

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA**



“DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA  
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA RED DE ALUMBRADO LED  
EN EL TÚNEL PUNTA OLÍMPICA – ÁNCASH”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN  
ENERGÍA

BACHILLER: CERNA AGUIRRE GIANMARCO  
BACHILLER: GÓMEZ CALDERÓN ANDRÉS EDUARDO  
ASESOR: VILA ARCE RENZO IVAN

LINEA DE INVESTIGACIÓN: FUENTES NO CONVENCIONALES

DE ENERGIA



Callao, 2022






PERÚ

## Document Information

Analyzed document	6. TESIS. CERNA AGUIRRE - GOMEZ CALDERON.pdf (D142844871)
Submitted	2022-08-12 07:12:00
Submitted by	
Submitter email	investigacion.fime@unac.pe
Similarity	2%
Analysis address	investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>36486-Huertas Cotillo, Pedro Alejandro.pdf</b> Document 36486-Huertas Cotillo, Pedro Alejandro.pdf (D118012887)		1
<b>SA</b>	<b>Tesis_J_Roman_V1.pdf</b> Document Tesis_J_Roman_V1.pdf (D41329720)		2
<b>SA</b>	<b>J_Martinez_Completa.pdf</b> Document J_Martinez_Completa.pdf (D112389813)		7
<b>SA</b>	<b>TFM_Entrega Final.docx</b> Document TFM_Entrega Final.docx (D126699196)		1
<b>SA</b>	<b>ANGULO_ALEXANDER_TFM.pdf</b> Document ANGULO_ALEXANDER_TFM.pdf (D108664380)		2
<b>SA</b>	<b>Trabajo de titulacion V6 rev (2).docx</b> Document Trabajo de titulacion V6 rev (2).docx (D142284001)		1
<b>SA</b>	<b>9063-Enriquez Fuertes, Eliseo_.pdf</b> Document 9063-Enriquez Fuertes, Eliseo_.pdf (D54123731)		3
<b>SA</b>	<b>34836-Castillo Alvarado, Luis Yordan.pdf</b> Document 34836-Castillo Alvarado, Luis Yordan.pdf (D104054991)		1
<b>SA</b>	<b>1529215_Argente Calderon Bernat.pdf</b> Document 1529215_Argente Calderon Bernat.pdf (D140334100)		4
<b>SA</b>	<b>TFG.pdf</b> Document TFG.pdf (D113916867)		1

<b>SA</b>	<b>TESIS_Lema.docx</b> Document TESIS_Lema.docx (D110719570)		<b>1</b>
<b>SA</b>	<b>Trabajo.pdf</b> Document Trabajo.pdf (D108471679)		<b>2</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.prysmianclub.es/no1-calculo-para-obtener-la-seccion-por-caida-de-tension-ejemplo-de-calculo/">https://www.prysmianclub.es/no1-calculo-para-obtener-la-seccion-por-caida-de-tension-ejemplo-de-calculo/</a> Fetched: 2022-08-12 07:13:00		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.prysmianclub.es/calculo-de-lineas-para-una-instalacion-fotovoltaica-de-5-kw-para-autoconsumo/">https://www.prysmianclub.es/calculo-de-lineas-para-una-instalacion-fotovoltaica-de-5-kw-para-autoconsumo/</a> Fetched: 2022-08-12 07:13:00		<b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.prysmianclub.es/calculo-de-lineas-para-una-instalacion-fotovoltaica-de-50-kw-para-autoconsumo-industrial/">https://www.prysmianclub.es/calculo-de-lineas-para-una-instalacion-fotovoltaica-de-50-kw-para-autoconsumo-industrial/</a> Fetched: 2022-08-12 07:13:00		<b>1</b>

## Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA "DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA RED DE ALUMBRADO LED EN EL TÚNEL PUNTA OLÍMPICA – ÁNCASH" TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍA • BACHILLER: CERNA AGUIRRE GIANMARCO • BACHILLER: GÓMEZ CALDERÓN ANDRÉS EDUARDO • ASESOR: ING. VILA ARCE RENZO IVAN LINEA DE INVESTIGACIÓN: FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGIA Callao, 2022 PERÚ

2  
 INFORMACIÓN BÁSICA FACULTAD: FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA UNIDAD DE INVESTIGACION: DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA TITULO: DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA A UNA RED DE ALUMBRADO LED EN EL TUNEL PUNTA OLIMPICA - ANCASH AUTORES / CODIGO ORCID / DNI: CERNA AGUIRRE, GIANMARCO /0000-0003-1095-330X/ 70182732 GOMEZ CALDERON, ANDRES EDUARDO /0000-0001-6024-8735/ 70055747 ASESOR / CODIGO ORCID / DNI: VILA ARCE, RENZO IVAN /0000-0002-4259-5167/ LUGAR DE EJECUCION: TUNEL PUNTA OLIMPICA, PROVINCIAS DE CARHUAZ Y ASUNCION DEPARTAMENTO DE ANCASH UNIDAD DE ANALISIS: RED DE ALUMBRADO LED DEL TUNEL PUNTA OLIMPICA TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACION: TECNOLÓGICO/CUANTITATIVO/DESCRIPTIVO TEMA OCDE: CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE

