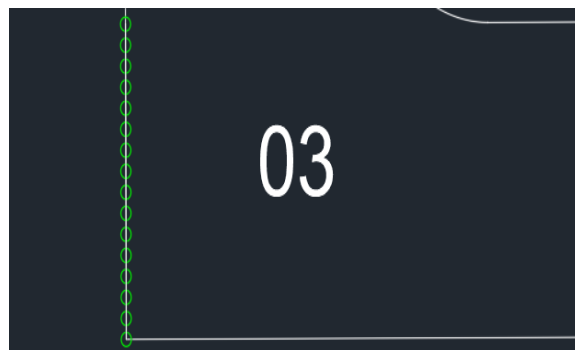
Color	Ángulo	Intensidad OACI (cd)	Horas de iluminación (hr)
Blanco-Rojo	$\pm 3^\circ$ V $\pm 6^\circ$ H	4000 - 15000	3000

Características fotométricas de Unidad PAPI 400

Fuente: Ocem, (2017).

### 5.7. Sistema de iluminación de umbral de pista

Es un conjunto de luces situadas en el inicio de la pista de aterrizaje, son de color verde y unidireccionales en el sentido del sistema de aproximación, están colocadas a una distancia de 3m una de otra de forma que simulen una línea de color verde en el inicio de la pista. Adicionalmente habrá luces que sean bidimensionales, verde del lado del sistema de aproximación y rojo del lado opuesto.



**Figura 48:** *Distribución de las luces de identificación de umbral de pista*

*Nota.* En la figura se muestra la distribución de las luces del umbral de pista. Elaboración propia.

La instalación del sistema de iluminación del umbral de pista será tal como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 49:** *Instalación del sistema de iluminación de umbral de pista*

*Nota.* En la figura se muestra la instalación en serie de las luces de umbral de pista. Elaboración propia.

La instalación contará con:

**Tabla 18**

Círculo	Color	Potencia unitaria (W)	Cantidad	Total (W)
Umbral 03	Verde	200	16	3200

Tabla de cargas de luces de umbral de pista

Fuente: Elaboración propia.

El equipo por utilizar para el sistema de pendiente de aproximación será:



**Figura 50:** *Equipo de luz de umbral de pista*

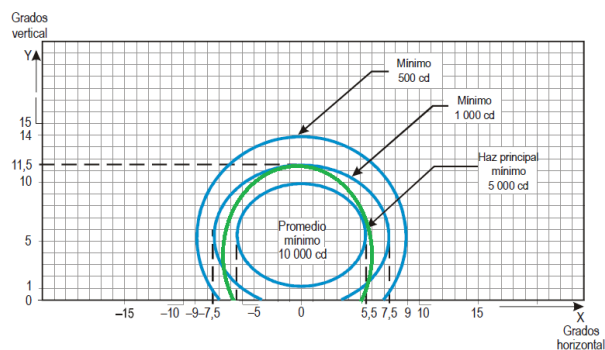
*Nota.* En la figura se muestra el equipo de luz de umbral de pista. Adaptado de “Luz empotrada de alta intensidad” de Youyang, 2017.

El equipo de luz de umbral de pista cumple con las normas:

- OACI: Anexo 14, Vol. 1, Apartado 5.3.10
- FAA: AC 150/5345-46 A, L-850C

Los equipos de luz de umbral de pista tienen aplicaciones en:

- Pista de CAT-I, II y III



**Figura 51:** Características fotométricas del equipo de luz de umbral

*Nota.* En la figura se muestra las características fotométricas del equipo de luz de umbral en base a la normativa de la OACI. Adaptado de “Luz empotrada de alta intensidad” de Youyang, 2017.

**Tabla 19**

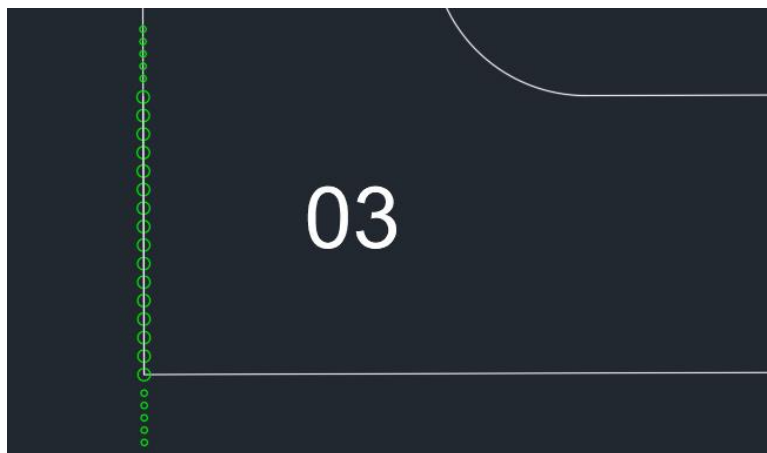
Color	Ángulo	Intensidad OACI (cd)	Horas de iluminación (hr)
Verde	1-10° V ± 5.5° H	10000	100000

Características fotométricas de luz de umbral de pista

Fuente: Youyang, (2017).

### 5.8. Sistema de iluminación de barra de ala de umbral de pista

Estas luces se instalarán al costado de las luces de umbral de pista y deberán ser dos grupos, cada grupo no debe contar con menos de cinco luces. Las luces son de color verde y unidireccionales.



**Figura 52:** *Distribución de las luces de barra de ala de umbral de pista*

*Nota.* En la figura se muestra la distribución de las luces de barra de ala de umbral de pista. Elaboración propia.

La instalación del sistema de iluminación barra de ala del umbral de pista será tal como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 53:** *Instalación de luces de barra de ala de umbral*

*Nota.* En la figura se muestra la instalación del sistema de iluminación de barra de ala de umbral de pista, esta instalación será en serie y estará unido al circuito del umbral de pista. Elaboración propia.

La instalación contará con:

**Tabla 20**

Circuito	Color	Potencia unitaria (W)	Cantidad	Total (W)
Umbral	Verde	200	10	2000

Tabla de cargas de luces de ala de umbral de pista

Fuente: Elaboración propia.

NOTA: Los equipos utilizados para el Ala de umbral de pista serán los mismos que el Umbral de pista.

### 5.9. Sistema de iluminación de borde de pista

Este conjunto de luces está ubicado a 3m del borde de pista y están separadas 60m una a la otra en el sentido del eje de la pista, son de color blanco y son visibles en todos los ángulos del azimut. En los últimos 600m de la pista se instalarán luces de color amarillo.



**Figura 54:** *Distribución de las luces de borde pista*

Nota. En la figura se muestra la distribución de las luces de borde de pista. Elaboración propia.



**Figura 55:** *Instalación de las luces de borde de pista*

Nota. En la figura se muestra la instalación de las luces de borde pista, son dos circuitos en serie. Elaboración propia.

La instalación contara con:

**Tabla 21**

Circuito	Color	Potencia unitaria (W)	Cantidad	Total (W)
Borde CKT-1	Blanco	150	50	7500
Borde CKT-2	Blanco	150	50	7500

Tabla de cargas de luces de borde de pista

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 56:** *Equipo de luz de borde de pista*

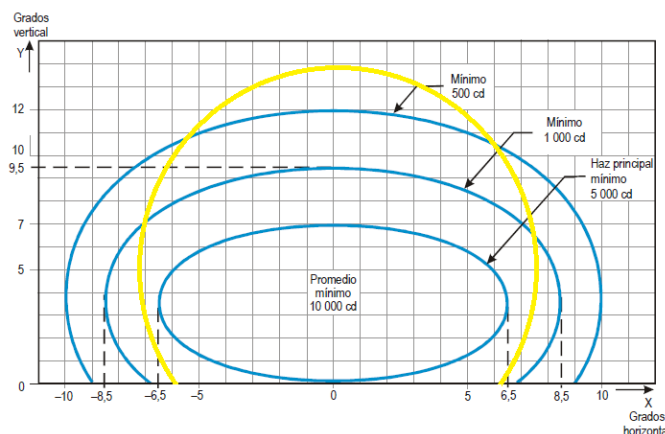
*Nota.* En la figura se muestra el equipo de luz de borde pista. Adaptado de “Luz empotrada de alta intensidad” de Youyang, 2017.

El equipo de luz de borde de pista cumple con las normas:

- OACI: Anexo 14, Vol. 1, Apartado 5.3.9
- FAA: AC 150/5345-46 A, L-850C

Los equipos de luz de umbral de pista tienen aplicaciones en:

- Pista de CAT-I, II y III



**Figura 57:** Características fotométricas del equipo de luz de borde de pista

*Nota.* En la figura se muestra las características fotométricas del equipo de luz de borde de pista en base a la normativa de la OACI. Adaptado de “Luz empotrada de alta intensidad” de Youyang, 2017.

**Tabla 22**

Color	Ángulo	Intensidad OACI (cd)	Horas de iluminación (hr)
Blanco	0-7° V ± 6.5° H	10000	100000

Características fotométricas del equipo de luz de borde de pista

Fuente: Youyang, (2017).

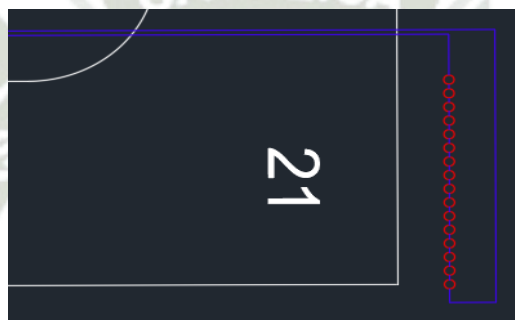
### 5.10. Sistema de iluminación de extremo de pista

Estas luces se instalarán en la parte final de la pista de aterrizaje, son de color rojo y son unidireccionales. Las luces están separadas una de la otra en 3m de manera que se muestre una línea de color rojo en el final de la pista.



**Figura 58:** Luces de extremo de pista

*Nota.* En la figura se observa la distribución de las luces de extremo de pista. Elaboración propia.



**Figura 59:** Instalación de las luces de extremo de pista

*Nota.* En la figura se muestra la instalación de las luces de extremo de pista, es un circuito en serie. Elaboración propia.

La instalación contará con:

**Tabla 23**

Circuito	Color	Potencia unitaria (W)	Cantidad	Total (W)
Ext CKT-1	Rojo	200	16	3200

Tabla de cargas de luces de extremo de pista

Fuente: Elaboración propia.

El equipo por utilizar para el sistema de iluminación de extremo de pista será:



**Figura 60:** *Equipo de luz de extremo de pista*

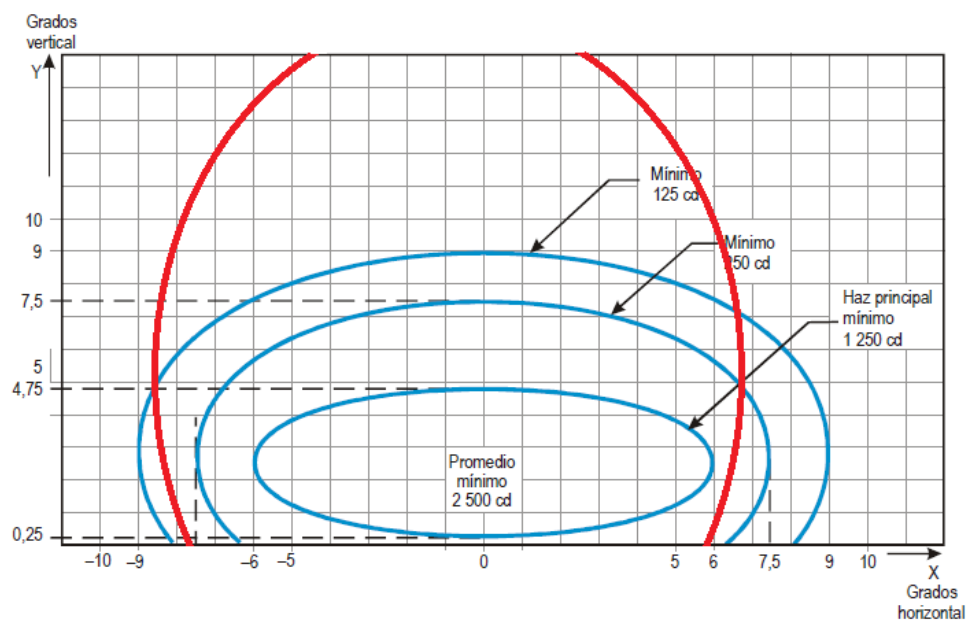
*Nota.* En la figura se muestra el equipo de luz de borde pista. Adaptado de “Luz empotrada de alta intensidad” de Youyang, 2017.

El equipo de luz de extremo de pista cumple con las normas:

- OACI: Anexo 14, Vol. 1, Apartado 5.3.11
- FAA: AC 150/5345-46 A, L-850C

Los equipos de luz de umbral de pista tienen aplicaciones en:

- Pista de CAT-I, II y III



**Figura 61** Características fotométricas de luz de extremo de pista

*Nota.* En la figura se muestra las características fotométricas del equipo de luz de extremo de pista en base a la normativa de la OACI. Adaptado de “Luz empotrada de alta intensidad” de Youyang, 2017.

**Tabla 24**

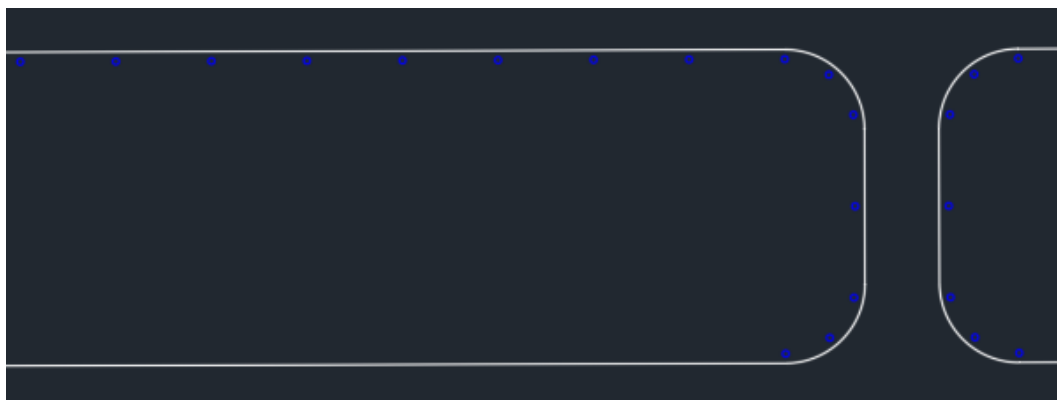
Color	Ángulo	Intensidad OACI (cd)	Horas de iluminación (hr)
Rojo	0.25 – 4.75° V ± 6° H	2500	100000

Características fotométricas de luz de extremo de pista

Fuente: Youyang, 2017.

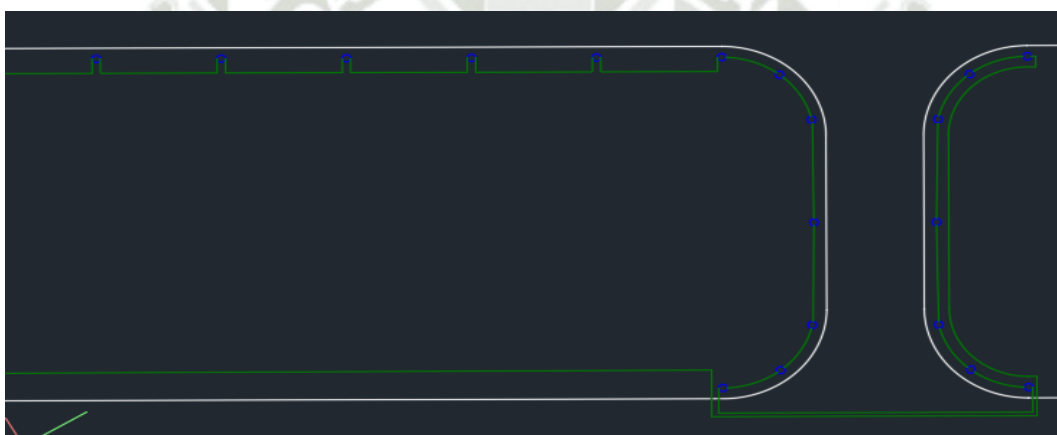
### 5.11. Sistema de iluminación de calle de rodaje

Este conjunto de luces está ubicado en el borde de las calles de rodaje, son de color azul y son visibles en todos los ángulos del azimut. Las luces están separadas una de otras en 13m en las curvas de calle de rodaje y 60m en calles de rodaje de tramo rectilíneo.



**Figura 62:** *Distribución de luces de borde de calle de rodaje*

*Nota.* En la figura se muestra la distribución de las luces de borde de calle de rodaje. Elaboración propia.



**Figura 63:** *Instalación de luces de borde de calle de rodaje*

*Nota.* En la figura se muestra la instalación de las luces de borde de calle de rodaje. Elaboración propia.

La instalación contará con:

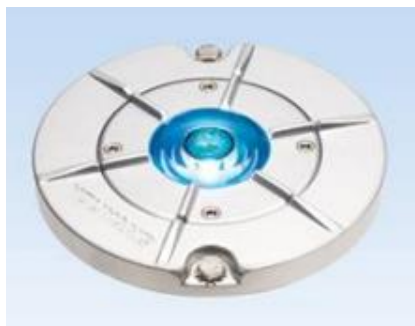
**Tabla 25**

Circuito	Color	Potencia unitaria (W)	Cantidad	Total (W)
Rodaje CKT-1	Azul	105	50	5250

Potencia del circuito de borde de calle de rodaje de pista.

Fuente: Elaboración propia.

El equipo seleccionado para el sistema de iluminación de calle de rodaje será:



**Figura 64:** Equipo de luz de calle de rodaje

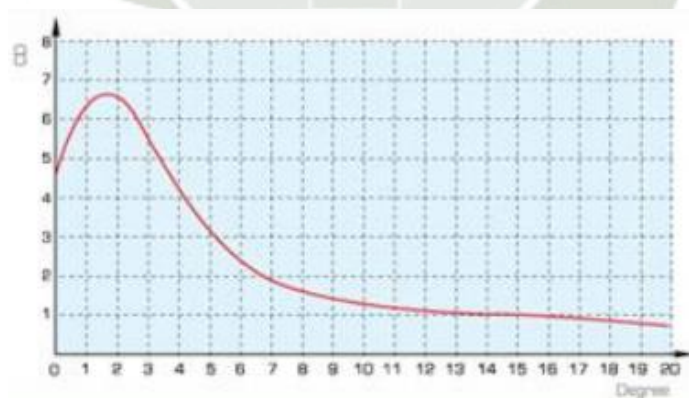
*Nota.* En la figura se muestra el equipo de luz de calle de rodaje. Adaptado de “Inset omnidirectional taxiway edge light” de Youyang, 2009.

El equipo de luz de extremo de pista cumple con las normas:

- OACI: Anexo 14, Vol. 1, Apartado 5.3.16
- FAA: AC 150/5345-46 A, L-852T

Los equipos de luz de umbral de pista tienen aplicaciones en:

- Pista de CAT-I, II y III



**Figura 65:** Características fotométricas del equipo de luz de calle de rodaje

*Nota.* En la figura se muestra las características fotométricas del equipo de luz de calle de rodaje en base a la normativa de la OACI. Adaptado de “Inset omnidirectional taxiway edge light” de Youyang, 2009.

**Tabla 26**

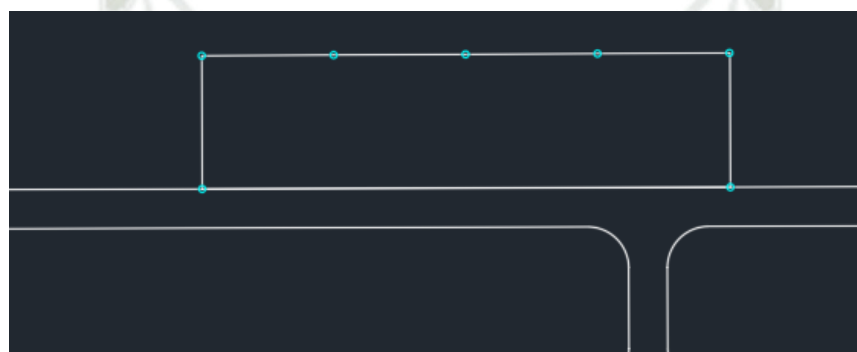
Color	Ángulo	Intensidad OACI (cd)	Horas de iluminación (hr)
Azul	0 - 6° V 360° H	20	1000

Características fotométricas del equipo de luz de calle de rodaje

Fuente: Youyang, 2009.

### 5.12. Sistema de iluminación de plataforma de atraque

Esta área estará destinada para el atraque de las aeronaves.



**Figura 66:** Distribución de las luces para la plataforma

*Nota.* En la figura se muestra la distribución de las luces para la plataforma. Elaboración propia.



**Figura 67:** Instalación de las luces para la plataforma

*Nota.* En la figura se muestra la instalación de las luces para la plataforma, consta de un circuito en serie. Elaboración propia.

**Tabla 27**

Circuito	Color	Potencia unitaria (W)	Cantidad	Total (W)
Plataforma	Blanca	280	7	1960

Potencia del circuito de luces para plataforma

Fuente: Elaboración propia.

El equipo seleccionado para el sistema de iluminación de plataforma será:



**Figura 68:** Equipo para iluminación de plataforma

*Nota.* En la figura se muestra el equipo para la iluminación de la plataforma. Adaptado de “Series-M Projector lights” de Zgsm, 2020.

**Tabla 28**

Color	Potencia (W)	Intensidad OACI (lux)	Salida Lumen
Blanca	280	20	42000

Características fotométricas de equipo de iluminación para plataforma

Fuente: Elaboracion propia

NOTA: Sea adjunta ficha técnica en Anexos, Anexo 16.

### 5.13. Sistema eléctrico de las luces de pista

Debido a que los circuitos de las luces son de grandes distancias y lo que se requiere es mantener la intensidad constante independientemente de la distancia del circuito y cargas asociadas, se opta por un sistema de conexión en serie para las luces, para ello se usan reguladores de corriente constante, conductor primario, transformadores de intensidad también llamados transformadores de aislamiento, conductor secundario, conectores y el equipo de iluminación.

Por ello que se realizara el cálculo de la potencia necesaria de regulador.

- Factores de cálculo
  - Rendimiento del transformador
  - El rendimiento del transformador se tomará en función de la potencia nominal del transformador de aislamiento según la siguiente tabla.

**Tabla 29**

Potencia nominal (W)	$\mu T$
30, 45, 100, 200, 300	0,95

Rendimiento de transformadores de intensidad

Fuente: Flight Light, (2022)

Para el factor de potencia del transformador se tomará:

$$\cos \varphi = 0,97$$

- Pérdidas en los conductores

La pérdida por unidad de longitud en los conductores se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$P_{conductor} = \frac{I^2}{\sigma \times S} \quad (1)$$

Donde:

- I: Intensidad que circula por el conductor (A)
- S: Sección del conductor (mm<sup>2</sup>)
- $\sigma$ : Conductividad de conductor (S\*m/mm<sup>2</sup>)

$$\sigma = 56,8$$

El conductor primario será un cable de cobre con una sección de 6 mm<sup>2</sup> y longitud determinada por el recorrido en la pista de aterrizaje para 6,6 A

El conductor secundario será un cable de cobre con una sección de 3,5 mm<sup>2</sup> para 6,6 A.

Las pérdidas por unidad de longitud en los cables serán:

$$P_{primario} = 0,1278 \text{ W/m}$$

$$P_{secundario} = 0,2191 \text{ W/m}$$

**Tabla 30**

Circuito	Equipos de iluminación				Transformadores	
	N° Equipos	Potencia	Potencia Total (W)	Cantidad	Potencia de transformadores (W)	Rendimiento
Borde 1	50	150	7500	50	200	0.95
Borde 2	50	150	7500	50	200	0.95
Extremo	16	200	3200	16	200	0.95
PAPI	8	200	1600	8	200	0.95
Rodaje	50	105	5250	50	200	0.95
Aproximación	14	150	2100	14	200	0.95
Umbral	26	200	5200	26	200	0.95
Plataforma	7	280	1960	7	300	0.95

Potencia de los equipos de iluminación y transformadores

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 31**

Conductores							
Longitud Cable primario (m)	Longitud Cable secundario (m)	Perdidas primario (W)	Perdidas secundario (W)	Potencia Total (kW)	FDP	Potencia aparente (kVA)	Potencia de Regulador (kVA)
6500	1.2	830.7	0.26	8.33	0.98	8.50	10
6500	1.2	830.7	0.26	8.33	0.98	8.50	10
2600	1.2	332.3	0.26	3.53	0.98	3.60	5
4200	1.2	536.8	0.26	2.14	0.98	2.18	5
3800	1.2	485.6	0.26	5.74	0.98	5.85	10
2600	1.2	332.3	0.26	2.43	0.98	2.48	5
4900	1.2	626.2	0.26	5.83	0.98	5.95	10
1000	1.2	127.8	0.26	2.09	0.98	2.13	5

Potencia de los reguladores

Fuente: Elaboración propia.

Potencia requerida para los RCC

**Tabla 32**

ID	Circuito eléctrico	Potencia del Regulador (kVA)
C1	Borde de pista	10
C2	Borde de pista	10
C3	Umbral de pista 03	10
C4	Calle de Rodaje	10
C5	PAPI 03	5
C6	Extremo de pista 21	5
C7	Aproximación	5
C8	Plataforma	5

Potencia de los reguladores según circuitos

Fuente: Elaboración propia.

### 5.13.1. Selección de Equipos

#### 5.13.1.1. Regulador de corriente constante

El regulador seleccionado para esta propuesta de mejora es el Regulador de intensidad constante controlado por microprocesador de la marca Youyang.



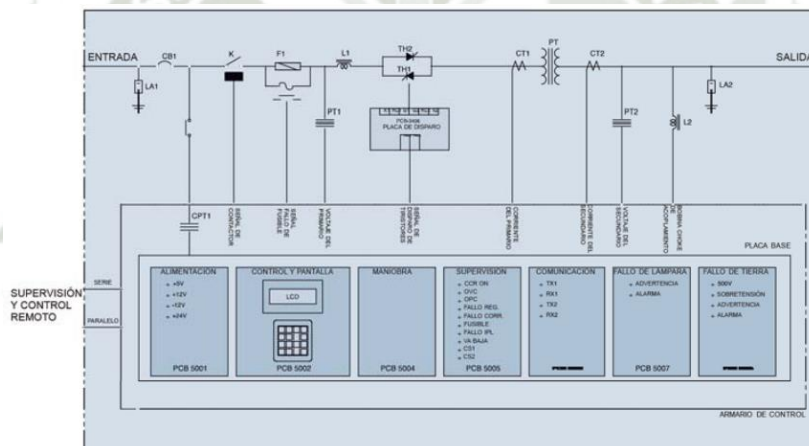
**Figura 69:** Regulador de intensidad constante CCR2

*Nota.* En la figura se muestra el regulador de intensidad constante que se seleccionara para esta propuesta de mejora. Adaptado de “Regulador de Intensidad Constante” de Youyang, 2017.

Este regulador cumple con las normas de la OACI, *Manual de diseño de aeródromos, Parte 5*, con las siguientes características:

- Intensidad de salida: 6.6A o 20A (1,3,5 o 7 niveles)

- Tensión de trabajo: 5000V
- Potencia: 4 a 30kW
- Voltaje de entrada: Monofásica 208V, 220V o 380V 50/60Hz (2 o 3 hilos)
- Factor de potencia: Igual o mayor a 95%
- Eficiencia: >90%
- Ventilación: Ventilación natural
- Temperatura: 0 a +55°C
- Humedad: 10 a 95%
- Altitud: 0 a 4500 m.s.n.m.



**Figura 70:** Diagrama de información del CCR2

*Nota.* En la figura se muestra el diagrama de bloques del regulador de corriente constante CCR2. Adaptado de “Regulador de intensidad constante” de Youyang, 2017.

A continuación, las salidas de corriente de este RCC

**Tabla 33**

1 NIVEL	3 NIVELES	5 NIVELES	7 NIVELES
1 : 6.6A	3 : 6.6A	5 : 6.6A	7 : 6.6A
	2 : 5.5A	4 : 5.2A	6 : 6.4A
	1 : 4.8A	3 : 4.1A	5 : 5.2A

---

2 : 3.4A	4 : 4.1A
1 : 2.8A	3 : 3.4A
	2 : 2.8A
	1 : 2.2A

---

Salidas de corriente del CCR2 Youyang

Fuente: Youyang, (2017).

### 5.13.1.2. Transformador de aislamiento

Los transformadores de aislamiento son toroidales, ya que son más precisos que los transformadores bobinados en un núcleo.



**Figura 71:** Transformador de aislamiento

*Nota.* En la figura se muestra los transformadores de aislamiento para diferentes potencias según sea su uso. Adaptado de “Transformador de aislamiento” de Youyang, 2017.

Este transformador cumple con las normas:

- IEC 61823
- FAA: AC 150/5345-47
- AENA: PPT-006

Algunas características:

- Resistentes al aceite, keroseno, fuel de aviación, ácidos presentes en aeródromos.