4 DEDICATORIA Esta tesis lo dedicamos a nuestros padres por su amor, esfuerzo y sacrificio incondicional en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. A nuestros hermanos y hermanas por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas. A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

5 AGRADECIMIENTOS Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Agradecemos a nuestros padres: Carlos y Denis; y, Andres y Lusmila y hermanos Carlos, Jesús y Carely; en especial a mi hermana Tania, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado. Agradecemos a nuestros docentes de la Facultad de ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao; por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Ing. MBA Vila Arce Renzo Iván asesor de nuestro proyecto de investigación quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**

---

**INFORME N° 12**

Visto el ejemplar de la Tesis de los Bachilleres:

**CERNA AGUIRRE GIANMARCO**  
**GOMEZ CALDERON ANDRES EDUARDO**

Que lleva por título:

**"DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA  
GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA RED DE ALUMBRADO LED EN  
EL TÚNEL PUNTA OLÍMPICA – ÁNCASH"**

**A QUIEN CORRESPONDA**

El jurado Revisor y evaluador de sustentación de Tesis del I Ciclo Taller de Tesis 2022, designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 250-2022-CF-FIME, manifestamos que la sustentación de tesis se llevo a cabo los días Sábado 20 y Domingo 21 de agosto de 2022, en el horario de 09.00 a 15.00 horas, vía Google Meet : <https://meet.google.com/civ-nwjd-nfn> y habiéndose levantado las observaciones realizadas al trabajo de tesis, la misma que en su oportunidad fue revisada cuidadosamente por los miembros del jurado en pleno a través de la sala de Google Meet: <https://meet.google.com/civ-nwjd-nfn> damos la **respectiva conformidad** a la tesis presentada para que continúe con su trámite correspondiente.

Se emite el presente informe favorable para los fines que el interesado considere pertinentes.

Bellavista 22 de setiembre del 2022

Dr. Nelson Alberto Diaz Leiva  
Presidente

Msc. Gustavo Ordóñez Cárdenas  
Secretario

Mg. Juan Adolfo Bravo Félix  
Miembro

(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)

**ACTA N°096 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO E INGENIERO EN ENERGÍA**

**LIBRO 001 FOLIO N° 122, ACTA N° 096 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS DEL I CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

A los 21 días del mes de agosto, del año 2022, siendo las 11:00 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/civ-nwjd-nfn>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de Ingeniero en Energía de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

<b>Dr.</b>	<b>Nelson Alberto Diaz Leiva</b>	<b>: Presidente</b>
<b>Msc.</b>	<b>Gustavo Ordoñez Cárdenas</b>	<b>: Secretario</b>
<b>Mag.</b>	<b>Juan Adolfo Bravo Félix</b>	<b>: Miembro</b>
<b>Mg.</b>	<b>Renzo Ivan Vila Arce</b>	<b>: Asesor</b>

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **CERNA AGUIRRE GIANMARCO** quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN ENERGÍA**, sustenta la tesis titulada **“DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA RED DE ALUMBRADO LED EN EL TÚNEL PUNTA OLÍMPICA – ÁNCASH”** cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid- 19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativosuperior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa de **BUENO** y calificación cuantitativa de **QUINCE (15)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio del 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las 11:22 horas del día 21 del mes y año en curso.



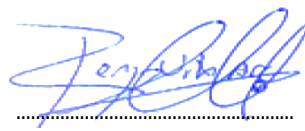
Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva  
Presidente de Jurado



Msc. Gustavo Ordoñez Cárdenas  
Secretario de Jurado



Mg. Juan Adolfo Bravo Félix  
Miembro de Jurado



Mg. Renzo Ivan Vila Arce  
Asesor

(Resolución N° 019-2021-CU del 20 de enero de 2021)

**ACTA N°097 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO E INGENIERO EN ENERGÍA**

**LIBRO 001 FOLIO N° 123, ACTA N° 097 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS DEL I CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO EN ENERGÍA**

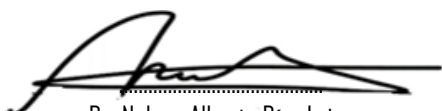
A los 21 días del mes de agosto, del año 2022, siendo las 11:24 horas, se reunieron, en la sala meet: <https://meet.google.com/civ-nwjd-nfn>, el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de Ingeniero en Energía de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