- Temperatura de operación  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $+55^{\circ}\text{C}$
- Cable primario de 0.6m y 8mm<sup>2</sup> de sección.
- Cable secundario de 1,2m y dos cables de 3.5 mm<sup>2</sup> de sección.

**Tabla 34**

Tipo	Potencia (W)	Int. (A)	Prim.	Int. Sec. (A)	Frecuencia (Hz)	Tensión nominal (V)
IT1-200-66	200	6.6		6.6	50/60	5000
IT1-300-66	300	6.6		6.6	50/60	5000

Características de los transformadores de aislamiento

Fuente: Youyang, 2017.

### 5.13.1.3. Conectores primarios y secundarios

Las principales fallas en estos circuitos en serie es la falla en el aislamiento, es por lo que se utiliza conectores para asegurar la continuidad y seguridad del sistema de iluminación.

- Conector primario CK1



**Figura 72:** Conector primario para cable apantallado y no apantallado CK1

*Nota.* En la figura se muestra el conector primario CK1. Adaptado de “Kit conector primario” de Youyang, 2017.

Cumple con las normas de la:

- IEC: 61823
- FAA: AC 150/5345-26, L-823
- AENA: PPT-003

Propiedades eléctricas:

- Corriente nominal: 25 A
- Tensión nominal: 5000 V
- Conector secundario CK2



**Figura 73:** Conector secundario para cable unipolar y bipolar CK2

*Nota.* En la figura se muestra el conector secundario CK2. Adaptado de “Kit conector secundario” de Youyang, 2017.

Cumple con las normas de la:

- IEC: 61823

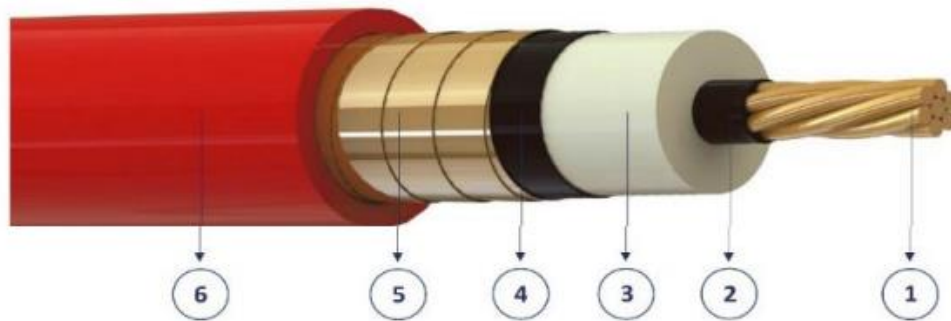
- FAA: AC 150/5345-26, L-823
- AENA: PPT-004

Propiedades eléctricas:

- Corriente nominal: 20 A
- Tensión nominal: 600 V

#### 5.13.1.4. Cable primario

De acuerdo con las recomendaciones del Manual de Proyecto de Aeródromos - Parte 5 Sistemas eléctricos de la OACI (1983), el aislamiento de los cables debe ser de polietileno reticulado (XLPE) con una pantalla no metálica sobre el conductor, una pantalla no metálica sobre el aislamiento y una pantalla metálica sobre la pantalla del aislamiento.



**Figura 74:** Estructura del cable de balizamiento RHZI

*Nota.* En la figura se muestra la estructura del cable RHZI (AS), cable que se usará para el circuito primario. Adaptado de “Cable primario de balizamiento – RHZI (AS)” de ILS, 2022.

- 1: Conductor de hilos de sección 6mm<sup>2</sup>.
- 2: Semiconductor interno con un espesor de 0.15mm
- 3: Aislamiento, polietileno reticulado aplicado por extrusión, XLPE con un espesor de 3.4mm

- 4: Semiconductor externa con un espesor de 0.3mm
- 5: Pantalla metálica, cinta de cobre con espesor de 0.1mm, aplicado helicoidalmente sobre la capa semiconductor externa.
- 6: Cubierta exterior de poliolefina libre de halógenos (ST8). Color rojo con un espesor de 2mm RHZ1.

Características de funcionamiento del cable RHZ1:

- Temperatura de funcionamiento -20°C a +90°C y 250°C para condiciones de cortocircuito y duración máxima de 5 segundos.
- Voltaje Nominal 5kV.
- Certificación UNE 21161-2017.

**Tabla 35**

Cable Primario	Sección	Conductor No. /Dia. Cables	Diámetro Nominal	Aislamiento Espesor Nominal	Diámetro del aislamiento	Diámetro exterior máximo	Peso Aprox.
RHZ1	(mm <sup>2</sup> )	(No. /mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
UNE 21161-2017	1x6	7 / 1.23	3.7	3.4	12.3	18.5	380

Características y dimensiones nominales del cable RHZ1

Fuente: ILS, (2022).

### 5.13.2. Sistema de control y monitoreo

El sistema de control de Youyang está diseñado para aeropuertos grandes y pequeños con un gran volumen de sistemas de balizamiento instalados como aproximación, borde de pista, umbral de pista, PAPI. En este sistema el esquema control RCC es mostrado por una unidad lógica en el control local. (Youyang, 2017)

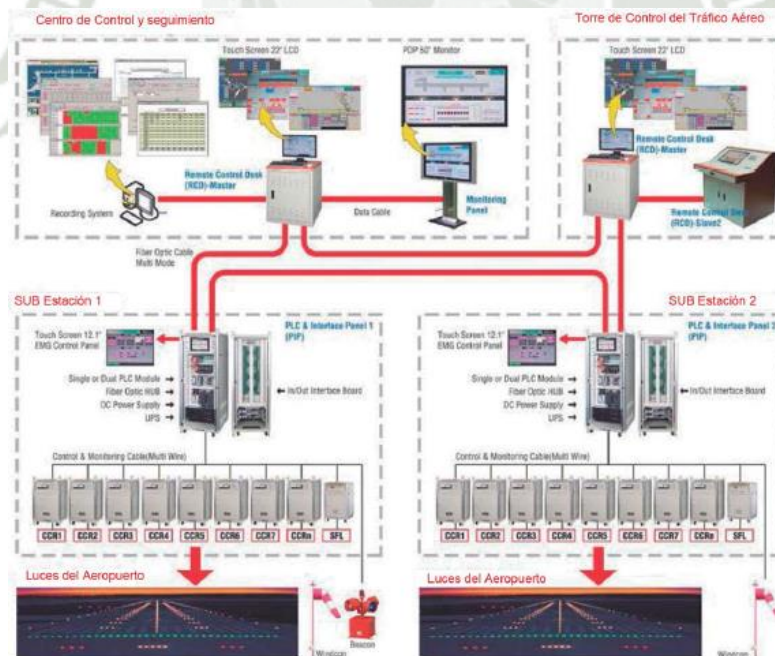
La selección de brillo para todos los RCC es sencilla al usar el FONDO (Día, crepúsculo, noche) y el RVR, el ajuste de brillo es automático, sin embargo, puede cambiarse manualmente usando interruptores (UP y DOWN) para cada sistema de iluminación. (Youyang, 2017).

El sistema de control presenta las siguientes ventajas:

- Operación sencilla para el control de intensidad luminosa.
- El controlador puede responder en cualquier momento a peticiones realizadas por los pilotos.
- Fácil mantenimiento disponible, mantiene un registro de fallos, tipo y naturaleza del problema.

Cumple con las normas de:

- OACI: Anexo 14, Vol. 1, Apartado 5.3.1.10
- FAA: AC150/5345-56 A, L-890



**Figura 75:** Centro de control y seguimiento

*Nota.* En la figura se muestra el esquema de control y monitoreo. Adaptado de “Centro de control y seguimiento” de Youyang, 2017.

#### 5.14. Distribución del espacio

El aeródromo del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva se encuentra ubicado en el distrito de la Joya - Vitor – Arequipa, a una altitud de 1620 msnm. El clima es templado, desértico y con amplitud térmica moderada. La media anual de temperatura máxima y mínima 26.5°C y 9.8°C, respectivamente.

Cuenta en la actualidad con una pista de asfalto de tres mil cien (3100) metros de largo por Cuarenta y cinco (45) metros de ancho medidas que permiten el aterrizaje de aviones del tipo militar.

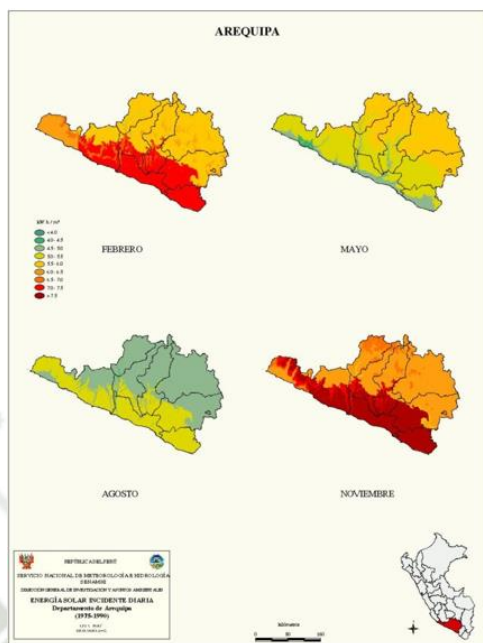


**Figura 76:** Vista del aeródromo del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva.

*Nota.* La figura muestra la ubicación de la base aérea, en el distrito de la Joya – Vitor – Arequipa. Elaboración propia.

#### 5.15. Radiación solar

El Ministerio de Energía y Minas (MEM) nos brinda un mapa que se puede observar la mayor y menor radiación en el departamento de Arequipa.



**Figura 77:** Mapa de irradiación solar en Arequipa.

*Nota.* La figura muestra la energía solar incidente diaria en el departamento de Arequipa. Adaptado de “Radiación Solar por departamento” de AtlasSolar, 2021.

## 5.16. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

### 5.16.1. Análisis de carga

Se toma en cuenta los datos de las cargas del sistema de iluminación en el cual solo se presentan cargas en AC. Para el siguiente análisis se tomarán en consideración la cantidad de luces, la potencia consumida por cada equipo y las horas de uso del sistema de iluminación.

Realizamos el cálculo del consumo total de las luces de pista.

**Tabla 36**

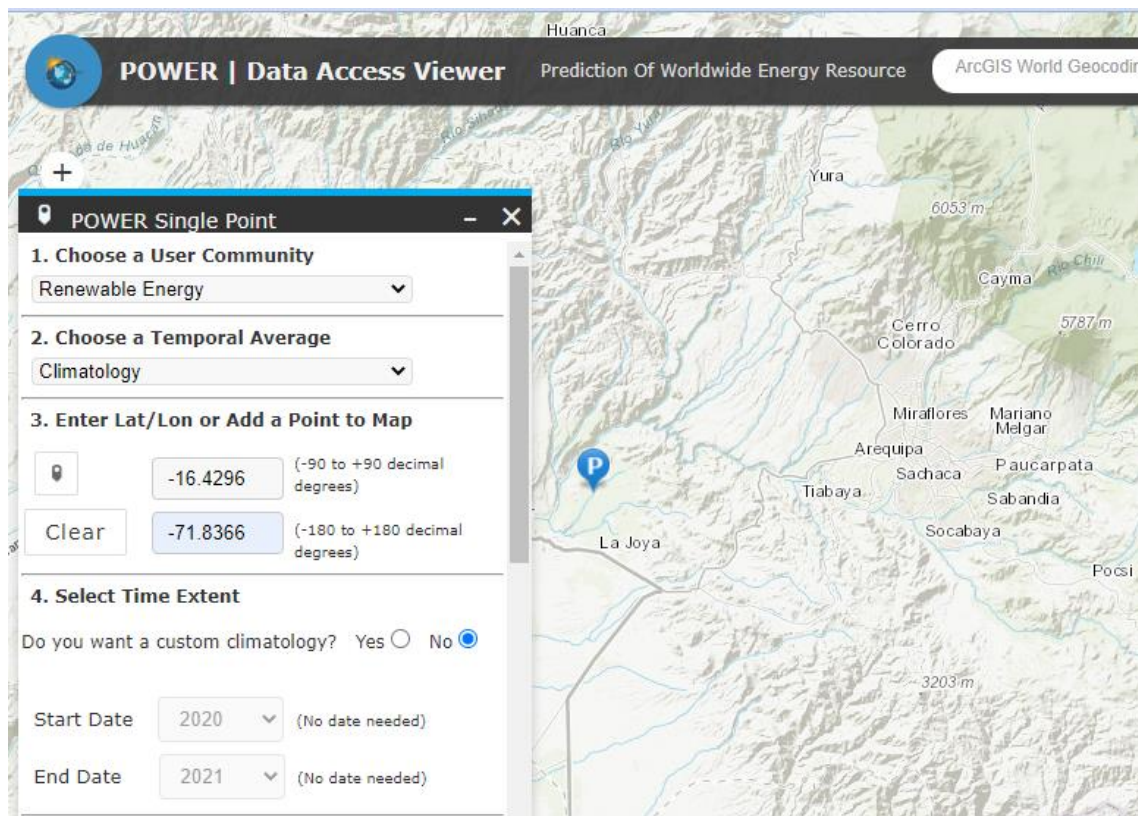
Luces	Potencia (W)	Cantidad	Potencia Total (W)	Horas de consumo (hr)	Energía consumida (W-hr/día)
Luces de umbral	200	26	5200	6	31200
Luces de extremo	200	16	3200	6	19200
Luces de borde de pista	150	100	15000	6	90000
Luces de calle de rodaje	105	50	5250	6	31500
Luces de aproximación	150	14	2100	6	12600
Luces PAPI	200	8	1600	6	9600
Plataforma	280	7	1960	6	11760
Torre de Control	1000	1	1000	6	6000
<b>TOTAL</b>			<b>35310</b>	<b>TOTAL</b>	<b>211860</b>

Calculo del consumo total de luces

Fuente: Elaboración propia.

### 5.17. Determinación del campo fotovoltaico

Para realizar los cálculos fotovoltaicos es necesario saber las horas de sol pico que tendremos en la zona donde se pretende instalar el sistema fotovoltaico. Para ello se recurre a la página web de la NASA que brinda la irradiación diaria que se tiene en la zona.



**Figura 78:** *Página de la NASA*

*Nota.* En la figura se muestra la página de la NASA y la ubicación de la zona, para obtener los datos de irradiación. Adaptada de “The Power Project” de la NASA, 2021.

A continuación, los valores obtenidos:

**Tabla 37**

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Irradiación (kW-hr/m <sup>2</sup> /día)	6.45	5.8	6.26	6.96	7.56	7.71
Mes	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Irradiación (kW-hr/m <sup>2</sup> /día)	7.63	7.67	7.55	7.79	8.07	7.42

Tabla de Irradiación diaria por mes

Fuente: “The Power Project” de la NASA, (2021).

Con estos valores se procede a calcular las horas sol pico en el aeródromo del Grupo Aéreo N°2 coronel FAP Marco Schenone Oliva.

$$HSP = \frac{\text{Irradiacion}}{1000 \frac{W}{m^2}} \quad (2)$$

Donde:

- HSP: Horas sol pico

$$HSP = \frac{5.8 \frac{kW - hr}{m^2 * dia}}{1000 \frac{W}{m^2}}$$

$$HSP \text{ minimo} = 5.8 \text{ hr/día}$$

### 5.18. Determinación del número de módulos

Se calcula la potencia requerida para los paneles solares.

$$P_p = \frac{C_{total} * F_{sg}}{HSP} \quad (3)$$

Donde:

- $C_{total}$  : Es el consumo total por día (Wh/día)
- $P_p$  : Es la potencia requerida para el grupo de paneles solares (W)
- $F_{SG}$  : Factor de seguridad

Nota: El factor de seguridad tiene los siguientes valores.

- Esporádico 1.2
- Frecuente 1.3
- Critico 1.4

Las pérdidas son generadas por el inversor y cableado, es por ello que se aplica un factor de seguridad del 30% para suplir perdidas de polvo, suciedad, sombras entre otras.

Tomamos un factor de seguridad de 1.3.

$$C_{total} = 211860 * 1.3 = 275418 \text{ Wh/día}$$

$$P_p = \frac{275418 \text{ Wh/día}}{5.8 \text{ hr/día}}$$

$$P_p = 47485.862 \text{ W}$$

ALTERNATIVA “A”:

Los paneles solares que se usa son de la marca Jinko Solar de 565W, cuya ficha técnica se ve a continuación:

SPECIFICATIONS										
Module Type	JKM545M-72HL4-8DVP		JKM550M-72HL4-8DVP		JKM555M-72HL4-8DVP		JKM560M-72HL4-8DVP		JKM565M-72HL4-8DVP	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	545Wp	405Wp	550Wp	409Wp	555Wp	413Wp	560Wp	417Wp	565Wp	420Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.32V	38.25V	41.51V	38.42V	41.70V	38.59V	41.89V	38.76V	42.08V	38.89V
Maximum Power Current (Imp)	13.19A	10.60A	13.25A	10.65A	13.31A	10.70A	13.37A	10.75A	13.43A	10.81A
Open-circuit Voltage (Voc)	49.92V	47.12V	50.11V	47.30V	50.30V	47.48V	50.49V	47.66V	50.68V	47.84V
Short-circuit Current (Isc)	13.95A	11.27A	14.01A	11.32A	14.07A	11.36A	14.13A	11.41A	14.19A	11.46A
Module Efficiency STC (%)	21.10%		21.29%		21.48%		21.68%		21.87%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	30A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									
Refer. Bifacial Factor	70±5%									

**Figura 79:** Especificaciones de los paneles Jinko Solar de 565W

*Nota.* En la figura se muestra los valores de máximo voltaje, voltaje en circuito abierto, así como de la máxima corriente y corriente de cortocircuito además de la potencia. Adaptada de “TR 78M 560-580 Watt Mono Facial” de Jinko Solar, 2020.

$$N_p = \frac{P_p}{P_{mpp}} \quad (4)$$

Donde:

- $N_p$  : Número de paneles
- $P_{mpp}$  : Potencia del panel

$$N_p = \frac{47485.862 \text{ W}}{565}$$

$$N_p = 84.04 \approx 84$$

$$\text{Recalculo fotovoltaico} = N_p * P_{mpp}$$

$$\text{Recalculo fotovoltaico} = 84 * 565 = 47460 \text{ W}$$

### 5.18.1. Inclinación de los módulos

La inclinación de los paneles fotovoltaicos varía según la latitud de la ubicación y al tipo del sistema fotovoltaico. Para sistemas aislados se recomienda un panel con mayor inclinación para asegurar la mayor captación en periodos de menor irradiación.

Para calcular el ángulo:

$$\beta = \varphi + \left(\frac{\varphi}{4}\right) \quad (5)$$

Donde:

$\beta$  : Inclinación del panel en relación con el plano horizontal.

$\varphi$  : Latitud de la localidad

Latitud	Longitud
-16.4302	-71.8366

$$\beta = 16.43 + \left(\frac{16.43}{4}\right)$$

$$\beta = 20.53^\circ \approx 20^\circ$$

Otra manera de calcular el valor del ángulo de inclinación aproximado es:

$$\beta = 3.7 + 0.69\varphi \quad (6)$$

$$\beta = 3.7 + 0.69 * 16.13$$

$$\beta = 14.82 \approx 15$$

Si el ángulo de inclinación se encuentra en el rango de 15 a 30° podemos aproximar los cálculos de la siguiente manera:

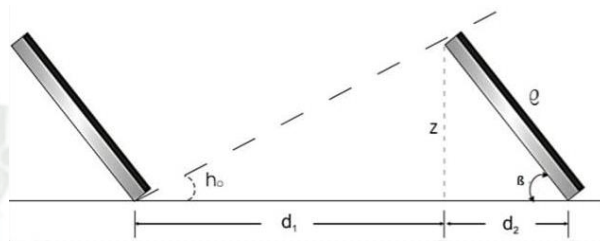
- Angulo de inclinación +5°, para sistemas autónomos
- Angulo de inclinación -5°, para sistemas conectados a red

Siendo el nuevo ángulo para nuestro diseño de sistema autónomo:

$$\beta = 20.03 \approx 20^\circ$$

Cálculo de sombras:

Se calcula las distancias de separación entre paneles para evitar que la sombra obstruya la radiación directa a cada panel solar.



**Figura 80:** Separación de paneles

*Nota.* En la figura se muestra la distancia de separación de paneles para evitar las sombras. Adaptado de “Os Sistemas de energía solar fotovoltaica” de BlueSol. Energía Solar, 2020.

$$h_0 = (90^\circ - \text{latitud de la localidad}) - 23.5^\circ \quad (7)$$

Donde:

- $h_0$  : Altura solar
- $Z$  : Altura de obstáculo
- $\beta$  : Angulo de inclinación de panel
- $d$  : Distancia entre bases de cada panel

$$h_0 = (90^\circ - 16.13^\circ) - 23.5^\circ$$

$$h_0 = 50.07^\circ$$

$$d = L * \left( \frac{\sin \beta}{\tan h_0} + \cos h_0 \right)$$

$$d = 2.28 * \left( \frac{\sin 20}{\tan 50.07} + \cos 50.07 \right)$$

$$d = 2.116 \text{ m}$$

$$d_2 = Z * \cos \beta$$

$$\frac{Z}{\sin 20} = \frac{2.28}{\sin 90}$$

$$Z = 0.78\text{m}$$

Reemplazando

$$d_2 = 0.78 * \cos 20$$

$$d_2 = 0.73\text{m}$$

$$d_1 = 1.386\text{m} \approx 1.4\text{m}$$

Cálculo de capacidad de corriente:

El diseño fotovoltaico tendrá 1 día de autonomía.

El voltaje de diseño es de 48v.

$$C_{bb} \text{ (Ah)} = \frac{C_{total} * d}{P_d * V_D * E_{max}} \quad (8)$$

Donde:

- $C_{bb}$  : Capacidad de batería (Ah)
- $C_{total}$  : Consumo total por día (Wh/día)
- $d$  : Días de autonomía (día)
- $V_D$  : Voltaje de diseño (v)
- $P_d$  : Profundidad de descarga de batería
- $E_{max}$  : Eficiencia máxima del inversor

$$C_{bb} \text{ (Ah)} = \frac{211860 * 1}{75\% * 48 * 0.96}$$

$$C_{bb} \text{ (Ah)} = 6130.21$$

### 5.19. Determinación de banco de baterías

Los ciclos posibles para las baterías OPzS son de 1500 ciclos al 80% de descarga y si reducimos el límite de descarga al 50% serian 2800 ciclos.

Si quisiéramos un 60% de descarga tendríamos que interpolar:

**Tabla 38**

% de descarga	Cantidad de ciclos
80%	1500

75%	x
50%	2800

Tabla de cantidad de ciclos por % de descarga

Fuente: Elaboración propia.

$$x \text{ (ciclos)} = 1825$$

Cálculos de vida útil del banco de baterías:

$$C_u = \frac{C_c}{d_{\text{año}}} \quad (9)$$

Donde:

- $C_u$  : Capacidad de vida útil de las baterías
- $C_c$  : Cantidad de ciclos de descarga
- $d_{\text{año}}$  : Días de uso por año

$$C_u = \frac{1825}{365} = 5 \text{ años}$$

Comparación de baterías según su límite de descarga

**Tabla 39**

% de descarga	Cantidad de ciclos	Vida Útil (años)
80%	1500	4
75%	1825	5
50%	2800	7

Comparación de baterías según su % de descarga

Fuente: Elaboración propia.

### 5.19.1. Datos de baterías

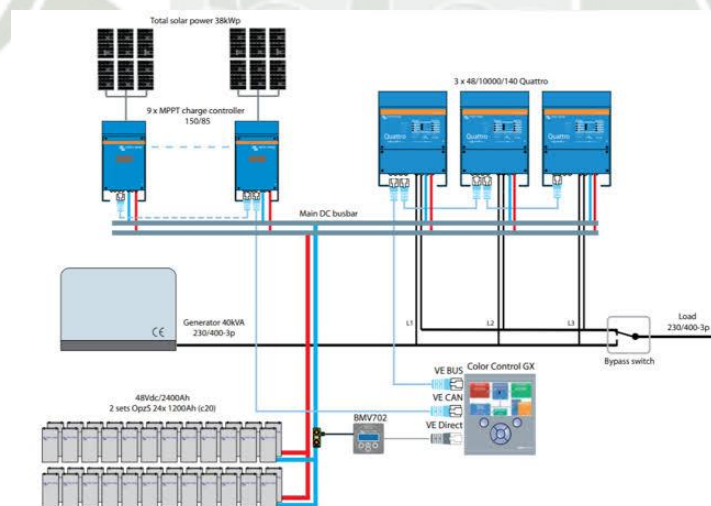
Las baterías que se usarán serán de la marca Victron Energy

Tipo OPzS	OPzS Solar 910	OPzS Solar 1210	OPzS Solar 1520	OPzS Solar 1830	OPzS Solar 2280	OPzS Solar 3040	OPzS Solar 3800	OPzS Solar 4560
Capacidad nominal (120 hr / 20°C)	910 Ah	1210 Ah	1520 Ah	1830 Ah	2280 Ah	3040 Ah	3800 Ah	4560 Ah
Capacidad (10 hr / 20°C)	640 Ah	853 Ah	1065 Ah	1278 Ah	1613 Ah	2143 Ah	2675 Ah	3208 Ah
Capacidad 2 / 5 / 10 horas (% de capacidad de 10 hr.)	60 / 85 / 100 / 120/ 150 (@ 68°F/20°C, final de descarga 1,8 voltios por celda)							
Capacidad 20 / 24 / 48 / 72 horas (% de capacidad de 120 hr.)	77 / 80 / 89 / 95 (@ 68°F/20°C, final de descarga 1,8 voltios por celda )							
Capacity 100 / 120 / 240 hours (% de capacidad de 120 hr.)	99 / 100 / 104 (@ 68°F/20°C, final de descarga 1,8 voltios por celda )							
Autodescarga @ 70°F/20°C	3% mensual							
Tensión de absorción (V) @ 70°F/20°C	2,35 a 2,50 V/celda (28,2 a 30,0 V para una batería de 24 voltios)							
Tensión de flotación (V) @ 70°F/20°C	2,23 a 2,30 V/celda (26,8 a 27,6 V para una batería de 24 voltios)							
Tensión de almacenamiento (V) @ 70°F/20°C	2,18 a 2,22 V/celda (26,2 a 26,6 V para una batería de 24 voltios)							
Vida útil en flotación (V) @ 70°F/20°C	20 años							
Cantidad de ciclos @ 80% de descarga	1500							
Cantidad de ciclos @ 50% de descarga	2800							
Cantidad de ciclos @ 30% de descarga	5200							
Dimensiones (al x an x p en mm.)	145 x 206 x 711	210 x 191 x 711	210 x 233 x 711	210 x 275 x 711	210 x 275 x 861	212 x 397 x 861	212 x 487 x 837	212 x 576 x 837
Dimensiones (al x an x p en pulgadas.)	5,7 x 8,1 x 28	8,3 x 7,5 x 28	8,3 x 9,2 x 28	8,3 x 10,8 x 28	8,3 x 10,8 x 33,9	8,4 x 15,6 x 32,9	8,4 x 19,2 x 32,9	8,4 x 22,7 x 32,9
Peso sin ácido (kg. / libras)	35 / 77	46 / 101	57 / 126	66 / 146	88 / 194	115 / 254	145 / 320	170 / 375
Peso con ácido (kg. / libras)	50 / 110	65 / 143	80 / 177	93 / 205	119 / 262	160 / 253	200 / 441	240 / 530

**Figura 81:** Hoja de datos de baterías solares OPzS

*Nota.* En la figura se muestra los valores de capacidad en Ah de las baterías OPzS. Adaptado de “Baterías solares OPzS” de Victron Energy, 2015.

La carga del banco de baterías es mayor a los valores de catálogos de los fabricantes, es por lo que dividimos la capacidad en 2 grupos tal como se muestra en la siguiente figura:



**Figura 82:** Configuración de dos grupos de baterías en paralelo

*Nota.* En la figura se muestra cómo se conectaría dos grupos de baterías OPzS en paralelo. Adaptado de “Generación aislada sistemas auxiliares y aislados” de Victron Energy, 2022.

Siendo la capacidad por grupo de:

$$CB_{\text{grupal}} = \frac{6130.208}{2} = 3065 \text{ (Ah)}$$

Donde:

- $CB_{\text{grupal}}$  : Capacidad de corriente por banco de baterías

Según el cálculo de capacidad de corriente, elegimos el tipo de OPzS más cercano a nuestra capacidad de carga requerida, en este caso se opta por la OPzS Solar 4560 con una capacidad de 10 hr de descarga a 20°C que sería 3208 Ah.

Se selecciona una batería cuya capacidad de corriente sea mayor que la calculada de nuestro sistema para evitar conexiones en paralelo con el objetivo de reducir costos de instalación y mantenimiento de banco de baterías. El fabricante recomienda no usar más de 3 baterías en paralelo.

Se recomienda conectar un fusible de 150A a la línea positiva entre el banco de baterías y el inversor, según el fabricante. (en estudio)

- Conexionado de baterías en serie.

$$B_s = \frac{V_D}{V_b} \quad (10)$$

Donde:

- $B_s$  : Baterías en serie  
 $V_D$  : Voltaje de diseño  
 $V_b$  : Voltaje de batería

$$B_s = \frac{48}{2}$$

$B_s = 24$  baterías en serie

- Conexionado de baterías en paralelo.

$$B_p = \frac{CB_{\text{grupal}}}{C_b} \quad (11)$$

Donde:

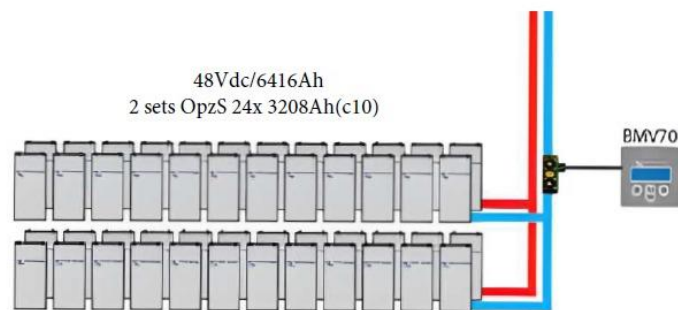
$B_p$  : Baterías en paralelo

$C_b$  : Capacidad de batería

$$B_p = \frac{6130.208}{3208}$$

$$B_p = 1.911 \approx 2 \text{ batería en paralelo}$$

La configuración de baterías OPzS quedaría de la siguiente forma:



**Figura 83:** Dos grupos de baterías en paralelo

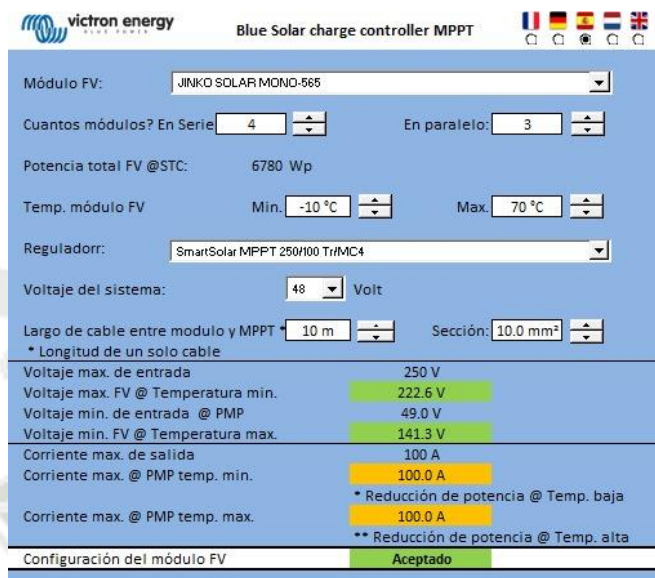
*Nota.* En la figura se muestra los 2 set de baterías OPzS de 3208Ah en paralelo. Adaptado de “Generación aislada sistemas auxiliares y aislados” de Victron Energy, 2022.

## 5.20. Determinación de cálculo de string y controladores MPPT

Habiendo calculado la cantidad de 84 paneles fotovoltaicos hacemos un redondeo a 84 paneles para poder obtener los números de string de paneles y la cantidad de controladores de MPPT con el Excel del fabricante.

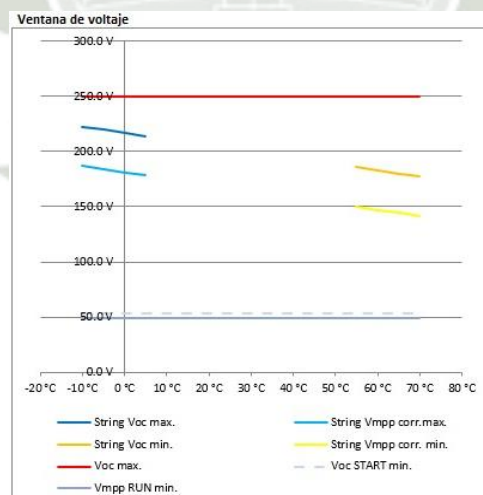
Son 7 string con arreglos de 12 paneles, 4 en serie y 3 paralelo que usaran un regulador SmartSolar MPPT250/100.

Voltaje (V)	In (A)
202.72	42.57



**Figura 84:** Excel de Victrorn Energy para el cálculo de MPPT

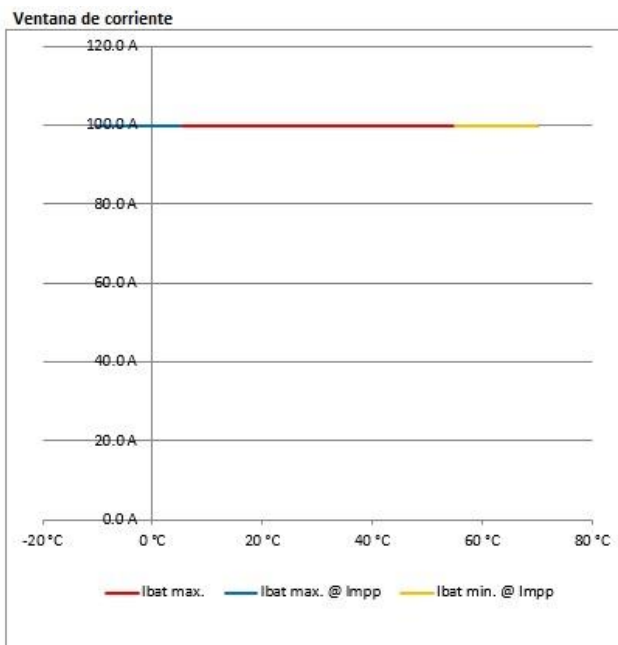
*Nota.* En la figura se muestra la selección del controlador MPPT 250/100 haciendo un total de 8 controladores por cada string de paneles. Adaptado de “Dimensionamiento de MPPT” de Victron Energy, 2022.



**Figura 85:** Gráfico de voltaje

*Nota.* En la figura se muestra el grafico de voltaje máximo por string.

Adaptado de “Dimensionamiento de MPPT” de Victron Energy, 2022.



**Figura 86:** *Gráfico de corriente*

*Nota.* En la figura se muestra el gráfico de corriente máximo por string. Adaptado de “Dimensionamiento de MPPT” de Victron Energy, 2022.

### 5.21. Determinación de la etapa de potencia

A continuación, se muestra las características de la hoja de datos del *Inversor/cargador Quattro* de la marca Victron Energy.

Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100
PowerControl / PowerAssist	Sí			
Conmutador de transferencia integrado	Sí			
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia			
Corriente máxima de alimentación (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100
<b>INVERSOR</b>				
Rango de tensión de entrada (VCC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V			
Salida (1)	Tensión de salida: 230 VCA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1%			
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	2400	4000	6500	8000
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	2200	3700	5500	6500
Potencia cont. de salida a 65°C (W)	1700	3000	3600	4500
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000	20000
Eficacia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96
Consumo en vacío (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	60 / 60	60
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	40 / 40	40
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	15 / 15	15
<b>CARGADOR</b>				
Tensión de carga de 'absorción' (VCC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6
Tensión de carga de "flotación" (VCC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2
Modo de almacenamiento (VCC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8
Corriente de carga de la batería auxiliar (A) (4)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140
Corriente de carga batería arranque (A)	4 (solo modelos de 12 y 24V)			
Sensor de temperatura de la batería	Sí			
<b>GENERAL</b>				
Salida auxiliar (A) (5)	25	50	50	50
Relé programable (6)	3x	3x	3x	3x
Protección (2)	a - g			
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema			
Puerto de comunicaciones de uso general	2x	2x	2x	2x
On/Off remoto	Sí			
Características comunes	Temp. de trabajo: -40 a +65 °C Humedad (sin condensación): máx. 95%			
<b>CARCASA</b>				
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Grado de protección IP 21			
Conexión a la batería	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)			
Conexión 230 VCA	Bornes de tomillo de 13 mm.: (6 AWG)	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso (kg)	19	34 / 30 / 30	45 / 41	51
Dimensiones (al x an x p en mm.)	362 x 258 x 218	470 x 350 x 280 444 x 328 x 240 444 x 328 x 240	470 x 350 x 280	470 x 350 x 280

**Figura 87:** Hoja de datos del Inversor/cargador Quattro

*Nota.* En la figura se muestra las características requeridas para la selección del inversor.

Adaptado de “Inversor/cargador Quattro” de Victron Energy, 2022.

Se selecciona el inversor de 48v/10000VA que nos brinda una potencia de 8000W reales. Debido a la incertidumbre de la simultaneidad del uso y la potencia real de cada alumbrado, se aplica un factor de seguridad propio con valor de 1.25 con objetivo de amplificar la potencia requerida del inversor.

$$\text{Potencia total requerida} = \text{Potencia Consumida} * 1.25$$

$$\text{Potencia total requerida} = 35310 * 1.25 = 44137.5 \text{ W}$$

Número de Inversores

$$\# \text{Inversores} = \frac{\text{Potencia total requerida}}{\text{Potencia de salida del inversor}}$$

$$\#Inversores = \frac{44137.5}{8000} = 5.51 \approx 6 \text{ inversores de } 48\text{v}/10000\text{VA}$$

### ALTERNATIVA “B”

Los paneles solares que se usara para esta alternativa son de la marca INTIPOWER de 665W, tiene una vida util de 25 años y su tasa de degradación es de 0.5% al año, teniendo 12.5% de degradación, cuya ficha técnica se ve a continuación:

Datos electricos		JM665H66	
Condiciones de prueba	STD	NOCHE	
Poder Máximo P <sub>MAX</sub> (WP)	665	503	
Tolerancia al poder P <sub>MAX</sub> (%)	0-3	0-3	
Tensión de alimentación máxima V <sub>MP</sub> (V)	38.00	35.50	
Corriente de potencia máxima I <sub>MPP</sub> (A)	17.49	14.22	
Circuito de de voltaje abierto V <sub>OC</sub> (V)	45.80	43.20	
Corriente de cortocircuito I <sub>SC</sub> (A)	18.57	14.96	
Eficiencia del módulo η <sub>m</sub> (%)	21.40		

**Figura 88:** Especificaciones de los paneles INTIPOWER de 665W

*Nota.* En la figura se muestra los valores de máximo voltaje, voltaje en circuito abierto, así como de la máxima corriente y corriente de cortocircuito además de la potencia. Adaptada de “Paneles solares INTIPOWER” de Energía Innovadora, 2022.

Aplicamos la formula N° 4

$$N_p = \frac{P_p}{P_{mpp}}$$

Donde:

$N_p$  : Número de paneles

$P_{mpp}$  : Potencia del panel

$$N_p = \frac{47485.862 \text{ W}}{665 \text{ W}}$$

$$N_p = 71.4 \approx 72 \text{ paneles}$$

$$\text{Recalculo fotovoltaico} = N_p * P_{mpp}$$

$$\text{Recalculo fotovoltaico} = 72 * 665 = 47880 \text{ W}$$

### 5.21.1. Inclinación de los módulos

La inclinación de los paneles fotovoltaicos varía según la latitud de la ubicación y al tipo del sistema fotovoltaico. Para sistemas aislados se recomienda un panel con mayor inclinación para asegurar la mayor captación en periodos de menor irradiación.

Para calcular el ángulo:

Aplicamos la formula N° 5

$$\beta = \varphi + \left(\frac{\varphi}{4}\right)$$

Donde:

$\beta$  : Inclinacion del panel en relación con el plano horizontal.

$\varphi$  : Latitud de la localidad

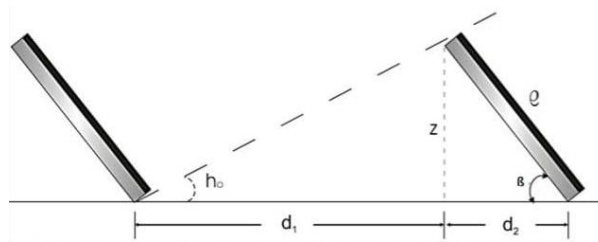
Latitud	Longitud
-16.4302	-71.8366

$$\beta = 16.43 + \left(\frac{16.43}{4}\right)$$

$$\beta = 20.53^\circ \approx 20^\circ$$

### 5.21.2. Cálculo de sombras

Se calcula las distancias de separación entre paneles para evitar que la sombra obstruya la radiación directa a cada panel solar.



**Figura 89:** Separación de paneles

*Nota.* En la figura se muestra la distancia de separación de paneles para evitar las sombras. Adaptado de “Os Sistemas de energía solar fotovoltaica” de BlueSol. Energía Solar, 2020.

Aplicamos la formula N° 7

$$h_0 = (90^\circ - \text{latitud de la localidad}) - 23.5^\circ$$

Donde:

$h_0$  : Altura solar

- $Z$  : Altura de obstáculo
- $\beta$  : Angulo de inclinación de panel
- $d$  : Distancia entre bases de cada panel

$$h_0 = (90^\circ - 16.13^\circ) - 23.5^\circ$$

$$h_0 = 50.07^\circ$$

$$d = L * \left( \frac{\sin \beta}{\tan h_0} + \cos h_0 \right)$$

$$d = 2.384 * \left( \frac{\sin 20}{\tan 50.07} + \cos 50.07 \right)$$

$$d = 2.213 \text{ m}$$

Cálculo de capacidad de corriente

El diseño fotovoltaico tendrá 1 día de autonomía.

El voltaje de diseño es de 48v.

Aplicamos la formula N° 8

$$C_{bb} \text{ (Ah)} = \frac{C_{total} * d}{P_d * V_D * E_{max}}$$

Donde:

- $C_{bb}$  : Capacidad de banco de baterías (Ah)
- $C_{total}$  : Consumo total por día (Wh/día)
- $d$  : Días de autonomía (día)
- $V_D$  : Voltaje de diseño (v)
- $P_d$  : Profundidad de descarga de batería
- $E_{max}$  : Eficiencia máxima del inversor

$$C_{bb} \text{ (Ah)} = \frac{211860 * 1}{90\% * 48 * 0.96}$$

$$C_{bb} \text{ (Ah)} = 5108.51$$

### 5.21.3. Determinación de banco de baterías

Para esta alternativa se propone el uso de baterías de litio de 48v con una capacidad de 4.8Wh y más de 6000 ciclos al 90% de descarga.

Aplicamos la formula N° 9

$$C_u = \frac{C_c}{d_{año}}$$

Donde:

- $C_u$  : Capacidad de vida útil de las baterías
- $C_c$  : Cantidad de ciclos de descarga
- $d_{año}$  : Días de uso por año

$$C_u = \frac{6000}{365} = 16.44 \text{ años}$$

### 5.21.4. Datos de baterías

Las baterías que se usaran de la marca Pylontech.



Module	US5000	US5000-B
<b>Basic Parameters</b>		
Nominal Voltage (Vdc)	48	48
Nominal Capacity(Wh)	4800	4800
Depth of discharge (%)	95	95
Usable Capacity(Wh)	4560	4560
Dimension(mm)	442*420*161	442*420*161
Weight (Kg)	38	39
Discharge Voltage (V)	44.5 ~ 53.5	44.5 ~ 53.5
Charge Voltage (V)	52.5 ~ 53.5	52.5 ~ 53.5
Charge/Discharge Current (A) Recommend	75	75
Charge/Discharge Current(A) Max.	120@15min	120@15min
Charge/Discharge Current (A) 2 Peak 2	200@15sec	200@15sec
Communication	RS485, CAN	RS485, CAN
Configuration (max. in 1 battery group)	16pcs	16pcs
Working Temperature Charge	0°C ~ 55°C	0°C ~ 55°C
Working Temperature Discharge	-10°C ~ 55°C	-10°C ~ 55°C
Shelf Temperature	-20°C ~ 60°C	-20°C ~ 60°C
Short current/duration time	<4000A/2ms	<4000A/2ms
Cooling type	Natural	Natural
Breaker	No	Yes
IP rating of enclosure	IP20	IP20
Humidity	5% ~ 95%(RH) No Condensation	5% ~ 95%(RH) No Condensation
Altitude(M)	<4000	<4000
Certification	IEC / CE / UN38.3/UL	IEC / CE / UN38.3/UL
Design life	15+ Years (25°C/77°F)	15+ Years (25°C/77°F)
Cycle Life	>6,000 25°C	>6,000 25°C
Reference to standards)	IEC62619, IEC63056, CE, UN38.3,UL1973, UKCA	IEC62619, IEC63056, CE, UN38.3,UL1973, UKCA,CEC

**Figura 90:** Hoja de datos de baterías de Litio

*Nota.* En la figura se muestra los valores de capacidad en Wh de las baterías de Litio.

Adaptado de “Low Voltage energy storage system” de Pylontech, 2020.

- Conexionado de baterías en serie.

Aplicamos la formula N° 10

$$B_s = \frac{V_D}{V_b}$$

Donde:

$B_s$  : Baterías en serie

$V_D$  : Voltaje de diseño

$V_b$  : Voltaje de batería

$$B_s = \frac{48}{48}$$

$B_s = 1$  baterías en serie

- Conexión de baterías en paralelo.

Aplicaremos la fórmula N° 11

$$B_p = \frac{C_{bb}}{C_b}$$

Donde:

$C_b$  : Capacidad de batería (Ah)

$W_h$  : Capacidad de batería (Wh)

$C_{bb}$  : Capacidad de banco de baterías (Ah)

$$C_b \text{ (Ah)} = \frac{4560}{48}$$

$$C_b \text{ (Ah)} = 95$$

$$B_p = \frac{C_{bb}}{C_b}$$

$$B_p = \frac{5108.51}{95}$$

$$B_p = 53.77 \approx 54 \text{ baterías}$$

Cálculo de string y controladores MPPT:

Habiendo calculado la cantidad de 72 paneles fotovoltaicos se procede a obtener los números de string de paneles y cantidad de controladores MPPT.

victron energy MPPT RS charge controller

Regulador: SmartSolar MPPT RS 450/100

System voltage: 48 V Voltaje de la batería en flotación: 54.00 V

Temp. módulo FV:  °C Min. -10 °C Max. 70 °C

Potencia total FV @STC: 7980 Wp

Atención, se ha sobredimensionado el generador FV más del 30%

String 1:

Módulo FV: Inipower JM 665V

Cuántos módulos? En Serie: 6 En paralelo: 1

Largo de cable entre módulo y MPPT \* 10 m

Sección: 6.0 mm<sup>2</sup>

Voltaje max. de entrada 432 V

Voltaje max. FV @ Temperatura min. 298.8 V

Voltaje min. de entrada @ PMP 80.0 V

Voltaje min. FV @ Temperatura max. 196.0 V

Potencia de la cadena FV @STC 3990 Wp

Configuración del módulo FV Aceptado

String 2:

Módulo FV: Inipower JM 665V

Cuántos módulos? En Serie: 6 En paralelo: 1

Largo de cable entre módulo y MPPT \* 10 m

Sección: 6.0 mm<sup>2</sup>

Voltaje max. de entrada 432 V

Voltaje max. FV @ Temperatura min. 298.8 V

Voltaje min. de entrada @ PMP 80.0 V

Voltaje min. FV @ Temperatura max. 196.0 V

String PV power @STC 3990 Wp

Configuración del módulo FV Aceptado

Max. corriente total de salida 100 A

Max. corriente total @ MPP temp. min. 100.0 A

Max. corriente total @ MPP temp. max. 100.0 A

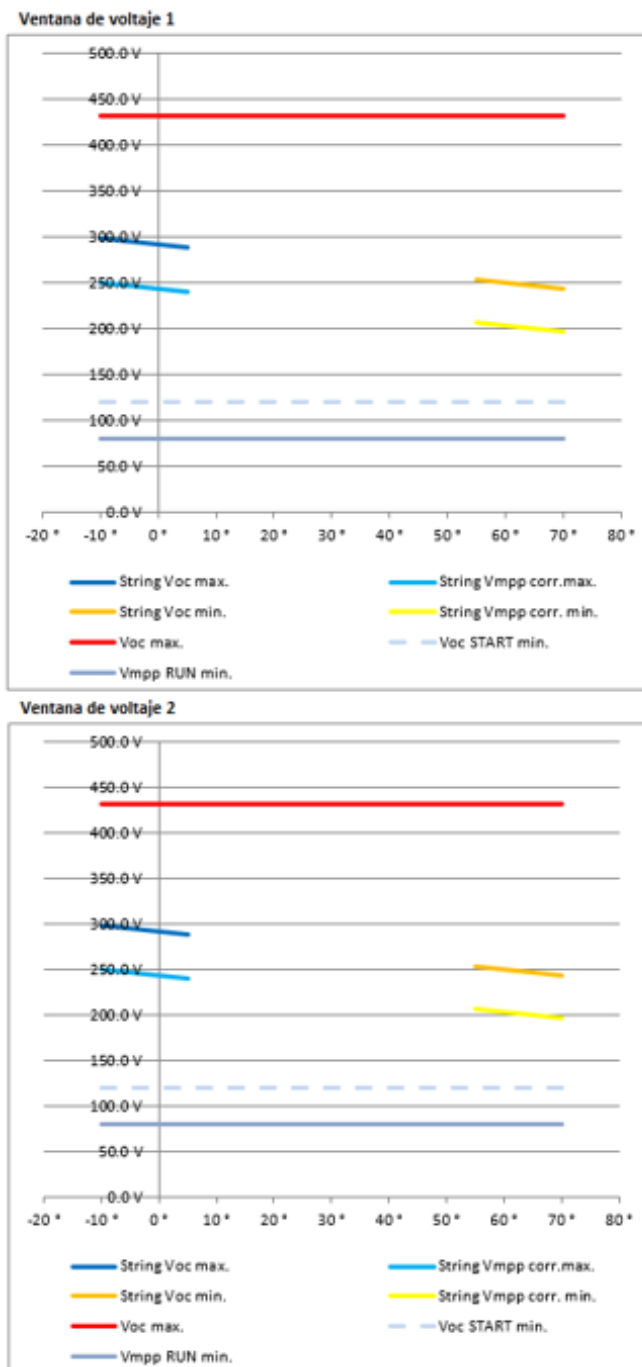
\* Reducción de potencia @ Temp. baja

\*\* Reducción de potencia @ Temp. alta

Configuración del módulo FV Aceptado

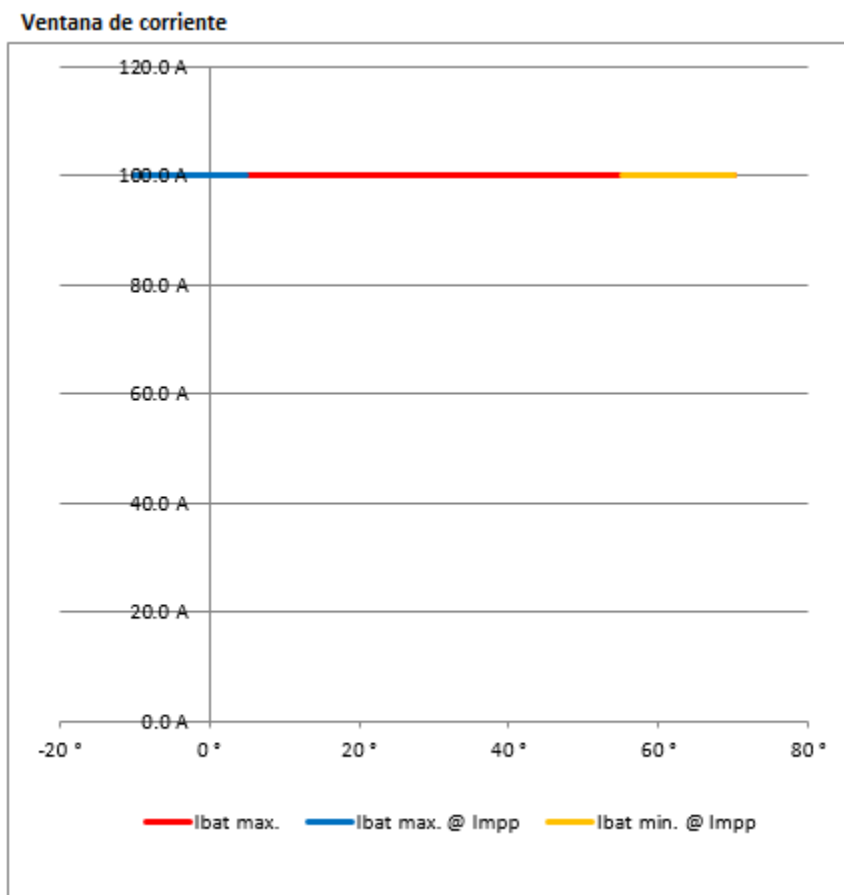
**Figura 91** Excel de Victron Energy para el cálculo de MPPT

*Nota.* En la figura se muestra la selección del regulador MPPT RS 450/100 haciendo un total de 12 paneles por regulador y 2 string de 6 paneles por regulador. Adaptado de “VE-MPPT-Calc 4\_0” de Victron Energy, 2022.



**Figura 92:** Gráficos de voltaje

*Nota.* En la figura se muestra los gráficos de voltaje máximo por string. Adaptado de “VE-MPPT-Calc-4\_0” de Victron Energy, 2022.



**Figura 93:** *Grafico de corriente*

*Nota.* En la figura se muestra el grafico de corriente máxima por regulador MPPT.

Adaptado de “VE-MPPT-Calc-4\_0” de Victron Energy, 2022.

### 5.21.5. Determinación de la etapa de potencia

Para este caso se muestra las características de inversor/cargador Quattro 48/10000kVA que son compatibles con baterías de Litio, de acuerdo al fabricante, estos inversores tiene una vida útil de 15-20 años según fabricante.

Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100
PowerControl / PowerAssist	Sí			
Conmutador de transferencia integrado	Sí			
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia			
Corriente máxima de alimentación (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100
<b>INVERSOR</b>				
Rango de tensión de entrada (VCC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V			
Salida (1)	Tensión de salida: 230 VCA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1%			
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	2400	4000	6500	8000
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	2200	3700	5500	6500
Potencia cont. de salida a 65°C (W)	1700	3000	3600	4500
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000	20000
Eficacia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96
Consumo en vacío (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	60 / 60	60
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	40 / 40	40
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	15 / 15	15
<b>CARGADOR</b>				
Tensión de carga de 'absorción' (VCC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6
Tensión de carga de "flotación" (VCC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2
Modo de almacenamiento (VCC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8
Corriente de carga de la batería auxiliar (A) (4)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140
Corriente de carga batería arranque (A)	4 (solo modelos de 12 y 24V)			
Sensor de temperatura de la batería	Sí			
<b>GENERAL</b>				
Salida auxiliar (A) (5)	25	50	50	50
Relé programable (6)	3x	3x	3x	3x
Protección (2)	a - g			
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema			
Puerto de comunicaciones de uso general	2x	2x	2x	2x
On/Off remoto	Sí			
Características comunes	Temp. de trabajo: -40 a +65 °C Humedad (sin condensación): máx. 95%			
<b>CARCASA</b>				
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Grado de protección IP 21			
Conexión a la batería	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)			
Conexión 230 VCA	Bornes de tomillo de 13 mm.: (6 AWG)	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso (kg)	19	34 / 30 / 30	45 / 41	51
Dimensiones (al x an x p en mm.)	362 x 258 x 218	470 x 350 x 280 444 x 328 x 240 444 x 328 x 240	470 x 350 x 280	470 x 350 x 280

**Figura 94:** Hoja de datos del Inversor/cargador Quattro

*Nota.* En la figura se muestra las características requeridas para la selección del inversor/cargador. Adaptado de “Inversor/cargador Quattro” de Victron Energy, 2019.

Se selecciona el inversor de 48V/10000VA que nos brinda una potencia de 8000W reales. Debido a la incertidumbre de la simultaneidad del uso y la potencia real de cada alumbrado, se aplica un factor de seguridad propio con valor de 1.25 con objetivo de amplificar la potencia requerida del inversor.

$$\text{Potencia total requerida} = \text{Potencia Consumida} * 1.25$$

$$\text{Potencia total requerida} = 35310 * 1.25 = 44137.5 \text{ W}$$

Número de Inversores:

$$\# \text{Inversores} = \frac{44137.5}{8000} = 5.517 \approx 6 \text{ inversores de } 48\text{V}/10000\text{VA}$$



## CAPITULO VI

## 6. ANÁLISIS ECONÓMICO

### 6.1. Análisis económico del sistema de iluminación

En este estudio se detallan los componentes y equipos utilizados para la propuesta de mejora del sistema de iluminación de la pista de aterrizaje del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva.

**Tabla 40**

Equipos	Cantidad	Unidad
Luz de borde de pista	100	Und
Luz de extremo de pista	16	Und
Luz de umbral de pista	26	Und
Luz de calle de rodaje	50	Und
Luz de aproximación	14	Und
Luz PAPI	4	Und
Transformadores	220	Und
Reguladores	8	Und
Sistema de control	1	Und
Cable primario	32500	Mts
Conector primario CK1	210	Und
Conector secundario CK2	210	Und

Equipos utilizados para el sistema de iluminación de pista

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 41**

Equipos	Precios (usd)
Luces	2000
Conector primario CK1	4620
Conector secundario CK2	4620
Reguladores	15000
Transformadores	500
Sistema PAPI	16000
Sistema de control	100000
Cable primario	260000
<b>Total</b>	<b>402740</b>

Costos totales de los equipos para la iluminación de pista

Fuente: Elaboración propia.

## 6.2. Análisis económico del sistema fotovoltaico

Para esta propuesta de mejora se presenta 2 alternativas con un presupuesto para cada una de ellas, a continuación, los presupuestos.

Para la alternativa “A”

En esta alternativa se propone el uso de paneles solares de 565W.

**Tabla 42**

	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIOS UD.	SUBTOTAL	TOTAL
1	Panel solar JA SOLAR 565W 24V MONO PERC HAF CELL	84	1010,94	84918,96	100204,37
2	Victron SmartSolar MPPT 250/100TR	6	5961,91	35771,46	42210,32
3	Inv/Carg Quattro 10000VA 48v 140-100A VICTRON	6	15709,37	94256,22	111222,34
4	Monitorización Victron Cerbo GX	1	1411,57	1411,57	1665,65
5	Pantalla Victron Cerbo GX Touch 50	1	1051,25	1051,25	1240,48
6	Cable de Comunicación Ve.bus VE.Can 2m	12	30,90	370,8	437,54
7	Baterias Solares OPzS 4560ah	48	8648,10	415108,90	498828,497
8	Monitor de Bateria Victron BMV712 Smart	2	1397,36	2794,72	3297,77
9	Cable Unifilar Solar 50mm2 RV-k 1kv Negro	50	41,88	2094	2470,92
10	Cable Unifilar Solar 50mm2 RV-k 1kv Verde	50	41,88	2094	2470,92
11	Cable Unifilar Solar PV 6mm2 H1Z2Z2-K 1,5 kV Rojo	360	4,98	1792,8	2115,50
12	Cable Unifilar Solar PV 6mm2 H1Z2Z2-K 1,5 kV Negro	360	4,98	1792,8	2115,50
			TOTAL, S/.	643457,48	768279,81

Presupuesto del sistema solar fotovoltaico aislado con paneles 565W

Fuente: Elaboración propia.

Para la alternativa “B”

En esta alternativa se propone el uso de paneles solares de 665W.

**Tabla 43**

	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIOS UD.	SUBTOTAL	TOTAL
1	Panel 665W Monocristalino Intipower	72	1350,63	97245,36	114749,52
2	Inv/Carg Quattro 10000VA 48v 140-100A VICTRON	6	15709,37	94256,22	111222,34
3	Pantalla Victron Cerbo GX Touch 50	1	1051,25	1051,25	1240,48
4	Victron SmartSolar MPPT RS 450V 100A	6	5961,91	35771,46	42210,32
5	Monitorización Victron Cerbo GX	1	1411,57	1411,57	1665,65
6	Cable de Comunicación Ve.bus VE.Can 2m	12	30,90	370,8	437,54
7	Batería Litio PYLONTECH US5000C 48V 4.8kWh	54	9099,12	491352,48	579795,92
8	Puerto Hub Pylontech LV-HUB	1	2665,86	2665,86	3145,71
9	Cable Pylontech (Bat-Inve) 48v	5	85,85	429,25	506,52
10	Cable Unifilar Solar 50mm2 RV-k 1kv Negro	50	41,88	2094	2470,92
11	Cable Unifilar Solar 50mm2 RV-k 1kv Verde	50	41,88	2094	2470,92
12	Cable Unifilar Solar PV 6mm2 H1Z2Z2-K 1,5 kV Rojo	360	4,98	1792,8	2115,50
13	Cable Unifilar Solar PV 6mm2 H1Z2Z2-K 1,5 kV Negro	360	4,98	1792,8	2115,50
TOTAL, S/.				732.327,85	864.146,84

Presupuesto de sistema solar fotovoltaico aislado con paneles de 665W

Fuente: Elaboración propia.

### 6.3. Comparación de alternativas del sistema solar

Teniendo las dos alternativas de Paneles solares para la elaboración y dimensionamiento del sistema de iluminación del aeródromo del Grupo Aéreo N°2 Coronel FAP Marco Schenone Oliva,

se ha optado por los paneles de 665W económicamente son casi similares pero lo que nos inclina a estos paneles sería el área a ocupar disminuyendo notablemente, no decidimos hacer comparaciones entre banco de baterías sabiendo que las mejores serían las baterías de litio con una vida útil de más de 16 años a comparación de las baterías Opzs que tendría una vida útil de 4 años, se consideró los equipos Victron Energy porque tiene una gran reputación debido a todas las herramientas con las que cuenta y que facilitan la configuración, monitoreo y eficiencia un sistema de energía solar en especial en 48v.

#### 6.4. Costo total

Para un correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico implementado en la zona se tendrá un trabajador permanente, el cual estará en la capacidad de dar solución a cualquier desperfecto e inconveniente, adicionalmente un costo de mantenimiento que se dará a los equipos lo que respecta a una limpieza de los paneles, del banco de baterías y la zona de trabajo.

**Tabla 44**

	DESCRIPCION	TOTAL.
1	Sistema de iluminación	S/.1530412,00
2	Sistema fotovoltaico aislado	S/.864146,84
TOTAL		S/.2394558.84

Costo total de la propuesta de mejora

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.5. Retorno de inversión del sistema solar

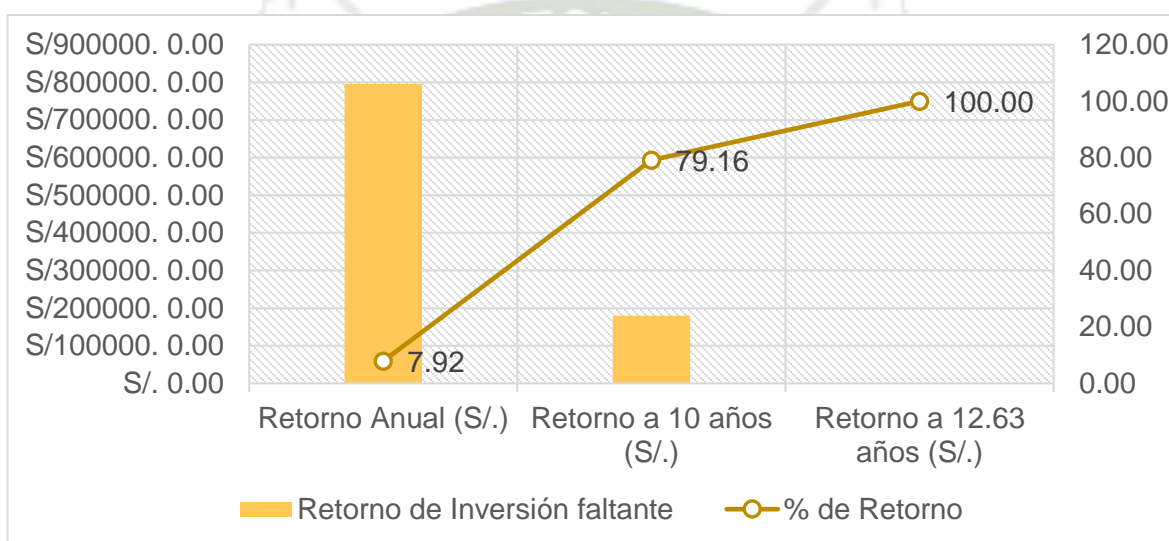
Se realizó una comparación del gasto por consumo del suministro eléctrico a un año, 10 años y hasta 25 años de consumo entre el gasto total del Sistema Fotovoltaico Autónomo y poder visualizar en cuantos años se podría recuperar la inversión gastada en el Sistema Fotovoltaico Autónomo.

**Tabla 45**

	Retorno Anual (S/.)	Retorno a 10 años (S/.)	Retorno a 12.63 años (S/.)
<b>Costo de Sistema fotovoltaico</b>	864146.84	864146.84	864146.84
<b>Tarifa Eléctrica S/ 0.3159 kWh</b>	68404.45	684044.52	864146.84
<b>Retorno de Inversión Faltante(S/)</b>	795742.39	180102.32	0.00
<b>Retorno de Inversión Faltante (%)</b>	<b>92.08</b>	<b>20.84</b>	<b>0.00</b>
<b>Retorno de inversión (%)</b>	<b>7.92</b>	<b>79.16</b>	<b>100.00</b>

Retorno de inversión

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 95:** *Grafica de retorno de inversión*

*Nota:* El gráfico muestra como al año se recuperaría un 7.92% de la inversión del sistema fotovoltaico autónomo y así cada año recuperando la inversión, al llegar los 10 años de uso del sistema fotovoltaico autónomo ya estaría recuperando un 79.16% de la inversión total, al llegar los 12.63 años de vida útil del sistema fotovoltaico autónomo ya se estaría recuperando la inversión total gastada y partiendo desde este punto tendríamos un gasto cero respecto a la tarifa eléctrica del sistema de iluminación de la pista de aterrizaje - Elaboración Propia.

## CONCLUSIONES

- 1) Al proponer una mejora del sistema de iluminación para la pista de aterrizaje del grupo Aéreo N°2 Coronel Fap Marco Schenone Oliva empleando energía solar, se concluye que se brindara una pista de categoría I cumpliendo con todos los estándares de la OACI para el uso diurno y en especial uso nocturno.
- 2) Al analizar las tecnologías de visualización en aeródromos bajo estándares internacionales, se concluye que existen 2 tipos de tecnologías halógenos y led, la tecnología led tiene mayor vida útil y un menor consumo respecto a las halógenas facilitando y reduciendo costos de instalación eléctrica.
- 3) Al seleccionar los equipos que se implementaran en la pista de aterrizaje y de la torre de control para la distribución de los tipos de luces en la pista de aterrizaje y en la torre de control de acuerdo al ANEXO 14, Volumen 1, se concluye que se utilizara circuitos en serie y para ello se requiere el uso de reguladores de corriente constante, transformadores de aislamiento y un sistema de control en la torre de control para la correcta operatividad y monitorización del sistema de luces controlando las intensidades requeridas para diferente operaciones de maniobras.
- 4) Al determinar el cálculo de cargas del sistema de iluminación para el dimensionamiento de la instalación fotovoltaica, se concluye que tendrá una potencia requerida de 44.14 kW que incluye la potencia de luces de borde de pista, umbral de pista, extremo de pista, aproximación de pista, luces papi, plataforma de atraque y calle de rodaje. Además, se consideró las cargas del sistema de control.
- 5) Al seleccionar los equipos que conforman el sistema de generación solar fotovoltaico a seis horas de autonomía al día, se concluye que se consumirá 211,860 kWh/día, para la radiación

solar en la ubicación se empleó el uso de software de base de datos climatológicos de la Nasa y se logró dimensionar la cantidad de paneles a usar, para la selección de equipos se usó la hoja de datos de la marca victron energy y para el almacenamiento energético se optó por baterías de litio por una mayor vida útil.

- 6) Al Realizar la viabilidad económica del diseño del sistema fotovoltaico se concluyó que el retorno de inversión del sistema fotovoltaico autónomo será en 13 años de uso y a partir de ese año tendría un gasto cero en consumo energético.



## RECOMENDACIONES

- 1) Se recomienda trimestralmente hacer una inspección visual del estado de las luces de pista y el mantenimiento preventivo de las luces de pista semestralmente.
- 2) Se recomienda utilizar las normas y métodos de la normativa de la OACI (2016) para una correcta aplicación en la instalación de la pista de aterrizaje.
- 3) Se recomienda mantenimiento preventivo en el sistema fotovoltaico aislado anualmente y limpieza semanal de los paneles solares para un mejor aprovechamiento de la energía solar.
- 4) Se recomienda el mantenimiento preventivo de las baterías de litio.
- 5) Se recomienda monitorización constante del estado de los inversores y reguladores por medio de la aplicación de Victron Energy, Portal VRM.
- 6) Se recomienda hacer un estudio sobre los sistemas de control, así como los equipos que requiere una torre de control para ayudar al piloto de una aeronave en la aeronavegación al despegar y aterrizar.

**BIBLIOGRAFIA**

- Administración Nacional de Aviación Civil ANAC. (1999). Convenio de Chicago y Anexos. Obtenido de <https://www.anac.gob.ar/anac/web/index.php/1/1996/normativa/convenio-de-chicago-y-anexos>
- Aena. (2014). Modulo 3 Reguladores de corriente constante. España. Recuperado el 27 de Julio de 2015, de <https://docplayer.es/76409856-Modulo-reguladores-de-corriente-constante-modulo-3-mantenimiento-de-ayudas-visuales-sistemas-optico-y-electrico-reguladores-de-corriente-constante.html>
- AtlasSolar. (9 de septiembre de 2021). Radiación Solar por Departamento. Obtenido de <https://deltavolt.pe/atlas/atlassolar/radiacion-departamento/>
- Balfour, J., Shaw, M., & Nash, N. B. (2018). Introdução ao projeto de sistemas fotovoltaicos. LTC. Obtenido de <https://es.b-ok.lat/book/5599633/a0efe2?dsorce=recommend>
- BlueSol, Energia Solar. (21 de agosto de 2020). Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica (Vol. I). Brasil: BlueSol. Obtenido de <https://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdução-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>
- Calderon, J. (2014). Sistemas de Iluminacion en Aeronáutica. Obtenido de <https://www.icao.int/NACC/Documents/Meetings/2014/ANEX14SJ/D3-3.pdf>
- Celis, T. B. (2018). Ayudas luminosas para la pista de aterrizaje del nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero- Cusco. Callao, Lima, Peru. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12952/5757>
- Convenio de Chicago. (2013). Derecho Aeronáutico. Obtenido de <https://derechoaeronauticoiuac.wordpress.com/convenio-chicago/>
- Delgado, C. (septiembre de 2014). El vuelo por instrumentos. Obtenido de <http://elvueloporinstrumentos.blogspot.com/2014/09/luces-de-pista-de-aterrizaje.html>

- Dirección General de Aviación Civil DGAC. (2018). Circular de asesoramiento - CA :314-5.3. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/mtc/informes-publicaciones/345531-circular-de-asesoramiento-ca-314-5-3-2018>
- Dirección General de Aviación Civil DGAC. (2021). RAP 314 Diseño y Operaciones de Aeródromos. Perú. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/390298/Texto%20de%20Regulaci%C3%B3n%20Volumen%20I%20-%20Dise%C3%B1o%20y%20Operaciones%20de%20Aer%C3%B3dromos.pdf>
- Eadic. (7 de diciembre de 2016). Tendencias en iluminación de campos de vuelo. Obtenido de <https://eadic.com/blog/entrada/tendencias-en-iluminacion-de-campos-de-vuelo/>
- Energia Innovadora. (2022). Paneles solares intipower. Arequipa: Intipower. Obtenido de <https://www.energiainnovadora.com/product-category/sistema-solar-fotovoltaico/paneles-solares/paneles-solares-intipower/>
- Falconi, R. (2014). Sistema electronico de Luces indicadoras de Precision de pendiente de Aproximacion)P.A.P.I.Precision Approach Path indicator) para la operatividad del Aeropuerto de Jumandy de la ciudad del Tena. Ambato, Ecuador. Obtenido de [repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8538/1/Tesis\\_t940ec.pdf](repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8538/1/Tesis_t940ec.pdf)
- Flight Light. (24 de marzo de 2022). L-830 Series Isolation Transformers. Transformes, 1. Obtenido de [https://cdn.flightlight.com/app/uploads/2022/03/24104719/L-830-Series-Isolation-Transformers.pdf?\\_gl=1\\*1f2hc02\\*\\_gcl\\_aw\\*R0NMLjE2NjYyMTczNTYuQ2p3S0NBand3TDZhQmhCbEVpd0FEeWNCSUY0OEtmcxxxSXpwdUV3MXh1eTJJTXJpYW9NSHpUVVJtZm9QanZhZ1VTdlpHWUFUNWxDtNFCb0NINXNRQXZE](https://cdn.flightlight.com/app/uploads/2022/03/24104719/L-830-Series-Isolation-Transformers.pdf?_gl=1*1f2hc02*_gcl_aw*R0NMLjE2NjYyMTczNTYuQ2p3S0NBand3TDZhQmhCbEVpd0FEeWNCSUY0OEtmcxxxSXpwdUV3MXh1eTJJTXJpYW9NSHpUVVJtZm9QanZhZ1VTdlpHWUFUNWxDtNFCb0NINXNRQXZE)
- ILS. (2022). Cable primario de balizamiento - RHZ1(AS). China: ILS. Obtenido de <http://youyang.es/wp-content/uploads/2022/03/HY-Cable-Primario-RHZ1-UNE-21161-2017.pdf>
- Jinko Solar. (2020). TR 78M 560-580 Watt Mono Facial. Jinko Solar. Obtenido de <https://jinkosolar.eu/files/jinko/download/2020/datasheet/Tiger-Pro/Mono-78/TR%20JKM560-580M-7RL4-V-D5-EN.pdf>

- Mkt, T. (12 de abril de 2022). Top Cable. Obtenido de <https://www.topcable.com/blog-electric-cable/cables-para-instalaciones-fotovoltaicas/>
- NASA. (8 de mayo de 2021). The POWER Project. Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/>
- Negró, J. J. (2015). Instalaciones eléctricas aeroportuarias lado aire: (aeropuerto Alicante-Elche). Elche. Recuperado el 13 de Mayo de 2016, de <http://hdl.handle.net/10016/22973>
- Ocem. (2017). Indicador de precisión de la senda de aproximación. Ocem. Obtenido de [https://ocem.com/wp-content/uploads/download-manager-files/1492013155wpdm\\_PAPI\\_ES-Rev.D.pdf](https://ocem.com/wp-content/uploads/download-manager-files/1492013155wpdm_PAPI_ES-Rev.D.pdf)
- Organización de Aviación Civil Internacional OACI. (1983). Doc 9157 AN/901 Manual de diseño de Aeródromos - Parte 5: Sistemas eléctricos (Primera ed.). Organización de Aviación Civil Internacional.
- Organización de Aviación Civil Internacional OACI. (2004). Doc 9157 AN/901 Manual de diseño de aeródromos - Parte 4: Ayudas visuales (Cuarta ed.). Organización de Aviación Civil Internacional.
- Organización de Aviación Civil Internacional OACI. (2005). Doc 9157 AN/901 Manual de diseño de aeródromos - Parte 2: Calles de rodaje, plataformas y apartaderos de espera (Cuarta ed.). Organización de Aviación Civil Internacional. Obtenido de <https://pdfslide.net/documents/9157-manual-de-diseno-de-aerodromos-parte-2-rodaje-y-plataformaspdf.html?page=1>
- Organización de Aviación Civil Internacional OACI. (2016). Anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional (Septima ed., Vol. I). Organización de Aviación Civil Internacional. Obtenido de <https://www.anac.gov.ar/anac/web/uploads/normativa/anexos-oaci/anexo-14-vol-i.pdf>
- Organización de Aviación Civil Internacional OACI. (2022). Organización de Aviación Civil Internacional. Obtenido de <https://www.icao.int/about-icao/Pages/ES/default.aspx>
- Paccieri, R. (20 de noviembre de 2020). Fenix Aeronáutica. Obtenido de <https://www.fenixaeronautica.com/post/luces-papi-1>

- Pylontech. (2020). Low voltage energy storage system. Pylontech. Obtenido de <https://autosolar.pe/pdf/Datasheet-US2000-US3000.pdf>
- Roca, J. (22 de Julio de 2021). elperiodicodelaenergia. Obtenido de <https://elperiodicodelaenergia.com/la-energia-solar-imparable-superara-el-teravatio-instalado-en-2022/>
- Rodríguez, P. L. (01 de octubre de 2021). Todoplacassolares. Obtenido de <https://todoplacassolares.com/baterias-estacionarias/>
- SUNMASTER. (2019). SUNMASTER. Obtenido de <https://www.solarlightsmanufacturer.com/monocrystalline-and-polycrystalline/?lang=es>
- Victron Energy. (2015). Baterías OPzS. Victron Energy. Obtenido de <https://www.victronenergy.com/upload/documents/Datasheet-OPzS-batteries-ES.pdf>
- Victron Energy. (2019). Inversor/cargador Quattro. Paises Bajos. Obtenido de <https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Datasheet-Quattro-3kVA-15kVA-ES.pdf>
- Victron Energy. (2022). Generación aislada, sistemas auxiliares y aislados. España: Victron Energy. Obtenido de [https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Brochure-Off-Grid-backup-and-island-systems\\_ES\\_web.pdf](https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Brochure-Off-Grid-backup-and-island-systems_ES_web.pdf)
- Victron Energy. (2022). Inversor/cargador Multiplus-II. Victron Energy. Obtenido de <https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Datasheet-MultiPlus-II-inverter-charger-ES.pdf>
- Victron Energy. (2022). Software. Obtenido de <https://www.victronenergy.com.es/support-and-downloads/software>
- Victron Energy. (2022). Victron Energy. Obtenido de <https://www.victronenergy.com.es/solar-charge-controllers>
- Yébenes, J. (10 de agosto de 2015). Gaceta Aeronautica. Obtenido de <https://www.gacetaaeronautica.com/gaceta/wp-101/?p=12829>

- Youyang. (2009). Inset omnidirectional taxiway edge light. Korea: Youyang. Obtenido de [http://youyang.es/wp-content/uploads/2019/09/ILC-Ficha\\_Eng.pdf](http://youyang.es/wp-content/uploads/2019/09/ILC-Ficha_Eng.pdf)
- Youyang. (2015). Inset high intensity light. Youyang. Obtenido de [http://youyang.es/wp-content/uploads/2019/09/IHE-ALS-LED-\\_-Eng-1.pdf](http://youyang.es/wp-content/uploads/2019/09/IHE-ALS-LED-_-Eng-1.pdf)
- Youyang. (2017). Centro de control y seguimiento. Youyang. Obtenido de [http://youyang.es/wp-content/uploads/2019/10/ALCMS-Ficha\\_ESP-web.pdf](http://youyang.es/wp-content/uploads/2019/10/ALCMS-Ficha_ESP-web.pdf)
- Youyang. (2017). Kit conector primario. España: Youyang. Obtenido de [http://youyang.es/wp-content/uploads/2019/10/CK1-Ficha\\_ESP-web.pdf](http://youyang.es/wp-content/uploads/2019/10/CK1-Ficha_ESP-web.pdf)
- Youyang. (2017). Kit conector secundario. España. Obtenido de [http://youyang.es/wp-content/uploads/2019/10/CK2-Ficha\\_ESP-web.pdf](http://youyang.es/wp-content/uploads/2019/10/CK2-Ficha_ESP-web.pdf)
- Youyang. (2017). Luz led empotrada de alta intensidad. Youyang. Obtenido de [http://youyang.es/wp-content/uploads/2019/09/IHF-LED-Ficha\\_ESP-web.pdf](http://youyang.es/wp-content/uploads/2019/09/IHF-LED-Ficha_ESP-web.pdf)
- Youyang. (2017). Regulador de intensidad constante. España: Youyang. Obtenido de [http://youyang.es/wp-content/uploads/2019/09/CCR\\_2-Ficha\\_ESP-web.pdf](http://youyang.es/wp-content/uploads/2019/09/CCR_2-Ficha_ESP-web.pdf)
- Youyang. (2017). Transformador de aislamiento. España: Youyang. Obtenido de [http://youyang.es/wp-content/uploads/2019/10/IT-Ficha\\_ESP-web.pdf](http://youyang.es/wp-content/uploads/2019/10/IT-Ficha_ESP-web.pdf)
- Youyang. (27 de Octubre de 2019). Balizamiento Unidad PAPI 400 Indicador de Precisión de Pendiente. Obtenido de <http://youyang.es/balizamiento-unidad-papi-400-indicador-precision/>
- Zgsm. (2020). Series-M Projector Lights. Recuperado el 21 de Diciembre de 2021, de [https://es.zgsm-china.com/wp-content/uploads/2021/12/Specification\\_M\\_StadiumLight.pdf](https://es.zgsm-china.com/wp-content/uploads/2021/12/Specification_M_StadiumLight.pdf)

## ANEXOS

### ANEXO 1: Indicador de precisión de la senda de aproximación



www.oceam.com  
oannata@oceam.com



# PAPI

## INDICADOR DE PRECISIÓN DE LA SENDA DE APROXIMACIÓN



#### ESPECIFICACIONES

OACI: Anexo 14 - Volumen I pár. 5.3.5 y Manual de Diseño de Aeródromos - Parte 4  
OTAN: STANAG 3316

#### APLICACIONES

El sistema PAPI proporciona al piloto una indicación visual fidedigna de la posición de la aeronave con relación a la senda óptima de planeo en la aproximación final a la pista. Un sistema PAPI de aeropuerto está formado en general por cuatro unidades, dispuestas en un lado de la pista, preferiblemente la izquierda, a fin de formar una barra; cada unidad está equipada con dos lámparas (Anexo 14 OACI) o tres lámparas (Manual de Diseño de Aeródromos OACI – OTAN Stanag). Si es necesario, una segunda barra se puede proporcionar en el lado derecho. La unidad PAPI produce un haz luminoso, con la parte superior blanca y la inferior roja, con una transición brusca. Cuando un piloto sigue el ángulo correcto, el sistema muestra las dos unidades más cerca del borde de la pista de color de rojo y las otras dos de color blanco; para ángulos superiores aumenta el número de unidades de color blanco, mientras que para ángulos inferiores aumentan las unidades de color rojo.

#### VENTAJAS

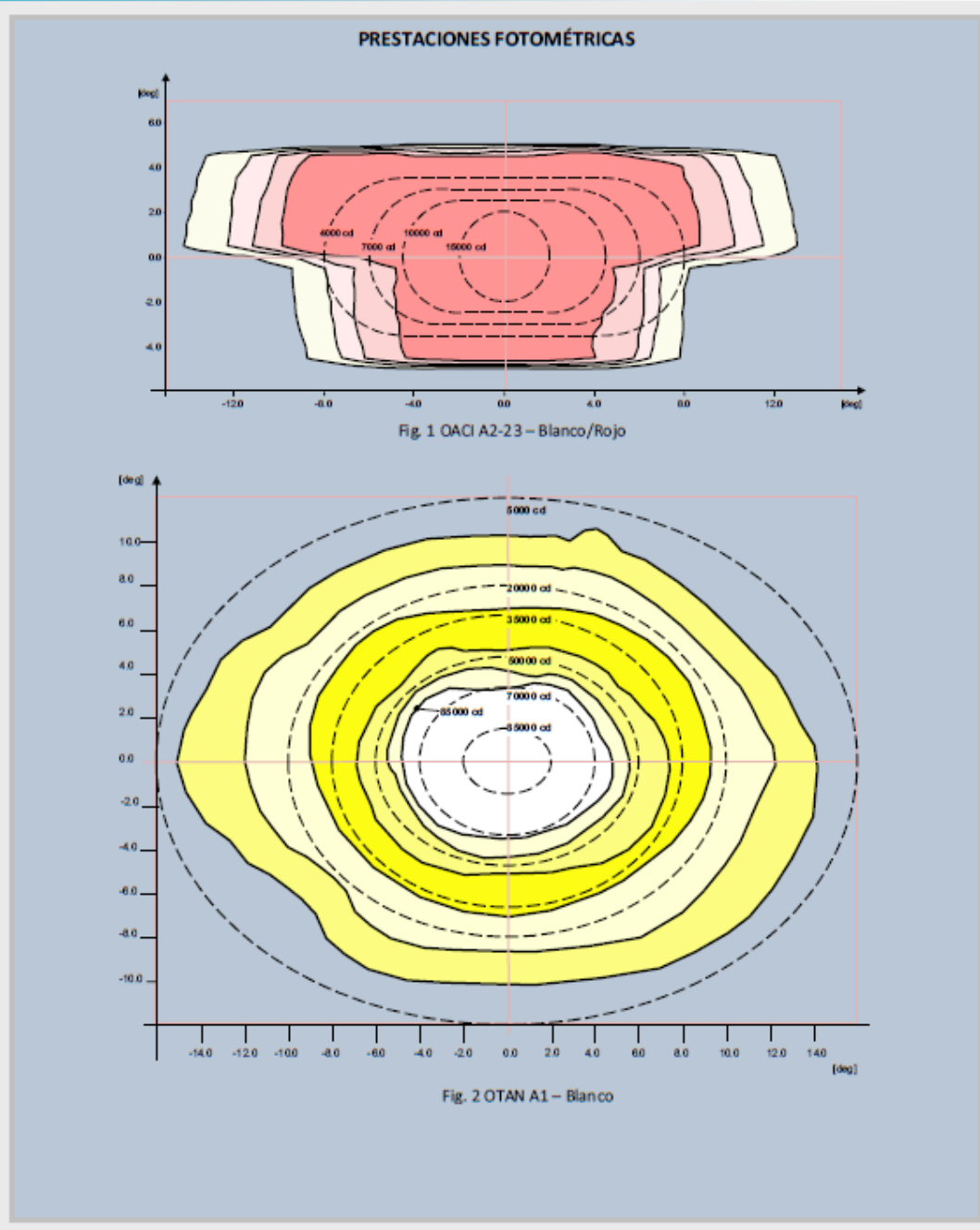
- Vida media de las lámparas 1500 horas a plena intensidad, y más de 3000 horas en las condiciones habituales de uso
- Todas las unidades son iguales entre ellas y están orientadas en el sitio basándose en el ángulo nominal de descenso
- Instalación rápida y fácil

#### PRESTACIONES

- Cuerpo hecho de una caja de chapa de aluminio, que comprende un panel frontal para las lentes, dos paneles interiores para el montaje de los reflectores y de los filtros, respectivamente, y un panel trasero de cierre
- Cuatro patas de montaje para obtener la máxima estabilidad, cada una formada por un tubo de aluminio con ranura, para asegurar la frangibilidad de la unidad en caso de impacto, y una varilla roscada de acero inoxidable, para permitir el ajuste fino en altura y la nivelación de la caja. Las patas están disponibles en varias longitudes para compensar la inclinación del terreno
- Tapa superior de chapa de aluminio, desmontable aflojando dos resortes de acero inoxidable con provisiones para cierre con candado
- Un latiguillo de conexión por cada lámpara
- Bajo pedido, la caja se puede dotar de un vidrio frontal de protección
- Bajo pedido, cada cable de conexión se puede suministrar completo con tubo flexible de acero galvanizado, recubierto de PVC, para protección
- Grado de protección: IP44
- Temperatura de operación: -55°C a +55°C

#### INSTALACIÓN

- Sobre una base de hormigón mediante manguitos roscados de anclaje o platos roscados de anclaje; se puede suministrar, como accesorio, un bastidor para su montaje
- Para la nivelación y la orientación de las unidades están disponibles un nivel lineal y un clinómetro



**OCEM**, a division of Energy Technology srl  
 Via della Solidarietà 2/1  
 40056 Valsamoggia (Bologna) - Italy  
 Ph: +39 051 66 56 611 – [www.ocem.com](http://www.ocem.com)

**OCEM**<sup>®</sup>  
 AirfieldTechnology

Dimensiones totales 401CU-2

Dimensiones totales 401CU-3 y 401MU-3

**401CP - 2 - 20 - 16**

**Modelo:** \_\_\_\_\_

**Aplicación:**  
C = OACI  
M = OTAN\*

**Sistema:** \_\_\_\_\_  
P = Sistema PAPI 4 unidades  
A = Sistema A-PAPI 2 unidades  
U = Unidad Sencilla

**Número de Lámparas:** \_\_\_\_\_  
2 = Dos Lámparas por Unidad  
3 = Tres Lámparas por Unidad

**Lámparas:** \_\_\_\_\_  
20 = 200W 6,6A PK 30/d

**Opciones:** \_\_\_\_\_  
16 = Vidrio Frontal de Protección  
18 = Tubos Flexibles para Protección de los Latiguillos de Conexión  
ANT = Calentador de condensación

\* Solamente para tipo de tres lámparas

PAPI	401CU-2	401CU-3	401MU-3
T	360	570	570

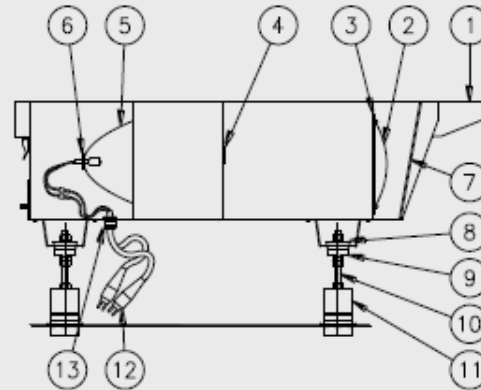
**OCEM**, a division of Energy Technology srl  
Via della Solidarietà 2/1  
40056 Valsamoggia (Bologna) - Italy  
Ph: +39 051 66 56 611 – www.ocem.com

**OCEM**<sup>®</sup>  
AirfieldTechnology

**PIEZAS DE REPUESTO**

- 1 Tapa superior
- 2 Lente de vidrio óptico delantera
- 3 Anillo de lente
- 4 Filtro de vidrio templado rojo
- 5 Reflector con placa portalámpara
- 6 Lámpara
- 7 Vidrio frontal
- 8 Contra junta esférica para columna de soporte
- 9 Junta esférica para columna de soporte
- 10 Varilla roscada
- 11 Pie de aluminio con ranura de fractura
- 12 Cable de conexión con clavija L.823
- 13 Prensaestopas completo

Tomar como referencia el manual técnico específico para la lista completa de recambios

**ACCESORIOS**

- |          |   |
|----------|---|
| 315.4100 | Manguito de anclaje con rosca 2"-11 GAS   |
| 303.7310 | Plato de anclaje con rosca 2"-11 GAS  |
| 013.0008 | Tubo acodado de acero galvanizado solamente con rosca 2"-11 GAS en el extremo superior  |
| 315.3210 | Tubo acodado de acero galvanizado con los dos extremos roscados 2"-11 GAS               |
| 013.0010 | Juego de dos anillos en nylon para soporte del enchufe dentro del tubo acodado          |
| 315.1228 | Base L-867, Clase I, tamaño B, 24" (61cm) de profundidad                                |
| 013.0023 | Placa base para base L-867, dos entradas roscadas, con junta y abrazaderas para cables  |
| 013.0024 | Placa base para base L-867, tres entradas roscadas, con junta y abrazaderas para cables |
| 332.3300 | Bastidor para posicionamiento de anclajes para unidad de 2 lámparas                     |
| 332.3420 | Bastidor para posicionamiento de anclajes para unidad de 2 lámparas                     |
| 738.2007 | Nivel lineal  |
| 332.3390 | Clinómetro (dispositivo de reglaje de dirección vertical)                               |
| 334.5900 | Tubo frangible, L=145 mm  |
| 334.5905 | Tubo frangible, L=195 mm  |
| 334.5910 | Tubo frangible, L=245 mm  |
| 334.5915 | Tubo frangible, L=295 mm  |
| 334.5920 | Tubo frangible, L=345 mm  |
| 334.5925 | Tubo frangible, L=395 mm  |
| 334.5930 | Tubo frangible, L=445 mm  |
| 334.5935 | Tubo frangible, L=495 mm  |
| 334.5940 | Tubo frangible, L=545 mm  |
| 334.5945 | Tubo frangible, L=595 mm  |
| 334.5950 | Tubo frangible, L=645 mm  |

Para información sobre transformadores y conectores, por favor, consulte los catálogos correspondiente

**Pesos de transporte y Volúmenes**

Tipo	PAPI dos lámparas	PAPI tres lámparas
Peso (kg)	19	29
Volumen (m <sup>3</sup> )	0,220	0,330

Queda reservado el derecho a hacer cambios en el diseño o en las especificaciones sin previo aviso

UC-PU-0065\_ES-Rev.C

**OCEM**, a division of Energy Technology srl  
Via della Solidarietà 2/1  
40056 Valsamoggia (Bologna) - Italy  
Ph: +39 051 66 56 611 – www.ocem.com

**OCEM**<sup>®</sup>  
AirfieldTechnology

## ANEXO 2: Luz empotrada de alta intensidad

 <b>YOUYANG</b> AIRPORT LIGHTING EQUIPMENT INC.	<b>ILS</b>	
<b>IHF</b>	<b>LUZ LED EMPOTRADA DE ALTA INTENSIDAD</b>	
	<b>LED</b>	<b>ALTURA SOBRE PAVIMENTO 12 mm</b>
	IHF - RHTL: LUZ DE UMBRAL DE PISTA IHF - RENL: LUZ DE EXTREMO DE PISTA IHF - REDL: LUZ DE BORDE DE PISTA IHF - WBAR: LUZ DE BARRA DE ALA DE UMBRAL IHF - RTHL/RENL: LUZ UMBRAL / EXTREMO DE PISTA	



**Cumplimiento de normas:**  
 OACI: Anexo 14, Vol. 1, Apartado 5.3.9/10/11  
 IEC 61827  
 FAA: AC 150/5345-46 A, L-850C, D, E  
 AENA: PPT 010, PPT 011  
 KS: KS W 5011 (Norma Coreana)

La IHF es una gama de luces empotradas de poca altura sobre el pavimento (12 mm) de 12 pulgadas desarrollada con la última tecnología disponible para aplicaciones, tales como umbral de pista, extremo, umbral/extremo, barra de ala y borde de pista, con tecnología LED.

**Características**

- Luz empotrada LED de alta intensidad de poca altura sobre el pavimento (12 mm)
- Cuerpo fabricado en aleación de aluminio de bajo peso, con altas resistencia mecánica y durabilidad
- Prisma montado sobre tapa superior con junta reemplazable para fácil mantenimiento sin sellado
- Materiales ecológicos
- Superficie superior con pendiente suave
- Larga vida de la fuente luminosa, mayor de 56.000 horas a brillo máximo y 100.000 horas en condiciones normales de funcionamiento
- Montaje directo sobre caja base de 12"
- Montaje sobre caja base profunda de 12" estándar
- FAA L-868

Válvula para ensayo de estanqueidad después de mantenimiento

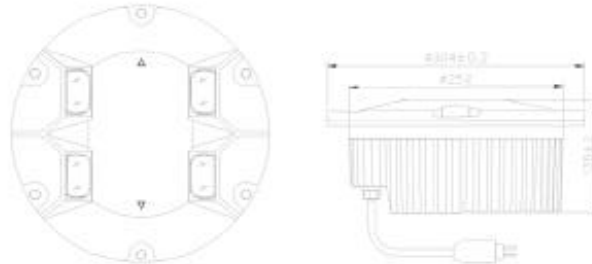


IHF Cat. N°: C-700-a

Página 1 de 4

# IHF

## LUZ EMPOTRADA DE ALTA INTENSIDAD DE BAJO RESALTE SOBRE PAVIMENTO



Unidades: mm

### COMPONENTES



**IHF-RTHL/WBAR**



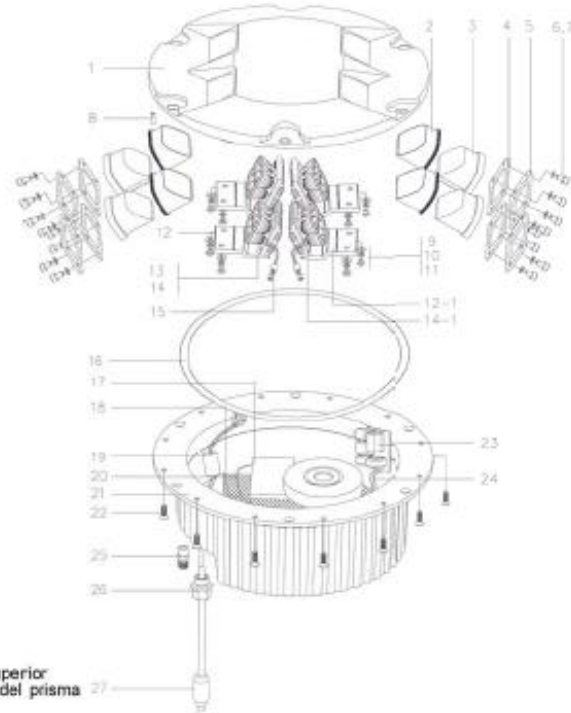
**IHF-RENL**



**IHF-RTHL/RENL**

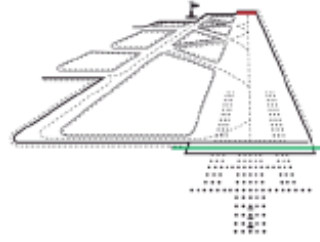


**IHF-REDL**



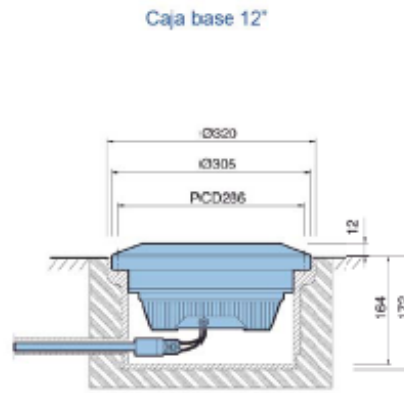
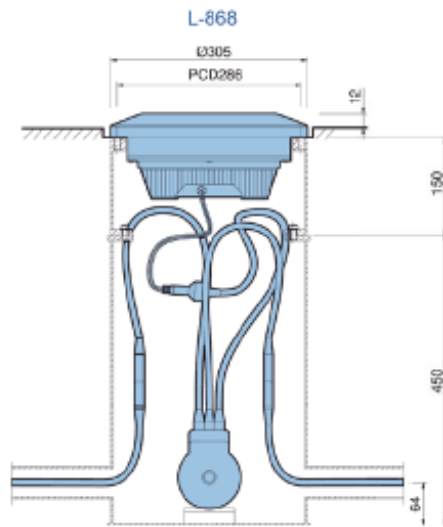
- |                         |                                  |
|-------------------------|----------------------------------|
| 1. Cuerpo superior      | 23. Filtro de ruido PCB          |
| 2. Envoltura del prisma | 24. Supresor de picos de tensión |
| 3. Prisma               | 25. Válvula de control           |
| 4. Tope de la envoltura | 26. Preaestopas                  |
| 5. Tope del prisma      | 27. Conector macho               |
| 6. Tornillo             |                                  |
| 7. Arandela elástica    |                                  |
| 8. Pasador de resorte   |                                  |
| 9. Tornillo             |                                  |
| 10. Arandela plana      |                                  |
| 11. Arandela elástica   |                                  |
| 12. Soporte módulo LED  |                                  |
| 13. Reflector           |                                  |
| 14. Módulo LED          |                                  |
| 15. Filtro EMI          |                                  |
| 16. Junta tórica        |                                  |
| 17. Conjunto de control |                                  |
| 18. Moldura             |                                  |
| 19. Filtro EMI          |                                  |
| 20. Alambre             |                                  |
| 21. Tapa inferior       |                                  |
| 22. Tornillo            |                                  |

# IHF



## SISTEMAS DE MONTAJE TÍPICOS

Unidades: mm

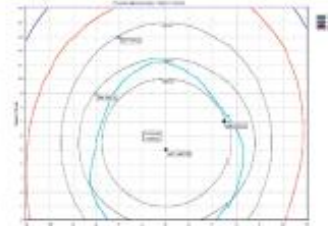


**CARACTERÍSTICAS FOTOMÉTRICAS**

➤ Luz de umbral de pista

Color	Ángulo		Lámparas	Intensidad OACI	Intensidad media
	V	H			
Verde	1 - 10°	± 5.5°	6.6 A, 65 VA	10,000 cd	11,089 cd

• Cromaticidad: Verde X: 0.1508, Y: 0.6042

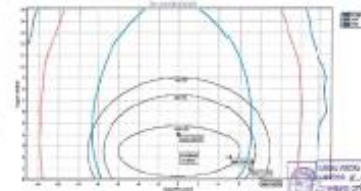


Luz de umbral de pista

➤ Luz de extremo de pista

Color	Ángulo		Lámparas	Intensidad OACI	Intensidad media
	V	H			
Rojo	0.25 - 4.75°	± 6°	6.6 A, 50 VA	2,500 cd	3,187 cd

• Cromaticidad: Rojo X: 0.6905, Y: 0.3095

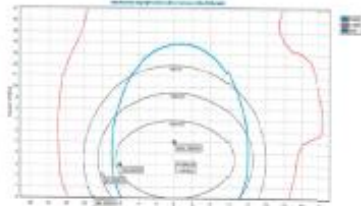


Luz de extremo de pista

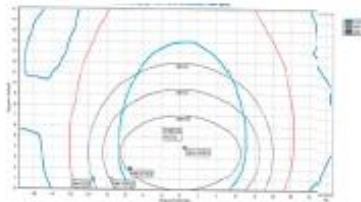
➤ Luz de borde de pista – 60 m

Color	Ángulo		Lámparas	Intensidad OACI	Intensidad media
	V	H			
Blanco	0 - 7°	± 6.5°	125 VA	10,000 cd	11,918 cd
Amarillo	0 - 7°	± 6.5°	110 VA	4,000 cd	4,723 cd

• Cromaticidad: Blanco X: 0.3611, Y: 0.3767  
Amarillo X: 0.5990, Y: 0.4003



Luz de borde de pista – Blanco



Luz de borde de pista – Amarillo

Las menciones al cumplimiento de especificaciones se refieren a su última edición a la fecha de publicación de este catálogo, y no deben ser consideradas como limitativas debido a las continuas mejoras que YOUYANG impone a la fabricación y diseño de sus productos.

## ANEXO 3: Luz de calle de rodaje

CAT. NO: C-501-A

# ILC<sub>6mm</sub>

INSET OMNIDIRECTIONAL LOW INTENSITY LIGHT  
(PROTRUSION: 6mm)



ILC-TEDL : INSET OMNIDIRECTIONAL TAXIWAY EDGE LIGHT

Compliance with standards

ICAO : Annex14 Para 5.3.16

IEC : 61827

FAA : AC 150/5345-46, L-852T

K S : KS W 5011(Korean Standard)

The ILC light has been developed using the latest technology available. It is part of a complete range of inset lights covering all the current applications of airfield lighting. The ILC & IMA is suitable for taxiway edge, apron edge and heliport lighting.

### Features

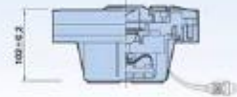
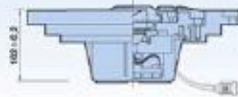
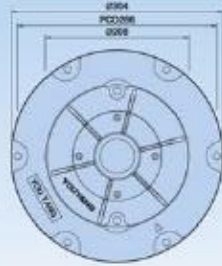
- Low protrusion above the ground(only 6mm)
- Body Forging made of aluminium alloy for lightness, mechanical strength and durability
- Environmental friendly materials
- Lens mounted to the upper cover with use of replaceable gaskets to facilitate replacement by maintenance personnel
- Smooth sloped upper surface
- Low Power consumption (40W 6.6A lamp)
- Long lamp life 1000 hours at full brilliancy
- Direct mounting on 8" shallow base with only two screws
- Mounting on standard 12" shallow base deep bases through specific aluminium adaptor ring
- Air Valve included for watertightness testing after maintenance



 **YOUYANG**  
AIRPORT LIGHTING EQUIPMENT INC.

# ILC

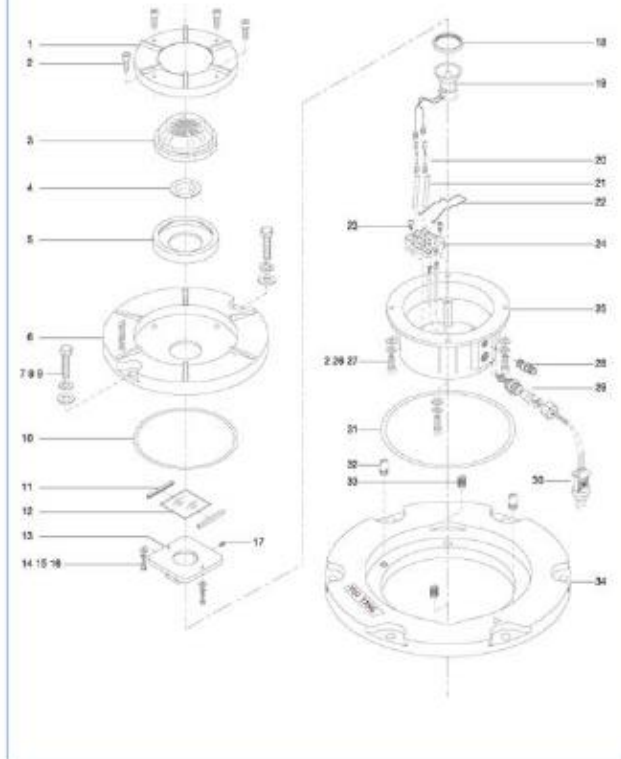
## INSET OMNIDIRECTIONAL LOW INTENSITY LIGHT

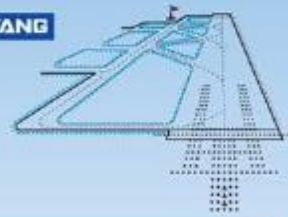


Unit: mm

1. Dome lens cover
2. Bolt(Wrench)
3. Dome lens
4. Cone mirror
5. Lens packing
6. Upper cover
7. Bolt
8. Spring washer
9. Plate Washer
10. O ring
11. Filter packing
12. Color filter
13. Lamp support
14. Bolt(truss)
15. Spring washer
16. Plate Washer
17. Bolt(truss)
18. Lamp packing
19. Halogen lamp
20. Wire
21. Silicone tube
22. Lamp spring
23. Bolt(2ea cutting)
24. Terminal block
25. Lower cover
26. Spring washer
27. Plate Washer
28. Check valve
29. Cable connector
30. Plug
31. O ring
32. Positional pin
33. Helicoil
34. Adapter ring

### Components



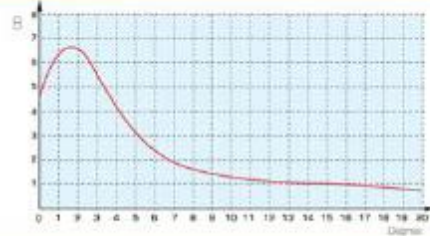


Photometric Performance

Taxiway Edge Light

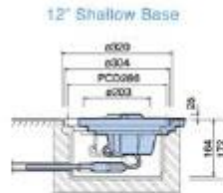
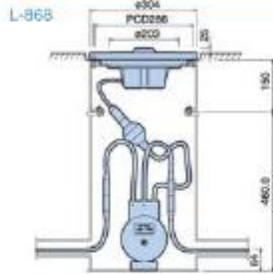
Color	Angle		Lamp	FAA Intensity	Minimum Intensity
	V	H			
Blue	0-6°	360°	40Wx1	2cd	2.5cd

● Chromaticity  
- Blue X:0.2105, Y:0.1316



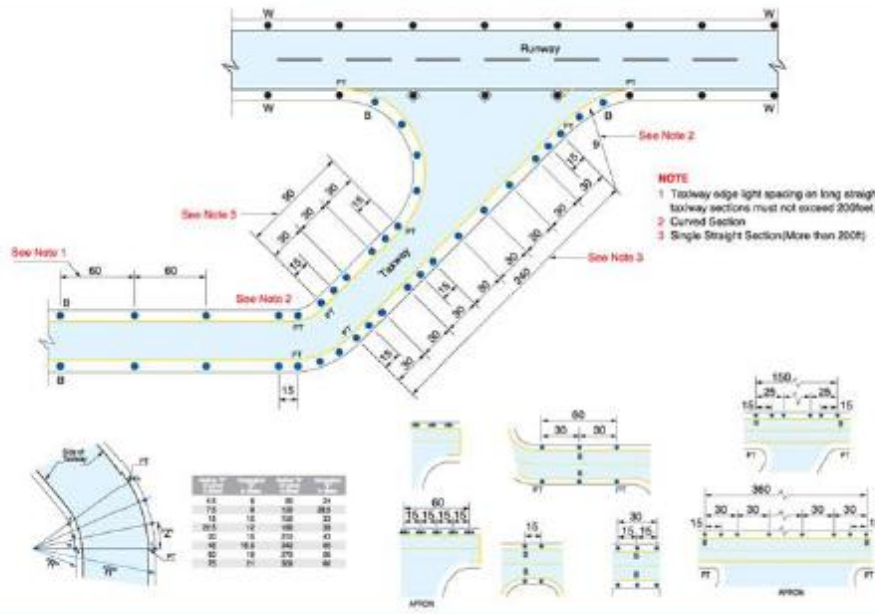
Typical Mounting System

Unit: mm



Lighting Layout Information

Unit: m





INSET OMNIDIRECTIONAL LOW INTENSITY LIGHT (PROTRUSION: 6mm)

### Ordering Code

**I L C - T E D L - 1 - 0 4 0 - 0 1**

Model Name: ILC-TEDL

Size: 1.8" x 2.12"

Lamp Wattage: 040-6.6A 40W(MR-11)

Light Color: 01: Blue 02: Yellow

### Description

Model Name	Item	Specification
ILC - TEDL	Taxiway Edge Light	6.6A 40W x 1 Blue
	Taxiway Edge Light	6.6A 40W x 1 Yellow

### Spare Parts

Description	Specification	Ordering code
Upper Cover	Taxiway Edge Light	911-048F
Lower Cover	1 Lead	Z141100
Prism	6mm	142-033E
Color Filter	Blue	143-073A
	Yellow	143-052A
Lamp	6.6A 40W, MR-11	111-200A



#### Head Office

738-2, Kwanyang-Dong, Dongan-Ku,  
Anyang City, Kyunggi-Do, Korea  
Tel : 82-31-422-0021 Fax : 82-31-424-6044  
<http://www.youyang.co.kr> E-mail: [youyang@youyang.co.kr](mailto:youyang@youyang.co.kr)

Specifications and features in this catalogue are subject to change. Mar 1, 2008, SC04.

## ANEXO 4: Luz de aproximación de pista



# IHE-L

Inset High Intensity Light

### COMPLIANCE WITH STANDARDS

ICAO : ANNEX 14 PARA 5.3.4/10/11

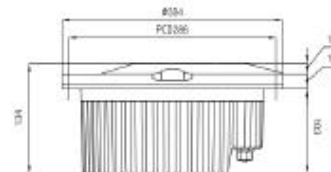
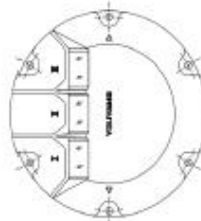
IEC : 61827

KS : KSW 5031(KOREAN STANDARD)

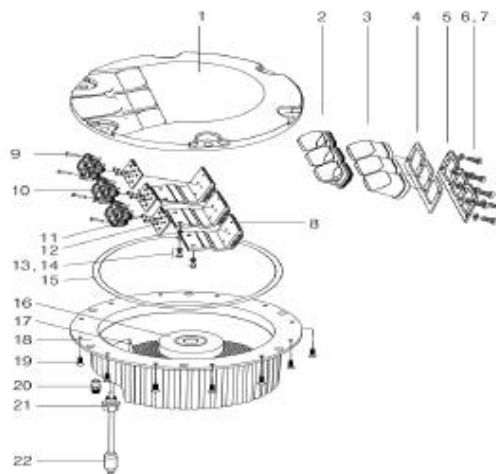
### 1. SPECIFICATION

- INPUT POWER : 2.8~6.6A
- LIFE TIME OF LIGHT : 50,000hrs
- PROTECTION CLASS : IP68
- PROTRUSION HEIGHT : 12mm
- MINIMUM AVERAGE INTENSITY : 5,000cd~20,000cd
- CHROMATICITY : WHITE

### 2. EXTERIOR FIGURE



### 3. COMPONENTS



- 1 Upper cover
- 2 Packing
- 3 Prism
- 4 Packing
- 5 Prism stopper
- 6 Spring washer
- 7 Bolt
- 8 Lamp Stopper
- 9 Bolt
- 10 Reflector
- 11 Bolt
- 12 LED module
- 13 Spring washer
- 14 Bolt
- 15 "O" ring
- 16 Control assembly
- 17 molding
- 18 Lower cover
- 19 Bolt
- 20 Check velve
- 21 Cable gland
- 22 2 Pole plug

YOUYANG Airport Lighting Equipment Inc. 738-2, Kwanyang-dong, Dongan-gu, Anyang-si, Gyeonggi-do, Korea  
 Tel: +82 31 422 0021 Fax: +82 31 424 6044 Homepage: [www.youyang.co.kr](http://www.youyang.co.kr) Email: [youyang@youyang.co.kr](mailto:youyang@youyang.co.kr)

## ANEXO 5: Transformador de aislamiento

	
	<b>TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO</b> IT 1: TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO IT 2: TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO (con tierra) IT 3: TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO (baja impedancia)
	<p><b>Cumplimiento de normas:</b> IEC 61823 FAA: AC 150/5345-47, L-830 K S: KS W 5111 (Norma Koreana) AENA: PPT-006</p> <p>Los transformadores de aislamiento IT están diseñados para ser usados en los circuitos de luces de ayudas visuales de aeropuertos.</p> <p>Los transformadores tienen dos devanados, primario y secundario, bobinados independientemente en un núcleo magnético toroidal y completamente aislados uno del otro.</p> <p>Los transformadores toroidales son más precisos que los transformadores bobinados en un núcleo convencional.</p> <p>Esto conlleva una menor corriente de cortocircuito, menor tensión de circuito abierto, y tamaño y peso reducido.</p>
	<p><b>Características</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Completamente estancos al agua</li><li>• Encapsulados en goma termoplástica</li><li>• Resistentes al aceite, keroseno, fuel de aviación, ácidos y bases, y otros compuestos químicos presentes en aeropuertos.</li><li>• Temperatura de operación: -55°C a +55°C</li><li>• Cable primario de 600 m de longitud, sección de 8 mm<sup>2</sup>, aislamiento de goma termoplástica.</li><li>• Cable secundario de 1200 mm de longitud, 2 cables de 3,5 mm<sup>2</sup> de sección, aislamiento de goma termoplástica.</li><li>• Conectores primarios macho y hembra FAA L-823 Estilo 2.</li><li>• Conector secundario hembra FAA L-823, Estilo 7.</li><li>• Disponibles con o sin toma de tierra.</li></ul>
	

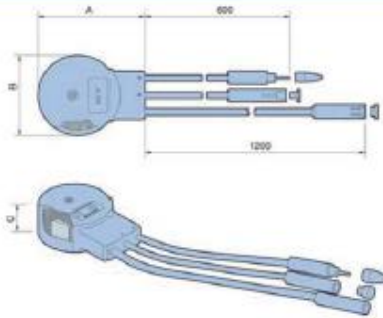
Info@ILS-Balizamiento.es

# IT

## TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO



FIGURA



➤ Dimensiones (Unidades: mm)

Potencia	A	B	C
10 a 25W	140	110	52
45 a 65 W	175	134	60
100 a 200 W	192	147	76
300 W	204	158	80

## INFORMACION PARA PEDIDOS


➤ Sin tierra


Tipo	Potencia (W)	Int. Prim. (A)	Int. Sec. (A)	Frecuencia (Hz)	Tensión nominal (V)
IT1-10/15-66	10/15	6,6	6,6	50/60	5000
IT1-20/25-66	20/25	6,6	6,6	50/60	5000
IT1-45-66	45	6,6	6,6	50/60	5000
IT1-65-66	65	6,6	6,6	50/60	5000
IT1-100-66	100	6,6	6,6	50/60	5000
IT1-100-266	100	20,0	6,6	50/60	5000
IT1-150-66	150	6,6	6,6	50/60	5000
IT1-150-266	150	20,0	6,6	50/60	5000
IT1-200-66	200	6,6	6,6	50/60	5000
IT1-200-266	200	20,0	6,6	50/60	5000
IT1-300-66	300	6,6	6,6	50/60	5000
IT1-300-266	300	20,0	6,6	50/60	5000

➤ Con tierra

Tipo	Potencia (W)	Int. Prim. (A)	Int. Sec. (A)	Frecuencia (Hz)	Tensión nominal (V)
IT1-10/15-66	10/15	6,6	6,6	50/60	5000
IT1-20/25-66	20/25	6,6	6,6	50/60	5000
IT1-45-66	45	6,6	6,6	50/60	5000
IT1-65-66	65	6,6	6,6	50/60	5000
IT1-100-66	100	6,6	6,6	50/60	5000
IT1-100-266	100	20,0	6,6	50/60	5000
IT1-150-66	150	6,6	6,6	50/60	5000
IT1-150-266	150	20,0	6,6	50/60	5000
IT1-200-66	200	6,6	6,6	50/60	5000
IT1-200-266	200	20,0	6,6	50/60	5000
IT1-300-66	300	6,6	6,6	50/60	5000
IT1-300-266	300	20,0	6,6	50/60	5000

## ANEXO 6: Kit conector primario






CK1

**KIT CONECTOR PRIMARIO**

CK1-S: KIT CONECTOR PRIMARIO PARA CABLE APANTALLADO  
CK1-U: KIT CONECTOR PRIMARIO PARA CABLE NO APANTALLADO



**Cumplimiento de normas:**  
IEC: 61823  
FAA: AC 150/5345-26, L-823  
KS: KSW 5111 (Norma Koreana)  
AENA: PPT-003

**Propiedades eléctricas:**  
Corriente nominal: 25 A  
Tensión nominal: 5000 V

**INFORMACIÓN PARA PEDIDOS**

C	K	1	-	S	-	8	-	0	9	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Modelo: CK1

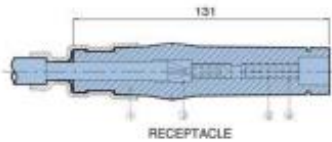
Tipo: S: Apantallado, U: no apantallado

Tamaño del conductor: 6, 8 mm<sup>2</sup>, 9, 11 mm<sup>2</sup>

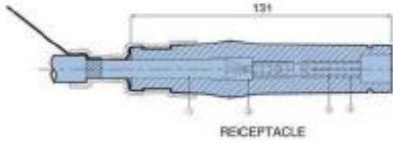
Tamaño del aislamiento del cable (mm):

Tipo	Tamaño del conductor (mm <sup>2</sup> )	Tamaño del aislamiento	Código
Apantallado	6 mm <sup>2</sup>	XX,X	CK1-S-6-XX,X
	8 mm <sup>2</sup>	XX,X	CK1-S-8-XX,X
No apantallado	6 mm <sup>2</sup>	XX,X	CK1-U-6-XX,X
	8 mm <sup>2</sup>	XX,X	CK1-U-8-XX,X

**FIGURAS**

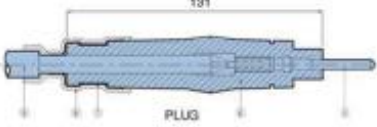


RECEPTACLE

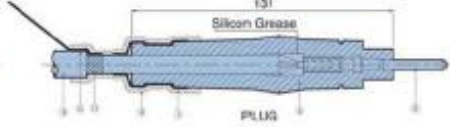


RECEPTACLE

1. Alojamiento hembra
2. Grasa
3. Hembra
4. Muelle
5. Pin
6. Alojamiento macho
7. Tubo termo retráctil
8. Cinta
9. Aislamiento exterior del cable
10. Cable tierra
11. Anillo tierra



PLUG



PLUG

CK1 Cat. Nº: D-300-b-CK1

Página 1 de 1

# CK2

## KIT CONECTOR SECUNDARIO

CK2-1: KIT CONECTOR SECUNDARIO PARA CABLE UNIPOLAR  
CK2-2: KIT CONECTOR SECUNDARIO PARA CABLE BIPOLAR



**Cumplimiento de normas:**  
IEC: 61823  
FAA: AC 150/5345-26, L-823  
KS: KSW 5111 (Norma Koreana)  
AENA: PPT-004

**Propiedades eléctricas:**  
Corriente nominal: 20 A  
Tensión nominal: 600 V

### INFORMACIÓN PARA PEDIDOS

**C K 2 - 1 - 2 0 - 0 9 9**

Modelo: CK2

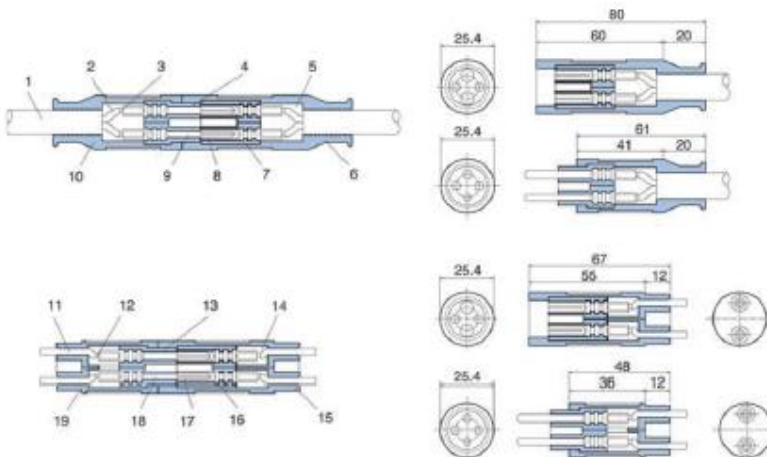
Tipo: 1: Unipolar, 2: Bipolar

Tamaño del conductor: 20: 2,0 mm<sup>2</sup>, 25: 2,5 mm<sup>2</sup>  
35: 3,5 mm<sup>2</sup>, 40: 4,0 mm<sup>2</sup>

Tamaño del aislamiento del cable (mm):

Tipo	Tamaño del conductor (mm <sup>2</sup> )	Tamaño del aislamiento	Código
Unipolar	2,0 mm <sup>2</sup>	XX,X	CK2-1-20-XX,X
	2,5 mm <sup>2</sup>	XX,X	CK2-1-25-XX,X
	3,5 mm <sup>2</sup>	XX,X	CK2-1-35-XX,X
	4,0 mm <sup>2</sup>	XX,X	CK2-1-40-XX,X
Bipolar	2,0 mm <sup>2</sup>	XX,X	CK2-2-20-XX,X
	2,5 mm <sup>2</sup>	XX,X	CK2-2-25-XX,X
	3,5 mm <sup>2</sup>	XX,X	CK2-2-35-XX,X
	4,0 mm <sup>2</sup>	XX,X	CK2-2-40-XX,X

### FIGURAS



1. Cubierta del cable
2. Aislamiento del cable
3. Conductor del cable
4. Cuerpo del macho
5. Grasa
6. Alojamiento hembra
7. Cuerpo de la hembra
8. Hembra
9. Pin
10. Alojamiento macho
11. Aislamiento del cable
12. Conductor del cable
13. Cuerpo del macho
14. Grasa
15. Alojamiento hembra
16. Cuerpo de la hembra
17. Hembra
18. Pin
19. Alojamiento del macho

## ANEXO 7: Regulador de intensidad constante

	
<h1>CCR2</h1>	<p><b>REGULADOR DE INTENSIDAD CONSTANTE</b></p> <p><b>CCR2: REGULADOR DE INTENSIDAD CONSTANTE CONTROLADO POR MICROPROCESADOR</b></p>
	<p><b>Cumplimiento de normas:</b>  OACI: Manual de diseño de aeródromos, Parte 5  IEC: 61822  FAA: AC 150/5345-10 E, L-829  AENA: PPT 002  KS: KS W 5091 (Norma Coreana)</p> <p>El YCR 5000 CCR2 ha sido específicamente diseñado para ser utilizado en circuitos serie de ayudas visuales aeroportuarias, teniendo en cuenta requisitos especiales de fiabilidad, precisión y facilidad de mantenimiento. El YCR 5000 CCR2 es una unidad simple y robusta que se beneficia de la larga experiencia de Youyang en el campo de la aviación. Esto se traduce en fabricación compacta y fácil adaptación a demandas operacionales, así como a demandas individuales para características especiales.</p> <p><b>Características</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Unidad para instalación autónoma, de pie.</li> <li>• Envoltorio dividido en tres zonas: electrónica de control, baja tensión y alta tensión.</li> <li>• Refrigeración natural</li> <li>• Rango de temperatura operacional: -40°C ~ +55°C</li> <li>• Intensidad de salida: 6.6A o 20A (1, 3, 5 o 7 niveles) (opción: nivel sin iluminación)</li> <li>• Tensión de trabajo 5.000 V</li> <li>• Potencia de 4 a 30kW</li> <li>• Control remoto serie doble línea</li> <li>• Regulación de corriente de salida ±1%</li> <li>• Eficiencia: mayor de 90%</li> <li>• Protección de circuito abierto</li> <li>• Supervisión de pérdida de alimentación</li> <li>• Supervisión de fallo de tierra</li> <li>• Supervisión de tiempo transcurrido</li> <li>• Control local</li> <li>• Control remoto paralelo</li> <li>• Factor de potencia igual o mayor a 95%</li> <li>• Protección de sobreintensidad</li> <li>• Supervisión de error de regulación</li> <li>• Supervisión de fallo de lámpara</li> <li>• Supervisión de V1, I1, V2, I2 y VA2</li> </ul>
	

Info@ILS-Balizamiento.es

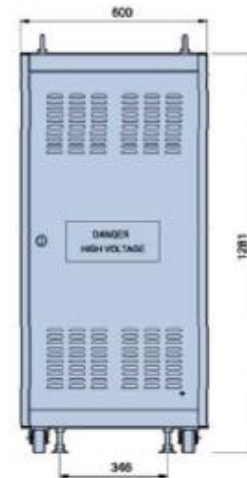
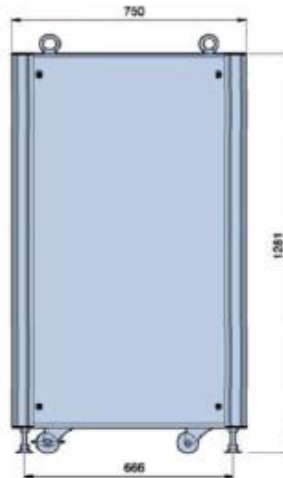
# CCR2

## REGULADOR DE INTENSIDAD CONSTANTE

### RESUMEN ESPECIFICACIONES



Descripción	Especificación
Tipo	Control de fase por tiristor
Potencia	4, 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30kW
Voltaje de entrada	Monofásica 208V, 220V ó 380V 50/60Hz (2 ó 3 hilos) (otros voltajes bajo demanda)
Corriente de salida	Máx. 6.6A (20A bajo demanda)
Niveles de brillo	7 niveles ajustables (1, 3, 5 ó 7 niveles) Opción: nivel de No Iluminación 1.8A
Precisión	Todos los niveles: ±1%
Factor de potencia	>90% con entrada nominal y carga máxima
Control de eficiencia	>90% con entrada nominal y carga máxima
Control remoto	Paralelo: 24Vcc a 60Vcc multipar Serie: RS-485 Doble línea
Protecciones	Protección de sobrecorriente I2 = 6.85A < 4s / I2 = 6.93A < 2s I2 = 7.10A < 1s / I2 = 8.30A < 0.3s Protección de circuito abierto I2 = 1.5A < 1s
Supervisión	Supervisión de sobrecorriente Supervisión de circuito abierto Supervisión de fallo de fusible Supervisión de error de regulación de corriente Supervisión de fallo de alimentación Supervisión de caída V-A de salida Supervisión de fallo de lámpara (LAM) Supervisión de fallo de tierra (EFD) Supervisión de V1, I1, V2, I2, VA2 Supervisión de tiempo transcurrido
Ventilación	Ventilación natural
Temperatura	Rango de operación 0 a +55°C
Humedad	Rango de operación 10 a 95%
Altitud	De 0 a 4500 m sobre el nivel del mar



# CCR2

## COMPONENTES

### Sección Control



### Sección Alto voltaje

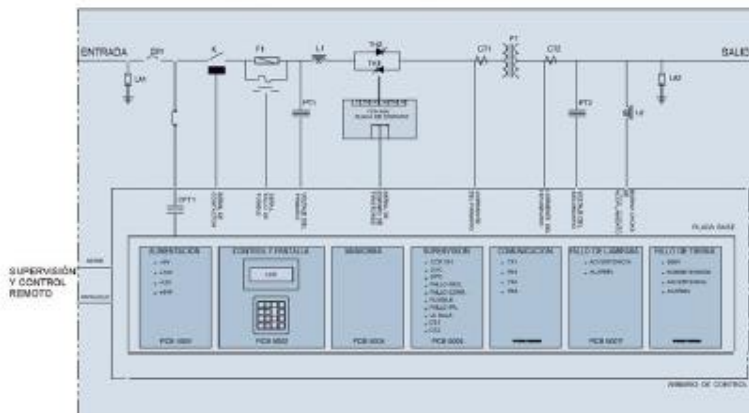


### Sección Bajo voltaje



- SECCIÓN CONTROL**  
 Esta sección constituye el sistema de control y supervisión del Regulador de Corriente Constante utilizando un microprocesador. Todos los controles y ajustes se realizan mediante teclado y los valores actuales del CCR se muestran en una pantalla LCD y mediante indicadores LED. Los componentes principales de esta sección son los siguientes:
  - Módulo Fuente de alimentación
  - Módulo CPU y control (incluye módulo teclado y LCD)
  - Módulo Maniobra triodos
  - Módulo Supervisor
  - Módulo Comunicaciones (opcional)
  - Módulo Fallo de lámpara (opcional)
  - Módulo Fallo de tierra (opcional)
  - Módulo Interruptor de selección de circuito (opcional)
  - Transformador de control de potencia
- SECCIÓN ALTA TENSION**  
 Esta sección suministra corriente a los circuitos serie y sus componentes principales son los siguientes:
  - Transformador de salida
  - Transformador de corriente
  - Transformador de tensión
  - Supresor de rayos
  - Terminal de salida
  - Bobina Choke de acoplamiento
- SECCIÓN BAJA TENSION**  
 La sección de baja tensión recibe entradas de la sección de control y ejecuta el control de fase mediante triodos, además suministra alimentación al transformador de salida. Sus principales componentes son:
  - Interruptor
  - Relé de potencia
  - Contacto magnético
  - Módulo de triodos
  - Bobina Choke de entrada
  - Placa de maniobra de triodos

## DIAGRAMA DE INFORMACIÓN DE AYUDAS VISUALES



6.6A				20A
1 NIVEL	3 NIVELES	5 NIVELES	7 NIVELES	5 NIVELES
1 - 6.6A	3 - 6.6A	5 - 6.6A	7 - 6.6A	5 - 20A
	2 - 5.2A	4 - 5.2A	6 - 5.2A	4 - 15.8A
	1 - 4.8A	3 - 4.1A	5 - 5.2A	3 - 12.4A
		2 - 3.6A	4 - 5.2A	2 - 10.3A
		1 - 2.8A	3 - 3.4A	1 - 8.5A
			2 - 3.6A	
			1 - 2.2A	

Nivel Sin iluminación: 1.8A (opcional)

# CCR2

## REGULADOR DE INTENSIDAD CONSTANTE CONTROLADO POR MICROPROCESADOR

### Información para pedidos

**C C R 2 - 1 1 0 4 1 - A B C D**

Modelo: CCR2

Corriente de salida 1: 6.6A 2: 20A

Voltaje de entrada 1: 208V 2: 220V  
3: 380V 4: 480V  
5: Personalizado

Capacidad 04: 4kW 05: 5kW 07: 7kW 10: 10kW  
15: 15kW 20: 20kW 25: 25kW 30: 30kW

Frecuencia 1: 50Hz 2: 60Hz

#### Opción

- A: Módulo de comunicaciones
- B: Módulo de fallo de lámpara
- C: Módulo de fallo de tierra
- D: Interruptor de selección de circuito

### Descripción

Modelo	Aplicación	Especificación
CCR2	Regulador de Corriente Constante (L-829)	4kW~30kW

### Componentes

Descripción	Especificación	Código	Descripción	Especificación	Código
Placa de alimentación	PCB-5001	122-008H	Tiristor	1.600V 80A	125-081A
Placa de CPU	PCB-5002	122-008I	Tiristor	1.600V 150A	125-007A
Placa de maniobra	PCB-5004	122-008A	Tiristor	1.600V 350A	125-079A
Placa de supervisión	PCB-5005	122-008B	Fusible	SIBA202804-40A	126-380D
Placa de comunicaciones	PCB-5006	122-008C	Fusible	SIBA202804-50A	126-380C
Placa LFM	PCB-5007	122-008D	Fusible	SIBA202804-80A	126-380A
Placa EFM	PCB-5008	122-008E	Fusible	SIBA202804-100A	126-380B
Placa de transistores	PCB-5009	122-008G	Fusible	SIBA202804-160A	126-380E
Placa base	PCB-5010	122-008F	Fusible	SIBA202804-200A	126-380F
Placa CSM	PCB-5011	122-008J	Fusible	250V 4A	126-379A
Placa de disparo	PCB-3406	122-006A			

Las menciones al cumplimiento de especificaciones se refieren a su última edición a la fecha de publicación de este catálogo, y no deben ser consideradas como limitativas debido a las continuas mejoras que YOUYANG impone a la fabricación y diseño de sus productos.

## ANEXO 8: Cable primario de balizamiento

**CABLE PRIMARIO DE BALIZAMIENTO - RHZ1(AS)**  
 RHZ1(AS) 5kV 1x6mm<sup>2</sup> - UNE 21161-2017



RHZ1 - UNE 21161 – 2017

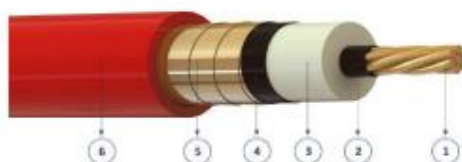


### 1. APLICACIÓN

Cable primario para circuitos serie de intensidad constante de alimentación a ayudas visuales de aeropuertos.

### 2. ESTRUCTURA DEL CABLE

- Tipo: RHZ1
- Tensión: 5 kV
- Norma: UNE 21161:2017



<b>Conductor (1)</b>	Cuerda de hilos de cobre clase 2 según UNE EN 60228. Sección: 6mm <sup>2</sup>
<b>Semiconductora Interna (2)</b>	Capa extrudida de mezcla semiconductora. Espesor mínimo: 0,15 mm
<b>Aislamiento (3)</b>	Poliétileno reticulado aplicado por extrusión, XLPE según IEC 60502-2. Espesor nominal: 3,4 mm ± 0,1
<b>Semiconductora Externa (4)</b>	Capa extrudida de mezcla semiconductora separable en frío. Espesor mínimo: 0,3 mm
<b>Pantalla metálica (5)</b>	Cinta de cobre. Espesor nominal 0,1 mm, aplicado helicoidalmente sobre la capa semiconductora con un solape mínimo del 15%
<b>Cubierta Exterior (6)</b>	Cable con cubierta de poliolefina libre de halógenos (ST8). Color rojo. Espesor nominal 2mm RHZ1(AS) (ST8).

### 3. CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO

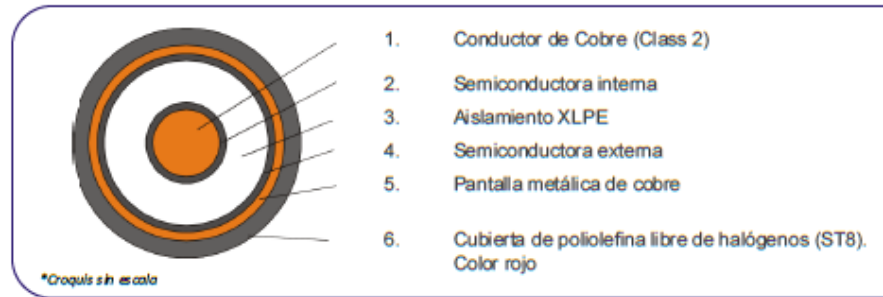
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	-20°C / +90°C Temperatura nominal máxima de uso 90°C, 130°C para condiciones de sobrecarga de emergencia, y 250°C para condiciones de cortocircuito y duración máxima 5 seg. La temperatura ambiente mínima para la instalación del cable: ≥-20°C.
<b>Voltage Nominal</b>	5 kV
<b>Radio de curvatura</b>	15 x Diámetro exterior
<b>Ensayos y certificación</b>	UNE 21161-2017
<b>Marcado</b>	Huayuan Gaoke Cable / RHZ1(AS) 5kV Cca-s 1b,d2,a1 / UNE 21161:2017 / Año de fabricación / metraje)

## CABLE PRIMARIO DE BALIZAMIENTO - RHZ1(AS)

RHZ1(AS) 5kV 1\*6mm<sup>2</sup> - UNE 21161-2017



### 4. ESTRUCTURA DEL CABLE

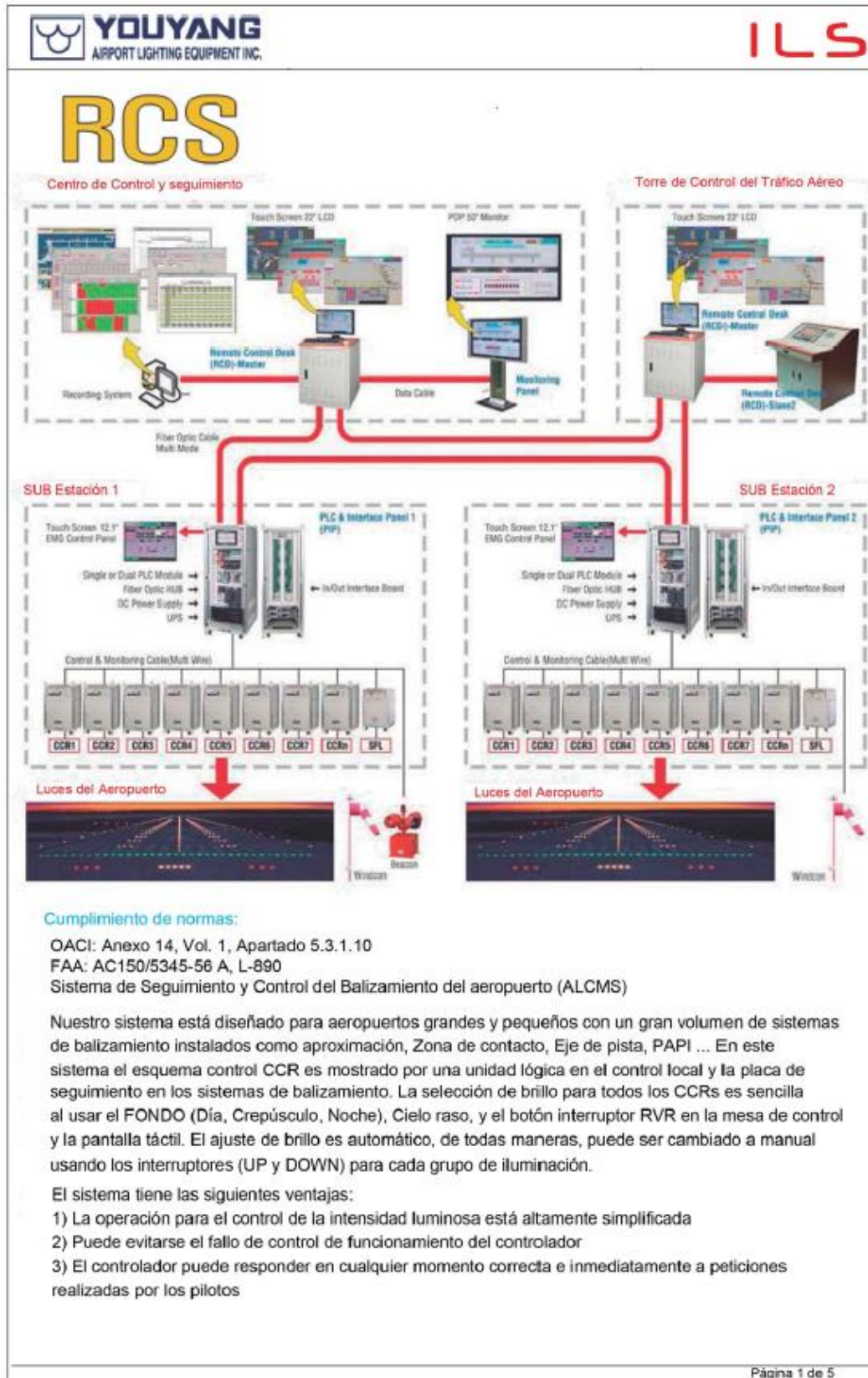


### 5. CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES NOMINALES.

Cable Primario	Conductor		Aislamiento Espesor Nominal	Diámetro del aislamiento	Diámetro exterior máximo	Peso Aprox.
	Sección	No./Dia. cables				
<b>RHZ1</b>	(mm <sup>2</sup> )	(No./mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kg/km)
UNE 21161-2017	1x6	7 / 1.23	3.7	3.4	12.3	380

*\*Valores aproximados (sujetos a tolerancias contempladas en la normativa para fabricación).*

## ANEXO 9: Sistema de control



**RCD (Mesa de control a distancia)**



**Instalación**  
Torre del control de tráfico del aeropuerto

**Funciones**  
Control y monitor lógico  
Control y monitor de grupo de circuitos  
Control y monitor a medida  
Monitoreo de la mini pista en la pantalla grafica  
Control de manual individual CCR  
Monitoreo individual CCR  
Medición de control de lo pre programado  
Monitoreo de encendido-apagado y error  
Todos los eventos grabados en la base de datos

**Componente**  
Computadora industrial  
22" LCD Monitor de pantalla táctil (Opcional)  
UPS  
Concentrador de la red  
Protector de sobretensión  
Cortacircuitos

**LCD (Mesa de control local)**



**Instalaciones**  
Centro de monitoreo o sala de mantenimiento

**Funciones**  
Control y monitor lógico  
Control y monitor de grupo de circuitos  
Control y monitor a medida  
Monitoreo de la mini pista en la pantalla grafica  
Control de manual individual CCR  
Monitoreo individual CCR  
Medición de control de lo pre programado  
Monitoreo de encendido-apagado y error  
Todos los eventos grabados en la base de datos

**Componente**  
Computadora industrial  
22" LCD Monitor de pantalla táctil (Opcional)  
UPS  
Concentrador de la red  
Protector de sobretensión  
Cortacircuitos

**Sistema de Registro**



**Instalación**  
Sala de mantenimiento o centro de monitoreo

**Funciones**  
Tiempo de inicio-final de operaciones (Individual, grupo)  
Condición, medida, registro del tiempo de operaciones

- Diario
- Semanal
- Mensual
- Anual
- Año
- Periodo

**Componente**  
Computadora industrial  
Monitor LCD  
Programa de grabación  
UPS  
Impresora laser

### Panel Interfaz & PLC



Control y seguimiento de emergencia



Módulo PLC



UPS

- Instalación**
- Sala de mantenimiento o centro de seguimiento
- Funciones**
- Control y seguimiento de emergencia
  - Control y seguimiento de lógica
  - Control y seguimiento individual de CCR
  - Programa de control principal PLC
  - Programa de comunicación
  - Transmisión y recopilación de datos
  - Interfaz de datos

- Componentes**
- CPU PLC
  - Módulo I/O PLC
  - Panel de control de emergencia
  - HUB de red
  - Fuente de alimentación
  - UPS
  - Sobre-tensión
  - Circuito negro
  - Tabla interfaz
  - Bloques de terminales

### Placa MIMIC



- Instalación**
- Sala de mantenimiento o centro de seguimiento
- Funciones**
- Seguimiento de la pantalla MIMIC de la pista
  - Estado de funcionamiento de la pantalla
  - Seguimiento individual de los CCR
  - Pantalla de alarma
- Componentes**
- Monitor PDP 50"

## ANEXO 10: Panel fotovoltaico JM665



# JM645~665H66

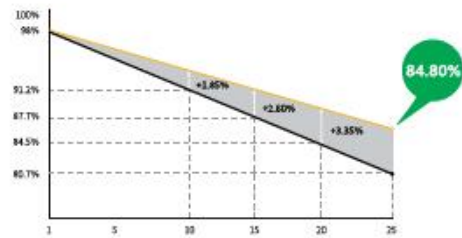
**Alta Eficiencia**  
Desarrollo de bajo impacto  
Celda trasera y emisor pasivo

12 años de garantía para materiales y procesamiento  
25 años de garantía para línea de salida de potencia adicional

Certificaciones completas de sistemas y productos



+4.10%



IEC 61215, IEC 61730, ISO  
ISO 9001:2008: Sistema de Gestión de Calidad ISO  
ISO 14001:2004: Sistema de gestión ambiental ISO  
OHSAS 18001:2007 Seguridad y Salud en el Trabajo

## CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO



**ALTA EFICIENCIA & BAJA ATENUACIÓN**  
Degradación <2%, usando una parte de oblea estándar de la línea de ensamblaje y tecnología de celda de medio corte



**BUEN RENDIMIENTO DE GENERACION DE ENERGÍA EN SOMBRA**  
Diseño único de conexión en paralelo mayor rendimiento energético en caso de sombra

## Datos electricos

JM665H66

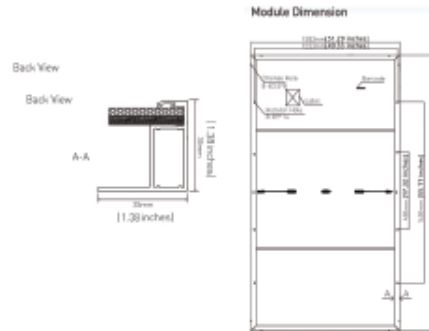
Condiciones de prueba	STD	NOCHE
Poder Máximo P <sub>MAX</sub> (WP)	665	503
Tolerancia al poder P <sub>MAX</sub> (%)	0-3	0-3
Tensión de alimentación máxima V <sub>MP</sub> (V)	38,00	35,50
Corriente de potencia máxima I <sub>MPP</sub> (A)	17,49	14,22
Circuito de de voltaje abierto V <sub>OC</sub> (V)	45,80	43,20
Corriente de cortocircuito I <sub>SC</sub> (A)	18,57	14,98
Eficiencia del módulo η <sub>m</sub> (%)	21,40	



## Datos Mecánicos

Celdas solares	Monocristalino
Orientación	132 celdas (6*22)
Dimension	2384*1303*35mm
Peso	35.7kg
Vidrio	Vidrio templado súper blanco anti reflejo
Cuadro	Aleación de aluminio anodizado
Caja	IP68 MC4 compatible
Cables	4.0mm²;N 300mm/P 300mm (La longitud del cable se puede personalizar)
Conector	Original MC4 Plus

## Mapa de productos



## Método de envío

40HQ

Cantidad de cajas	30
Numero de cajas	18
Total	240

## Calificaciones de temperatura

## Propiedades mecánicas

Coefficiente de temperatura de P <sub>MAX</sub>	-0.340%/°C	Carga mecánica frontal (antinieve, viento)	5400pa
Coefficiente de temperatura de V <sub>OC</sub>	-0.250%/°C	Carga mecánica trasera (resistencia al viento)	2400pa
Coefficiente de temperatura de I <sub>SC</sub>	+0.040%/°C	Prueba de granizo	Granizo de 25 mm a una velocidad de 23 m/s

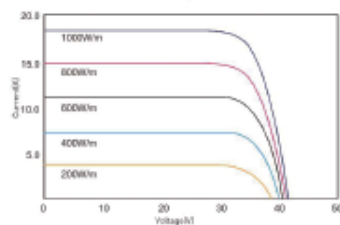
## Máximos ratings

## Parámetros de calidad

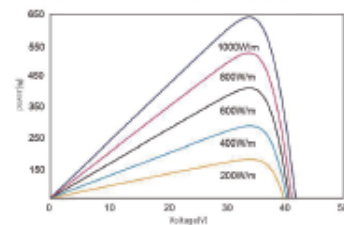
Tensión máxima del sistema	1500V DC	12 años de garantía de mano de obra del producto
Valores nominales de fusibles	30A	25 años de garantía de potencia lineal

## Curva IV

I-V Curve at Different Temperature (645W)



P-V Curve at Different Irradiation (645W)



## ANEXO 11: Inversor/Cargador Quattro

### Inversor/cargador Quattro

3kVA - 15kVA

compatible con baterías de Lítio-Ion

www.victronenergy.com



Quattro  
48/5000/70-100/100



Quattro  
48/15000/200-100/100

#### Dos entradas CA con conmutador de transferencia integrado

El Quattro puede conectarse a dos fuentes de alimentación CA independientes, por ejemplo a la toma de puerto o a un generador, o a dos generadores. Se conectará automáticamente a la fuente de alimentación activa.

#### Dos salidas CA

La salida principal dispone de la funcionalidad "no-break" (sin interrupción). El Quattro se encarga del suministro a las cargas conectadas en caso de apagón o de desconexión de la toma de puerto/generador. Esto ocurre tan rápidamente (menos de 20 milisegundos) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción.

La segunda salida sólo está activa cuando una de las entradas del Quattro tiene alimentación CA. A esta salida se pueden conectar aparatos que no deberían descargar la batería, como un calentador de agua, por ejemplo.

#### Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo

Hasta 6 unidades Quattro pueden funcionar en paralelo. Seis unidades 48/10000/140, por ejemplo, darán una potencia de salida de 48kW / 60kVA y una capacidad de carga de 840 amperios.

#### Capacidad de funcionamiento trifásico

Se pueden configurar tres unidades para salida trifásica. Pero eso no es todo: hasta 6 grupos de tres unidades pueden conectarse en paralelo para lograr una potencia del inversor de 144 kW/180 kVA y más de 2500 A de capacidad de carga.

#### PowerControl - En caso de potencia limitada del generador, de la toma de puerto o de la red

El Quattro es un cargador de baterías muy potente. Por lo tanto, usará mucha corriente del generador o de la toma de puerto (hasta 16 A por cada Quattro de 5 kVA a 230 VCA). Se puede establecer un límite de corriente para cada una de las entradas CA. Entonces, el Quattro tendrá en cuenta las demás cargas CA y utilizará la corriente sobrante para la carga de baterías, evitando así sobrecargar el generador o la red eléctrica.

#### PowerAssist - Refuerzo de la potencia del generador o de la toma de puerto

Esta función lleva el principio de PowerControl a otra dimensión, permitiendo que Quattro complemente la capacidad de la fuente alternativa. Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, el Quattro compensará inmediatamente la posible falta de potencia de la corriente de la red o del generador con potencia de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

#### Energía solar: Potencia CA disponible incluso durante un apagón

El Quattro puede utilizarse en sistemas FV, conectados a la red eléctrica o no, y en otros sistemas eléctricos alternativos.

Hay disponible software de detección de falta de suministro.

#### Configuración del sistema

- En el caso de una aplicación autónoma, si ha de cambiarse la configuración, se puede hacer en cuestión de minutos mediante un procedimiento de configuración de los conmutadores DIP.
- Las aplicaciones en paralelo o trifásicas pueden configurarse con el software VE.Bus Quick Configure y VE.Bus System Configurator.
- Las aplicaciones no conectadas a la red, que interactúan con la red y de autoconsumo que impliquen inversores conectados a la red y/o cargadores solares MPPT pueden configurarse con Asistentes (software específico para aplicaciones concretas).

#### Seguimiento y control in situ

Hay varias opciones disponibles: Monitor de baterías, panel Multi Control, Color Control GX y otros dispositivos, smartphone o tableta (Bluetooth Smart), portátil u ordenador (USB o RS232).

#### Seguimiento y control a distancia

Color Control GX y otros dispositivos.

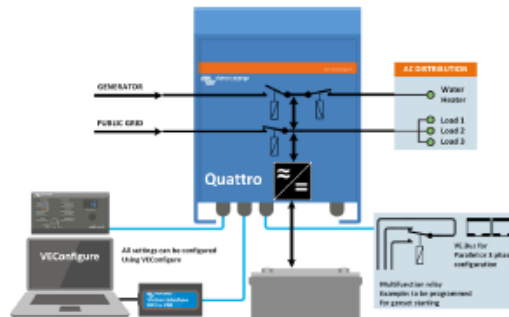
Los datos se pueden almacenar y mostrar gratuitamente en la web VRM (Victron Remote Management).

#### Configuración a distancia

Se puede acceder a los datos y cambiar los ajustes de los sistemas con Color Control GX y otros dispositivos si está conectado a Ethernet.



Color Control GX con una aplicación FV



Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100	48/15000/200-100/100
PowerControl / PowerAssist	Sí				
Commutador de transferencia integrado	Sí				
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1				
Corriente máxima de alimentación (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100	2x100
<b>INVERSOR</b>					
Rango de tensión de entrada (VCC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida (1)	Tensión de salida: 230 VCA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1%				
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000	15000
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	2400	4000	6500	8000	12000
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	2200	3700	5500	6500	10000
Potencia cont. de salida a 65°C (W)	1700	3000	3600	4500	7000
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000	20000	25000
Eficacia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96	96
Consumo en vacío (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	60 / 60	60	110
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	40 / 40	40	75
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	15 / 15	15	20
<b>CARGADOR</b>					
Tensión de carga de 'absorción' (VCC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6	57,6
Tensión de carga de 'flotación' (VCC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2	55,2
Modo de almacenamiento (VCC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8	52,8
Corriente de carga de la batería auxiliar (A) (4)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140	200
Corriente de carga batería arranque (A)	4 (solo modelos de 12 y 24V)				
Sensor de temperatura de la batería	Sí				
<b>GENERAL</b>					
Salida auxiliar (A) (5)	25	50	50	50	50
Relé programable (6)	3x	3x	3x	3x	3x
Protección (2)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
Puerto de comunicaciones de uso general On/Off remoto	2x	2x	2x	2x	2x
Características comunes	Temp. de trabajo: -40 a +65 °C Humedad (sin condensación): máx. 95%				
<b>CARCASA</b>					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Grado de protección IP 21				
Conexión a la batería	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)				
Conexión 230 V CA	Bornas de tornillo de 13 mm. <sup>2</sup> (6 AWG)	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso (kg)	19	34 / 30 / 30	45 / 41	51	72
Dimensiones (al x an x p en mm.)	362 x 258 x 218	470 x 350 x 280 444 x 328 x 240 444 x 328 x 240	470 x 350 x 280	470 x 350 x 280	572 x 488 x 344
<b>NORMATIVAS</b>					
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1				
Emissiones, Inmunidad	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3				
Vehículos de carretera	Modelos de 12 y 24V: ECE R10-4				
Antisía	Visite nuestra página web				

1) Puede ajustarse a 60 Hz; 120 V 60 Hz si se solicita  
 2) Claves de protección:  
 a) cortocircuito de salida  
 b) sobrecarga  
 c) tensión de la batería demasiado alta  
 d) tensión de la batería demasiado baja  
 e) temperatura demasiado alta  
 f) 230 VCA en la salida del Inversor  
 g) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta

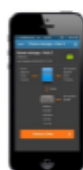
3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1  
 4) A 25 °C de temperatura ambiente  
 5) Se desconecta sin hay fuente CA externa disponible  
 6) Relé programable que puede configurarse, entre otros, como función de alarma general, subtensión CC o arranque del generador  
 Capacidad nominal CA 230 V/4 A  
 Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 VCC, 1 A hasta 60 VCC



**Panel Digital Multi Control**  
 Una solución práctica y de bajo coste para el seguimiento remoto, con un selector giratorio con el que se pueden configurar los niveles de PowerControl y PowerAssist.



**Mochila VE.Bus Smart**  
 Mide la tensión y la temperatura de la batería y permite monitorizar y controlar Multis y Quattros con un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth.



**Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador**  
 Hay varias interfaces disponibles:



**Color Control GX y otros dispositivos**  
 Monitorear y controlar, de forma local e remota, no [PortalVBM](#).



**Interfaz MK3-USB VE.Bus a USB**  
 Se conecta a un puerto USB (ver [Guía para el VE-Configure](#)).



**Interfaz VE.Bus a NMEA 2000**  
 Liga o dispositivo a una red electrónica marinha NMEA2000. Consulte o [guía de integración NMEA2000 e MED](#)



**Monitor de baterías BMW-712 Smart**  
 Utilice un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth para:  
 - personalizar los ajustes,  
 - consultar todos los datos importantes en una sola pantalla,  
 - ver los datos del historial y actualizar el *software* conforme se vayan añadiendo nuevas funciones.

## ANEXO 12: Cerbo GX



Cerbo GX



Accesorios incluidos con el Cerbo GX



GX Touch (pantalla opcional para Cerbo GX)

### Cerbo GX: centro de comunicaciones

Este centro de comunicaciones le permite tener un perfecto control de su sistema en todo momento y desde cualquier lugar para maximizar su rendimiento. Solo tiene que acceder a su sistema con nuestro portal Victron Remote Management (VRM) o directamente con la pantalla GX Touch opcional, una pantalla multifuncional o la aplicación VictronConnect, gracias a su opción de Bluetooth.

### GX Touch: pantalla accesoria

El GX Touch 50 y el GX Touch 70 son pantallas accesorias para el Cerbo GX. Las pantallas táctiles, de cinco y siete pulgadas respectivamente, proporcionan una visión instantánea de su sistema y permite hacer ajustes en la configuración. Solo tiene que conectar el Cerbo GX con un único cable. Ambas pantallas GX Touch tienen un diseño resistente al agua, una configuración apta para su montaje en la parte superior y es fácil de instalar.

### Consola remota en VRM

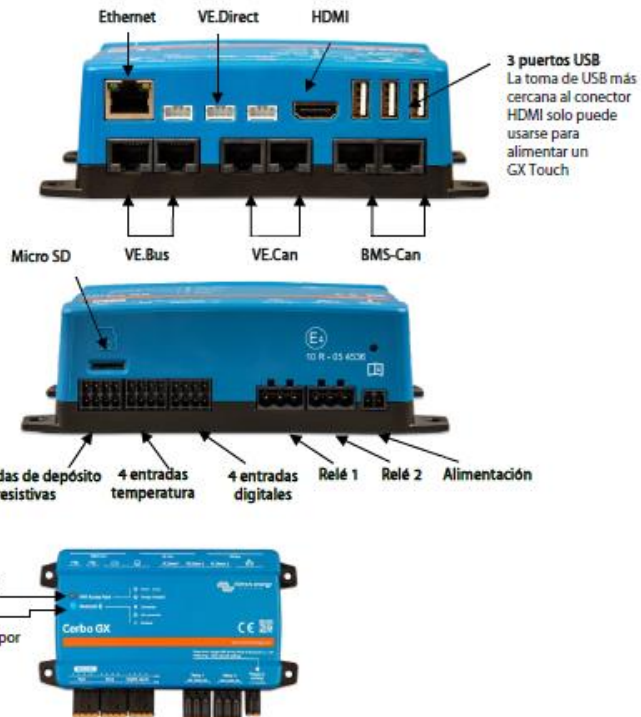
Monitoree, controle y configure el Cerbo GX a distancia a través de Internet. Con la consola remota es como si estuviera delante del dispositivo. También puede disponer de la misma funcionalidad en la red local LAN o con el punto de acceso WiFi del Cerbo GX.

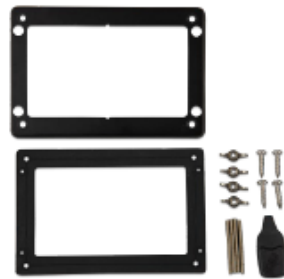
### Seguimiento y control perfectos

Monitoree inmediatamente el estado de carga de la batería, el consumo de energía, la captación de energía de las placas FV, el generador y la red eléctrica, o compruebe las mediciones de los niveles del tanque o de la temperatura. Controle fácilmente el límite de corriente de entrada de la toma del puerto, un generador con arranque/parada automático o haga ajustes para optimizar el sistema. Puede controlar las alertas, hacer comprobaciones de diagnóstico y resolver problemas a distancia.

### Montaje y configuración sencillos

El Cerbo GX es fácil de montar y también puede colocarse en un carril DIN con un adaptador DIN35 pequeño (no incluido). Su pantalla táctil independiente puede atornillarse a un panel de control, sin que sea necesario cortar un hueco perfecto (como con el Color Control GX). La conexión es fácil con un solo cable, sin que haya que llevar un montón de cables al panel de control. La función Bluetooth permite una rápida conexión y configuración con nuestra aplicación VictronConnect.





Accesorios incluidos con el GX Touch

Accesorios opcionales



**Adaptador GX Touch para el hueco del CCGX**  
Este adaptador está diseñado para sustituir con facilidad la pantalla CCGX display con las novedosas GX Touch 50 o GX Touch 70. El paquete contiene el soporte metálico, el bisel de plástico y cuatro tornillos de montaje.

	Cerbo GX	Cerbo-S GX
Tensión de alimentación	8 – 70 VCC	
Montaje	Pared o carril DIN (35 mm) <sup>(1)</sup>	
<b>Puertos de comunicaciones</b>		
Puertos VE.Direct (siempre aislados)	3 <sup>(2)</sup>	
VE.Bus (siempre aislado)	2 tomas RJ45 en paralelo	
VE.Can	sí - sin aislar	
Puerto BMS-Can	sí	No
<b>IO</b>		
Entradas nivel depósito combustible resistivas	4	0
Entradas del sensor de temperatura	4	0
Entradas digitales	4	4
<b>Otros</b>		
Dimensiones externas (al x an x p)	78 x 154 x 48 mm	
Rango de temperatura de trabajo	-20 a +50 °C	
<b>Normativas</b>		
Seguridad	IEC 62368-1	
EMC	EN 301489-1, EN 301489-17	
Automoción	ECE R10-6	
<b>GX Touch 50 / GX Touch 70</b>		
Montaje	Con accesorios de montaje incluidos	
Resolución de la pantalla	GX Touch 50: 800 x 480 GX Touch 70: 1024 x 600	
<b>Otros</b>		
Dimensiones externas (al x an x p)	GX Touch 50: 87 x 128 x 12,4 mm GX Touch 70: 113 x 176 x 13,5 mm	
Longitud del cable	2 metros	
<b>Notas</b>		
1. Para más información acerca del Cerbo GX y del GX Touch 50, visite la página de la gama de productos Victron GX en Victron live: <a href="http://www.victronenergy.com/live/venus-os:start">www.victronenergy.com/live/venus-os:start</a>		
2. Para el montaje sobre un carril DIN se necesita un accesorio adicional: adaptador DIN35.		
3. El máximo indicado en la sección de Rendimiento de la tabla anterior es el número total de dispositivos VE.Direct conectados, como controladores de carga solar MPPT. El total se refiere a todos los dispositivos conectados directamente más los dispositivos conectados mediante USB. El límite está determinado principalmente por la potencia de procesamiento de la CPU. Tenja en cuenta que también hay un límite para los otros tipos de dispositivos de los que a menudo se conectan varios: Inversores FV. Normalmente se pueden monitorizar hasta tres o cuatro inversores trifásicos en un CCGX. Los dispositivos con CPU más potentes pueden monitorizar más.		



Sensor de temperatura para Quattro, MultiPlus y dispositivo GX (como el Cerbo GX).



**Adaptador DIN35 pequeño**  
Adaptador de carril DIN para montar fácilmente un dispositivo en un carril DIN. Apto para el Cerbo GX.

## ANEXO 13: MPPT RS SmartSolar 450|100



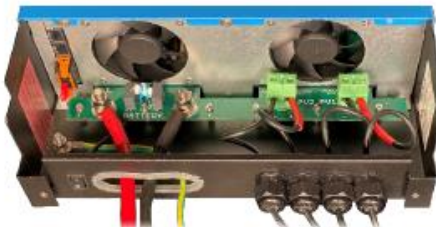
### MPPT RS SmartSolar 450|100 y 450|200 - Aislado

Controlador de carga solar 5,76 kW y 11,52 kW con entrada FV de 450 V

www.victronenergy.com



MPPT RS SmartSolar 450|100



Interior del MPPT RS SmartSolar 450|100

#### Configuración y control con VictronConnect →

La conexión integrada Bluetooth Smart permite un rápido seguimiento y ajuste de la configuración.

El historial de 30 días integrado muestra el rendimiento de cada uno de los rastreadores MPPT.

Pruebe la demo de VictronConnect para ver todo el rango de configuraciones y opciones de pantalla con datos de muestra.

#### Controlador de carga solar con Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

El MPPT RS SmartSolar es un controlador de carga solar de 48 V con una entrada FV de hasta 450 VCC PV y una salida de 100 A o 200 A. Se usa en aplicaciones solares aisladas y conectadas a la red en las que se requiere máxima potencia de carga de la batería.

#### Varias entradas de seguimiento MPPT Independientes

Con varios rastreadores de MPPT, se puede optimizar el diseño de sus paneles solares para obtener el máximo rendimiento en una ubicación concreta.

#### Conexiones FV aisladas para más seguridad

El aislamiento galvánico completo entre las conexiones de la batería y FV proporciona seguridad adicional a todo el sistema.

#### Amplio rango de tensión MPPT

Rango operativo de entre 80 y 450 VCC FV con una tensión de arranque de 120 VCC FV.

#### Ligero, eficiente y silencioso

Gracias a su tecnología de alta frecuencia y a su nuevo diseño, el modelo de 100 A de este potente cargador solo pesa 7,9 kg. Además, tiene una eficiencia excelente, bajo consumo de energía en reposo y un funcionamiento muy silencioso.

#### Pantalla y Bluetooth

La pantalla muestra parámetros de la batería y del controlador. Se puede acceder a estos parámetros con un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth. Además, se puede usar Bluetooth para configurar el sistema y cambiar los parámetros con VictronConnect.

```
Solar 1: 2007W 178.4V 11.3A
Today 8.00 kWh
Total 27.9 kWh
```

#### Vigilancia de la resistencia al aislamiento fotovoltaico para estar tranquilo con tensiones más altas

El MPPT RS vigila continuamente el conjunto FV y puede detectar si hay fallos que reduzcan el aislamiento de los paneles hasta niveles poco seguros.

#### Puerto VE.Can y VE.Direct

Permite conectarlo a un dispositivo GX para seguimiento del sistema, registro de datos y actualizaciones de firmware a distancia. El VE.Can permite conectar hasta 25 unidades juntas en paralelo y sincronizar sus procesos de carga.

#### Conexiones I/O

Conexiones de relé programable, sensor de temperatura, auxiliar, entrada digital y sensor de tensión. La entrada remota puede aceptar el smallBMS de Victron y otros tipos de BMS con señal para permitir la carga.



Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | Países Bajos  
Teléfono general: +31 (0)36 535 97 00 | Correo electrónico: [sales@victronenergy.com](mailto:sales@victronenergy.com)  
[www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)



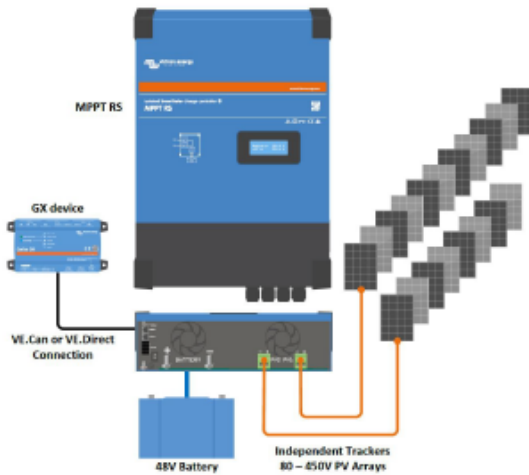


Diagrama de ejemplo de sistema  
El MPPT RS de 100 A combinado con un dispositivo GX, cargando una batería de 48 V con dos cadenas FV solares separadas.

**Portal VRM**  
Cuando el MPPT RS esté conectado a un dispositivo GX con conexión a Internet, o al GlobalLink 520 con conectividad 4G integrada, podrá acceder a nuestro sitio web gratuito de seguimiento a distancia (VRM). Le mostrará todos los datos de su sistema en un completo formato gráfico. Se pueden recibir alarmas por correo electrónico.



Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | Países Bajos  
Teléfono general: +31 (0)36 535 97 00 | Correo electrónico: [sales@victronenergy.com](mailto:sales@victronenergy.com)  
[www.victronenergy.com](http://www.victronenergy.com)

MPPT RS SmartSolar aislado	45Q100	45Q200
<b>CARGADOR</b>		
Tensión de la batería	48 V	
Corriente de carga nominal	100 A	200 A
Potencia de carga máxima	5,8 kW a 57,6 V	11,5 kW a 57,6 V
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 57,6 V (regulable)	
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 55,2 V (regulable)	
Rango de tensión programable	Mínima: 36 V Máxima: 62 V	
Algoritmo de carga	Adeptativo multifase (regulable)	
Sensor de temperatura de la batería	Incluido	
Eficiencia máxima	96 %	
Autoconsumo	15 mA	
<b>SOLAR</b>		
Tensión FV CC máxima	450 V	
Tensión de arranque	120 V	
Rango de tensión de trabajo del MPPT	80 – 450 V <sup>(1)</sup>	
Número de rastreadores	2	4
Máxima corriente de entrada operativa FV	18 A por rastreador	
Máxima corriente de corto circuito FV <sup>(2)</sup>	20 A por rastreador	
Tamaño máximo del conjunto FV por rastreador <sup>(3)</sup>	7200 Wp (450 V x 20 A) <sup>(4)</sup>	
Nivel de fallo del aislamiento FV <sup>(5)</sup>	100 kΩ	
<b>GENERAL</b>		
Funcionamiento en paralelo sincronizado	Sí, hasta 25 unidades con VE.Can	
Relé programable <sup>(6)</sup>	Sí	
Protección	Polaridad inversa FV Cortocircuito de salida Sobretensión	
Comunicación de datos	Puerto VE.Direct, puerto VE.Can y Bluetooth <sup>(6)</sup>	
Puerto de entrada analógico/digital de uso general	Sí, 2	
On/Off remoto	Sí	
Rango de temperatura de trabajo	-40 a +60°C (refrigerado por ventilador)	
Humedad (sin condensación)	máx. 95%	
<b>CARCASA</b>		
Materia y color	acero, azul RAL 3012	
Grado de protección	IP21	
Conexión de la batería	Fermos M8	
Peso	7,9 kg	13,7 kg
Dimensiones (al x an x p) en mm	440 x 313 x 126	487 x 434 x 146
<b>NORMAS</b>		
Seguridad	EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2	

- 1) El rango de funcionamiento del MPPT está limitado por la tensión de la batería - VOC FV no debe superar la tensión de flotación de la batería multiplicada por 8. Por ejemplo, para una tensión de flotación de 52,8 V, sería una VOC FV máxima de 422,4 V. Para más información, consulte el manual del producto.
- 2) Una corriente de cortocircuito más alta podría dañar el controlador en caso de que el conjunto FV se haya conectado con polaridad inversa.
- 3) Máximo de 450 Voc resulta en 360 Vmpv aprox., por lo que el conjunto FV máximo es de aprox. 360 V x 20 A = 7200 Wp
- 4) El MPPT RS comprobará si hay suficiente aislamiento resistivo entre FV+ y GND y FV- y GND. En caso de resistencia inferior al umbral, la unidad dejará de cargar, mostrará el error y enviará la señal de error al dispositivo GX (si está conectado) para que se envíe una notificación sonora y por correo electrónico.
- 5) Relé programable que puede configurarse como alarma general, subtensión CC o función de arranque/parada del generador. Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 VCC y 1 A hasta 70 VCC
- 6) Actualmente el MPPT RS no es compatible con las redes VESmart

## ANEXO 14: Baterías de litio



### Residential BESS

US5000



#### Safety

Multi-protection from self developed BMS



#### Optimal Electricity Cost

Long cycle life and superior performance



#### Compact Size & East Installation

Module design help for quick Installation



#### Easy to Scale Up

Be workable to be parallel based on 48V



#### Compatibility

Compatible with Tier 1 Inverter brands



[www.pylontech.com.cn](http://www.pylontech.com.cn)

[sales@pylontech.com.cn](mailto:sales@pylontech.com.cn)

Pylontech datasheet-PY21US05-1

## SPECIFICATION



### Module

### US5000

### US5000-B

Basic Parameters				
Nominal Voltage (Vdc)			48	48
Nominal Capacity(Wh)			4800	4800
Depth of discharge (%)			95	95
Usable Capacity(Wh)			4560	4560
Dimension(mm)			442*420*161	442*420*161
Weight (Kg)			38	39
Discharge Voltage (V)			44.5 ~ 53.5	44.5 ~ 53.5
Charge Voltage (V)			52.5 ~ 53.5	52.5 ~ 53.5
Charge/Discharge Current (A)	Recommend		75	75
Charge/Discharge Current(A)	Max.		120@15min	120@15min
Charge/Discharge Current (A) 2	Peak 2		200@15sec	200@15sec
Communication			RS485, CAN	RS485, CAN
Configuration (max. in 1 battery group)			16pcs	16pcs
Working Temperature	Charge		0℃~55℃	0℃~55℃
Working Temperature	Discharge		-10℃~55℃	-10℃~55℃
Shelf Temperature			-20℃~60℃	-20℃~60℃
Short current/duration time			<4000A/2ms	<4000A/2ms
Cooling type			Natural	Natural
Breaker			No	Yes
IP rating of enclosure			IP20	IP20
Humidity			5% ~ 95%(RH) No Condensation	5% ~ 95%(RH) No Condensation
Altitude(M)			<4000	<4000
Certification			IEC / CE / UN38.3/UL	IEC / CE / UN38.3/UL
Design life			15+ Years (25℃/77°F)	15+ Years (25℃/77°F)
Cycle Life			>6,000 25℃	>6,000 25℃
Reference to standards)			IEC62619, IEC63056, CE, UN38.3, UL1973, UKCA	IEC62619, IEC63056, CE, UN38.3, UL1973, UKCA, CEC

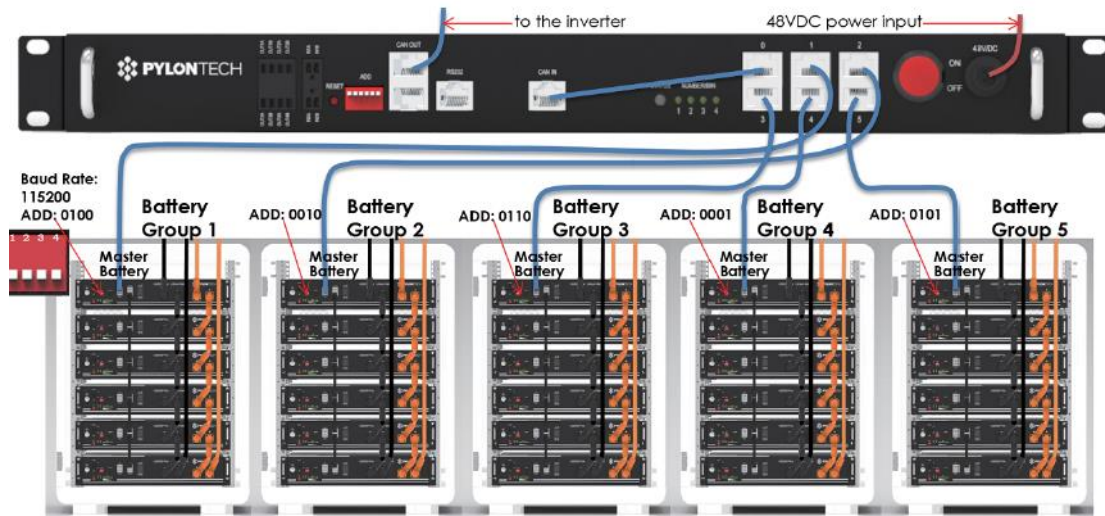
## ANEXO 15: Puerto hub Pylontech



## LOW VOLTAGE ENERGY STORAGE SYSTEM

### LV-HUB

Multi Battery Piles CAN Communication Cable Connection  
Each Communication HUB connects maximum 5 battery string.



Each battery pile can configure maximum 8pcs US2000B Plus or 8 pcs US3000

## ANEXO 16: Reflector

### SERIES-M PROJECTOR LIGHTS

### PRODUCT CATALOG



#### Overview

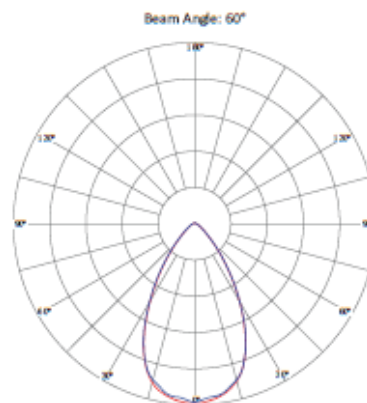
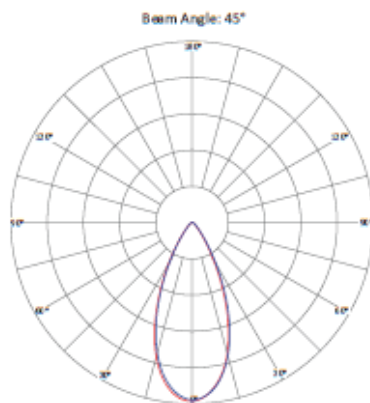
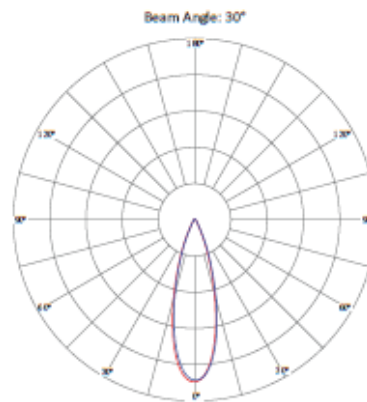
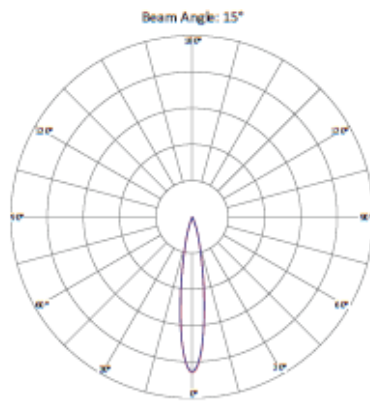
The ZGSM® M-Series LED projector lights are using LUMILEDS® LUXEON 3030 2D luminous source, providing excellent lumen output, long-lasting stability and splendid sight.

The ZGSM® M-Series LED projector lights are using high-end LED driver with long lifespan. Provide 5 years warranty on luminaire.

#### Color Options

● Black

#### Light Distribution Diagram



Application: Court | Training Ground | School | Community | Square | Stadium | Area Lighting



# SERIES-M PROJECTOR LIGHTS

# PRODUCT CATALOG

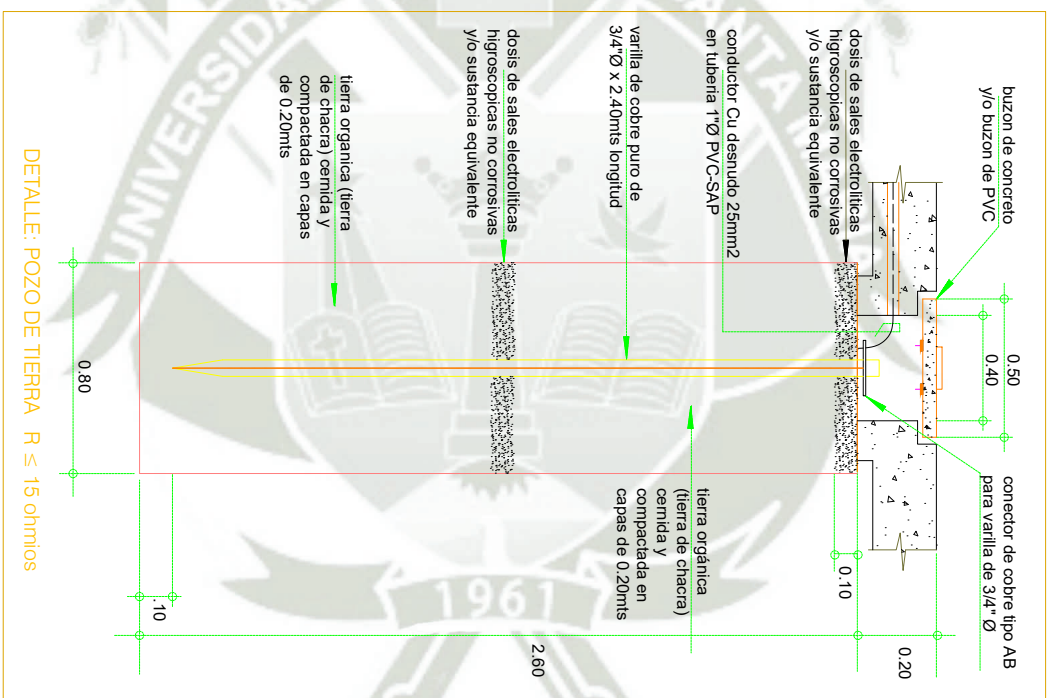



Product	ZGSM-TGD280M	ZGSM-TGD560M	ZGSM-TGD840M
Nominal Wattage	280W	560W	840W
Module/ LED Qty	1unit/ 448pcs	2units/ 896pcs	3units/ 1334pcs
Input Voltage	100-240V /277V AC50/60Hz		
Dimming	0(1)-10V		
LED Brand	Philips Lumileds 3030 2D		
Driver Brand	Inventronics Driver		
Operating Temperature	-40 °C to +50 °C		
Power Factor (PF)	> 0.95		
THD	< 20%		
Lumen Output (+/- 5%)	42000 lm	84000 lm	126000 lm
Luminaire efficacy (+/- 5%)	150 lm /w	150 lm /w	150 lm /w
Optic	15°, 30°, 45°, 60°		
CRI	≥ 75		
CCT	3000K, 4000K, 5000K, 5700K		
Rating	IP66, IK10		
Material	Die-casting aluminum, Toughened glass and PC		
Installation	Whole fixture 0-360° adjustable; Single module 0-90° adjustable		
Shell Color	Black		
Lumen Maintenance	> 100,000 hours-L <sub>80</sub> at 25 °C		
Certifications	CE, ROHS, LM80, ISO9001, ISO14001		
Packaging Type	1 unit /ctn.		
Product Dimensions (mm)	687*320*222	687*578*222	687*836*222
Carton Size (mm)	770*385*235	770*640*235	770*900*235
N.W(kg)	17.0	30.0	43.0
G.W(kg)	20.0	35.5	50.0

## Dimensions

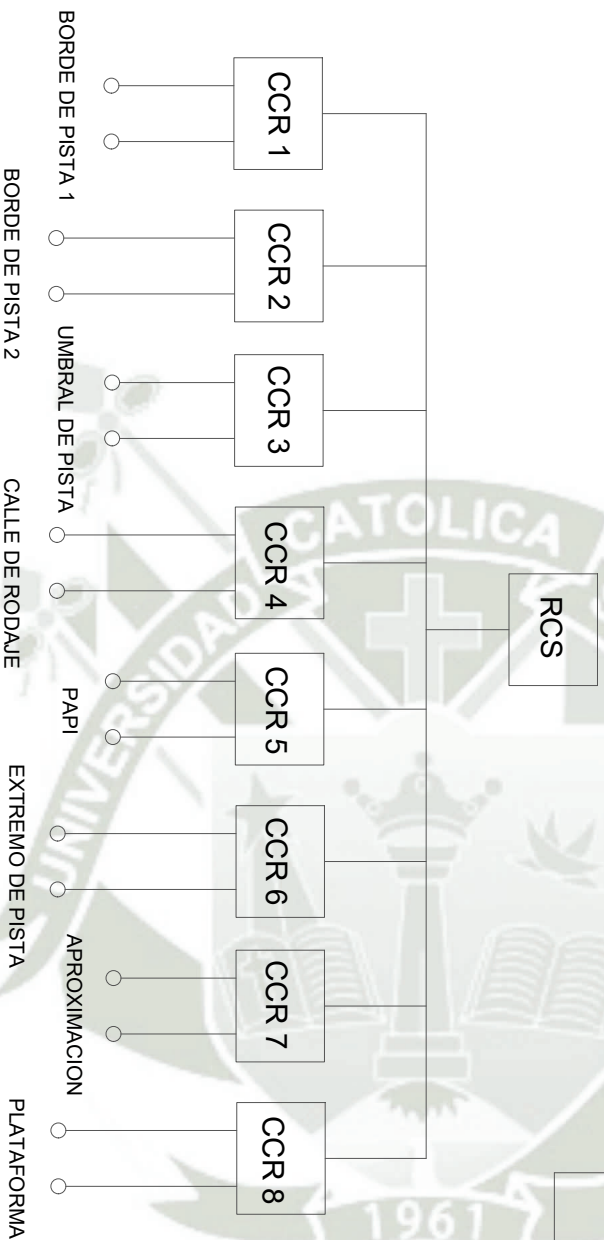


# POZO A TIERRA




 <p>Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica</p>		Creado por: <b>STEVE LEON A.</b>		Aprobado por: <b>VIDAL ANCO Q.</b>		Tipo de Documento: <b>ESQUEMA ELECTRICO</b>	
Tema: <b>POZO A TIERRA</b>				Título: <b>PROPUESTA DE MEJORA DEL          SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE          LA PISTA DE ATERRIZAJE</b>			
Número de Referencia: <b>01</b>		Rev.: <b>01</b>		Escala: <b>A1</b>		Fecha: <b>07/11/2022</b>	
Form.: <b>A1</b>		Hija: <b>01</b>					

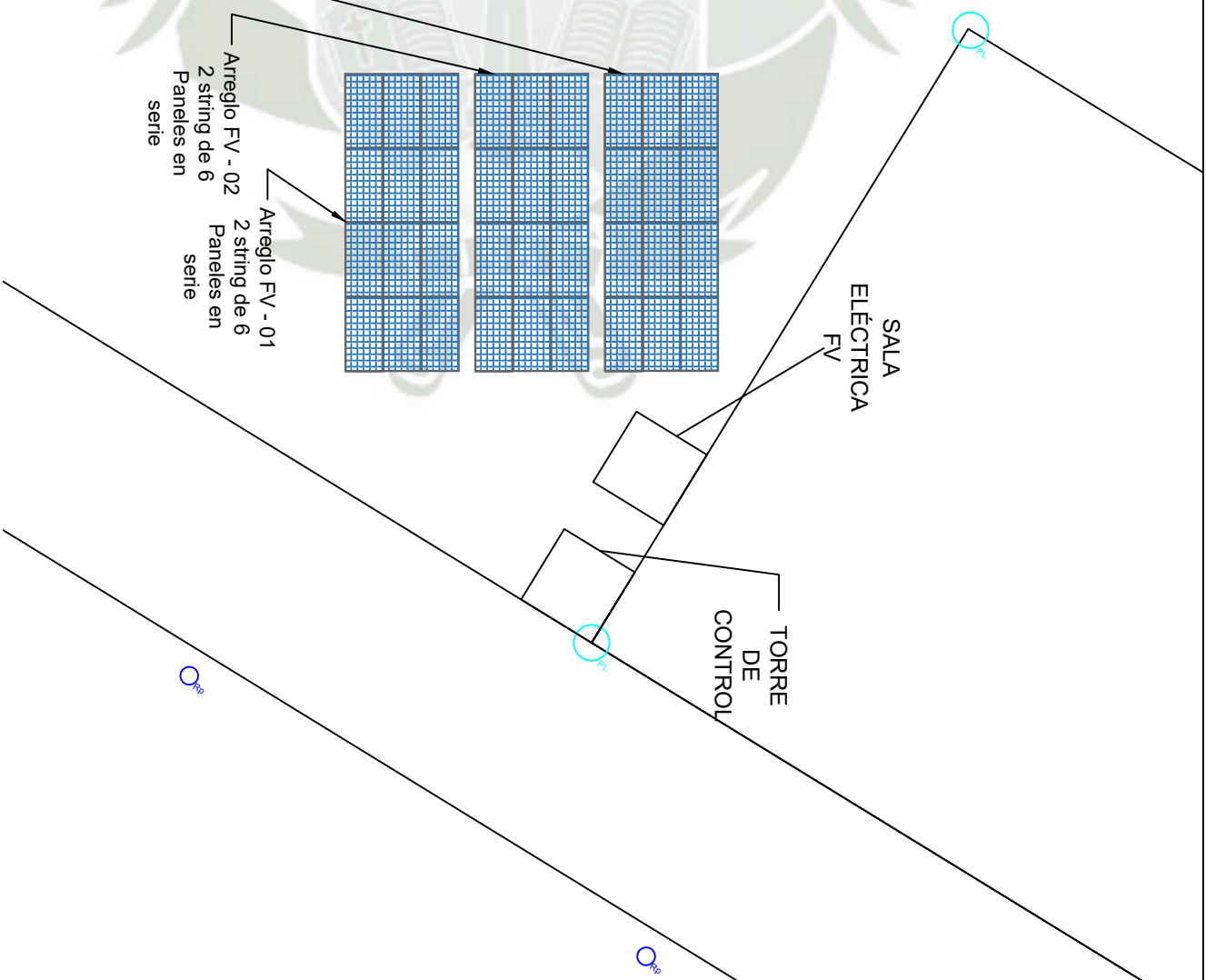
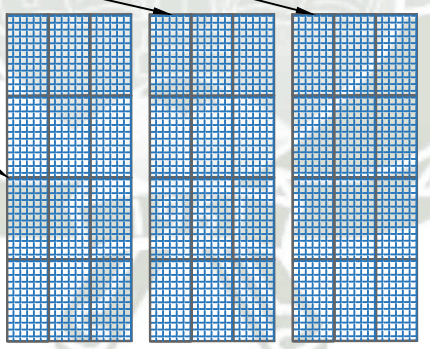
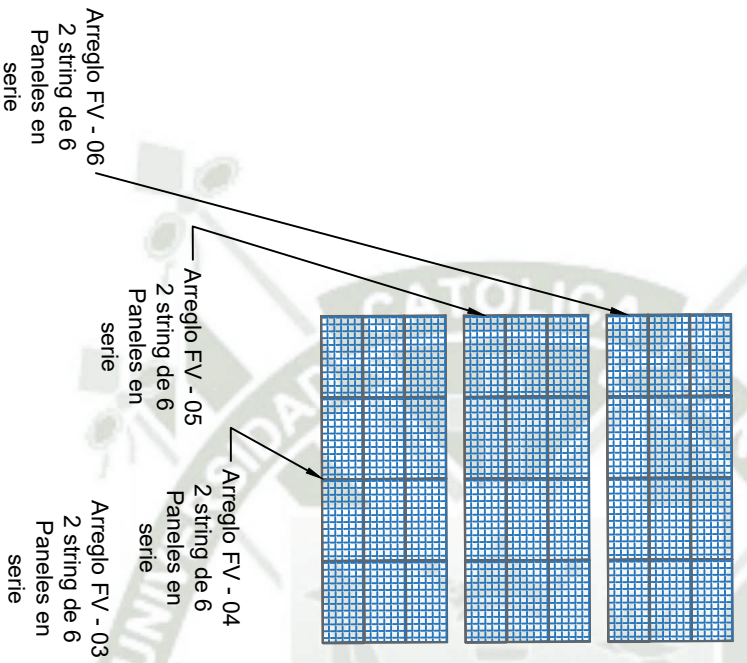
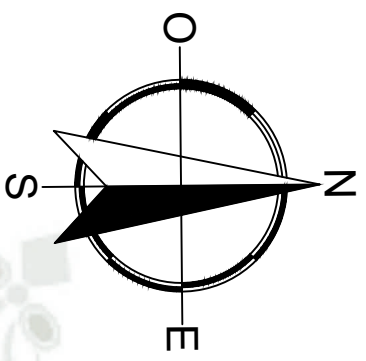
# SISTEMA DE CONTROL




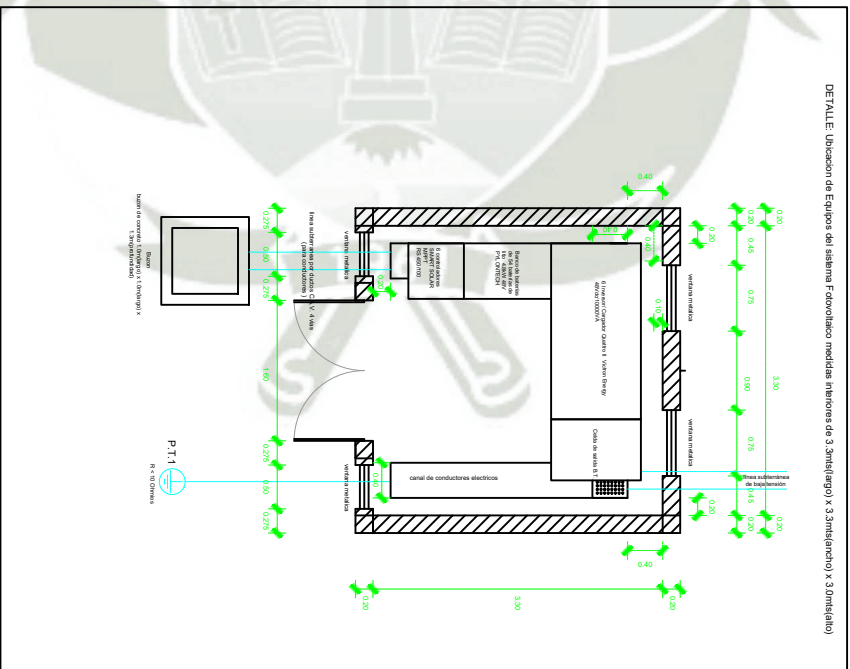
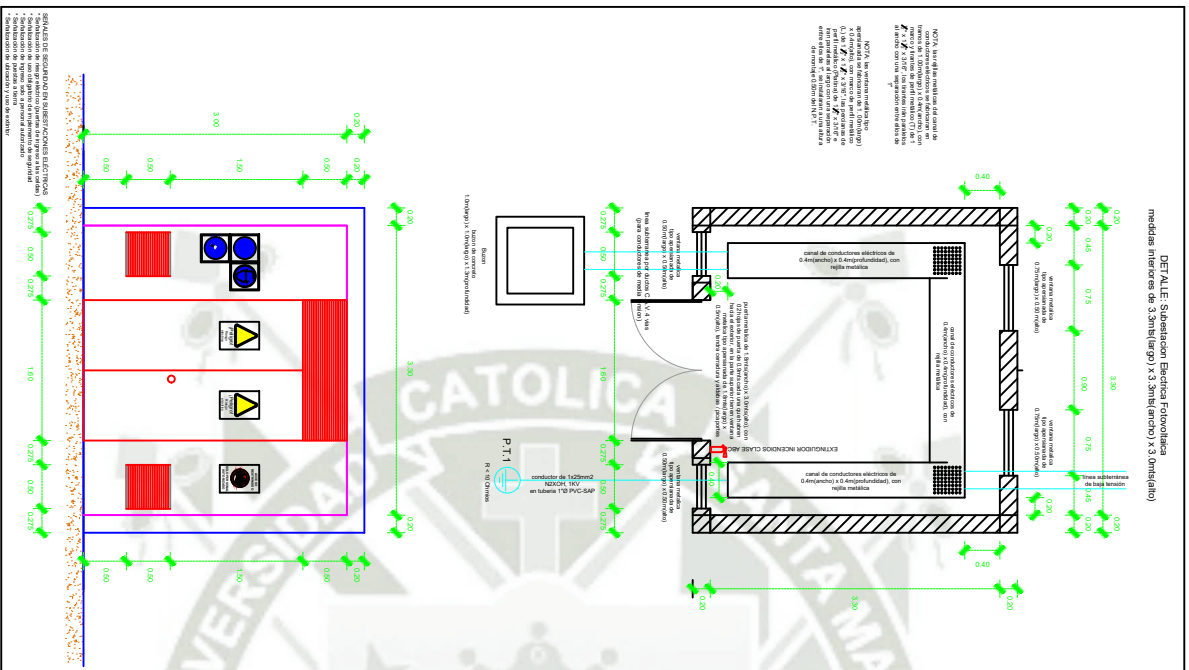
## LEYENDA


RCS	CENTRO DE CONTROL Y SEGUIMIENTO
CCR	REGULADOR DE CORRIENTE CONSTANTE

		Creado por: <b>STEVE LEON A.</b>		Aprobado por: <b>VIDAL ANCO Q.</b>		Tipo de Documento: <b>ESQUEMA ELECTRICO</b>	
Tema: <b>SISTEMA DE CONTROL</b>		Título: <b>PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA PISTA DE ATERIZAJE</b>		Número de Referencia:		Rev.: <b>01</b>	
		Escala:		Form.: <b>A1</b>		Fecha: <b>07/12/2022</b>	
		Hoja:		01		01	

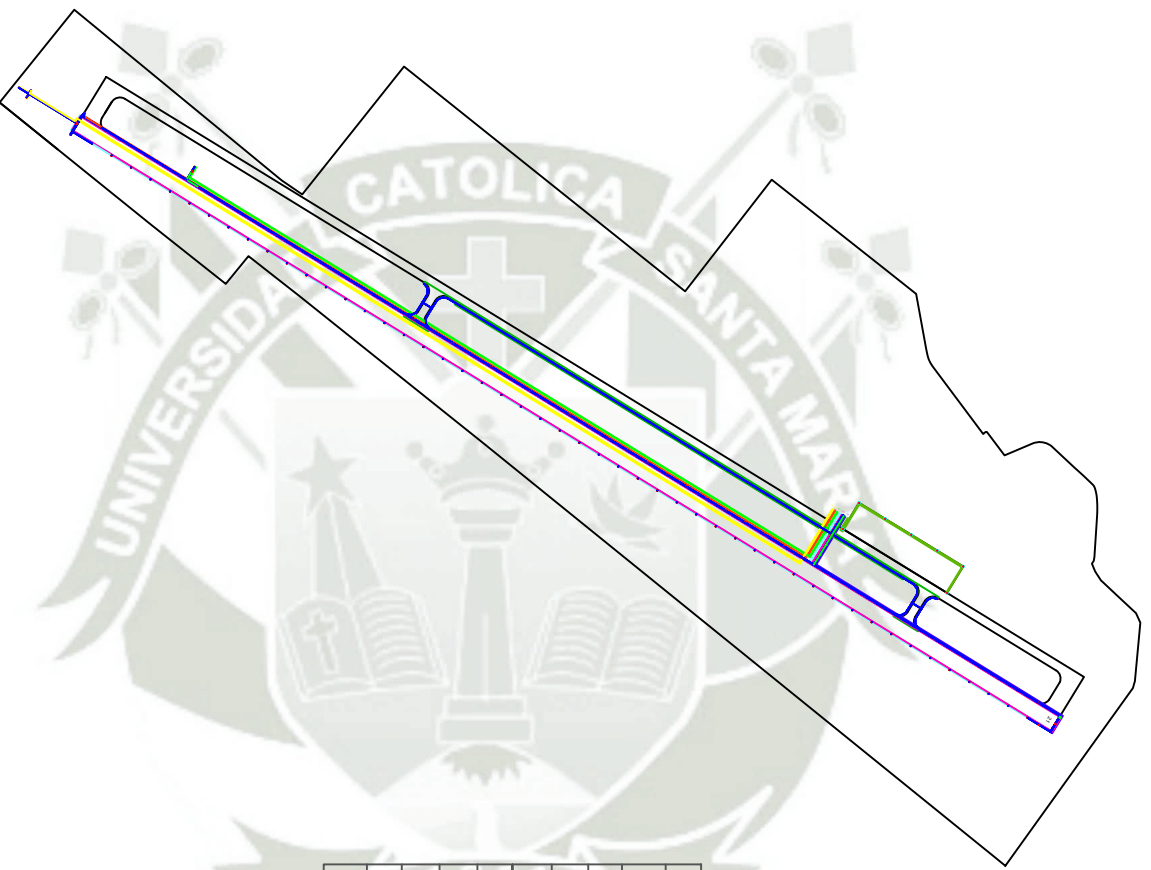


		Creado por:		Aprobado por:		Tipo de Documento:	
Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica		STEVE LEON A.		VIDAL ANCO Q.		ESQUEMA ELECTRICO	
Tema:		Titulo:		Número de Referencia:		Rev.:	
Ubicación de paneles fotovoltaicos		PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA PISTA DE ATERRIZAJE				01	
		Escala:		Forma:		Fecha:	
		A0					
						Hoja:	
						01	



		Creado por: <b>STEVE LEON A.</b>		Aprobado por: <b>VIDAL ANCO Q.</b>		Tipo de Documento: <b>ESQUEMA ELECTRICO</b>	
Escuela Profesional de Ingeniería Médica, Medicina Eléctrica y Mentecónica		Título: <b>PROPUESTA DE MEJORA DEL          SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE          LA PISTA DE ATERRIZAJE</b>		Número de Referencia:		Rev.: <b>01</b>	
Tema: <b>Ubicación de Equipos en Sala</b>		Escala:		Form.: <b>A1</b>		Fecha: <b>07/12/2022</b>	
						Hoja: <b>01</b>	





LEYENDA	
○ Ap	LUCES DE APROXIMACION
○ Ep	LUCES DE EXTREMO DE PISTA
○ Lp	LUCES DE UMBRAL DE PISTA
○ Pp	LUCES PAPI
○ Rp	LUCES DE CALLE DE RODAJE
○ Sp	LUCES DE BORDE DE PISTA
○ Pl	LUCES DE PLATAFORMA
⊗	BUZON DE LUCES
□	BUZON DE PASO

Tema: <b>SISTEMA DE ILUMINACION</b>		Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Mecánica Eléctrica y Mecatrónica	
Título: <b>PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE LA PISTA DE ATERRIZAJE</b>		Creado por: <b>STEVE LEON A.</b>	Aprobado por: <b>VIDAL ANCO Q</b>
Escala: A0	Form: A0	Tipo de Documento: <b>ESQUEMA ELECTRICO</b>	Rev.: 01