<b>Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva</b>	<b>: Presidente</b>
<b>Msc. Gustavo Ordoñez Cárdenas</b>	<b>: Secretario</b>
<b>Mag. Juan Adolfo Bravo Félix</b>	<b>: Miembro</b>
<b>Mg. Renzo Iván Vila Arce</b>	<b>: Asesor</b>

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **GOMEZ CALDERON ANDRES EDUARDO** quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN ENERGÍA**, sustenta la tesis titulada **“DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA RED DE ALUMBRADO LED EN EL TÚNEL PUNTA OLÍMPICA – ÁNCASH”** cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera no presencial a través de la Plataforma Virtual, en cumplimiento de la declaración de emergencia adoptada por el Poder Ejecutivo para afrontar la pandemia del Covid- 19, a través del D.S. N° 044-2020-PCM y lo dispuesto en el DU N° 026-2020 y en concordancia con la Resolución del Consejo Directivo N°039-2020-SUNEDU-CD y la Resolución Viceministerial N° 085-2020-MINEDU, que aprueba las "Orientaciones para la continuidad del servicio educativosuperior universitario";

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por **APROBADO** con la escala de calificación cualitativa de **BUENO** y calificación cuantitativa de **QUINCE (15)**, la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021-CU del 30 de junio del 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las 11:44 horas del día 21 del mes y año en curso.



Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva  
Presidente de Jurado



Msc. Gustavo Ordoñez Cárdenas  
Secretario de Jurado



Mg. Juan Adolfo Bravo Félix  
Miembro de Jurado



Mg. Renzo Iván Vila Arce  
Asesor

## **INFORMACIÓN BÁSICA**

**FACULTAD:** FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

**UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:** DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

**TÍTULO:** DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA RED DE ALUMBRADO LED EN EL TÚNEL PUNTA OLIMPICA - ANCASH

**AUTORES / CODIGO ORCID / DNI:**

CERNA AGUIRRE, GIANMARCO /0000-0003-1095-330X/ 70182732

GÓMEZ CALDERÓN, ANDRÉS EDUARDO /0000-0001-6024-8735/ 70055747

**ASESOR / CODIGO ORCID / DNI:**

VILA ARCE, RENZO IVAN /0000-0002-4259-5167/

**LUGAR DE EJECUCIÓN:** TUNEL PUNTA OLIMPICA, PROVINCIAS DE CARHUAZ Y ASUNCION DEPARTAMENTO DE ÁNCASH

**UNIDAD DE ANÁLISIS:** RED DE ALUMBRADO LED DEL TÚNEL PUNTA OLÍMPICA

**TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACION:**

TECNOLÓGICO/CUANTITATIVO/NO EXPERIMENTAL

**TEMA OCDE:** CIENCIAS DEL MEDIO AMBIENTE



## **DEDICATORIA**

Esta tesis lo dedicamos a nuestros padres por su amor, esfuerzo y sacrificio incondicional en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos.

A nuestros hermanos y hermanas por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos a Dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Agradecemos a nuestros padres: Carlos y Denis; y, Andrés Lusmila y hermanos Carlos, Jesús y Carely; en especial a mi hermana Tania, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecemos a nuestros docentes de la Facultad de ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao; por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al Ing. MBA Vila Arce Renzo Iván asesor de nuestro proyecto de investigación quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

# ÍNDICE

ÍNDICE .....	1
INDICE DE FIGURA.....	5
INDICE DE TABLAS .....	8
INDICE DE ANEXOS .....	11
RESUMEN .....	14
ABSTRACT .....	15
INTRODUCCCIÓN.....	16
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	17
1.2 Formulación del problema .....	18
1.2.1 Problema general.....	18
1.3.1 Objetivo general.....	18
1.3.2 Objetivos específicos .....	19
1.4 Justificación .....	19
1.4.1 Teórica .....	19
1.4.2 Tecnológico.....	19
1.4.3 Económica .....	20
1.4.4 Social .....	20
1.5 Delimitantes de la investigación .....	20
1.5.1 Teórica .....	20
1.5.2 Temporal.....	21
1.5.3 Espacial .....	21
1.5.4 Metodológica.....	21
II. MARCO TEÓRICO .....	22
2.1 Antecedentes: Internacional y nacional. ....	22
2.1.1 Internacional:.....	22
2.1.2 Nacional:.....	23
2.2 Bases teóricas .....	25

2.2.1	Distancia de parada .....	25
2.2.2	Luminancia de acceso .....	26
2.2.3	Luminancia de la zona umbral .....	26
2.2.4	Luminancia de la zona de transición .....	27
2.2.5	Longitud de la zona de transición.....	27
2.2.6	Corriente Nominal .....	28
2.2.7	Caída de tensión .....	28
2.2.8	Resistencia del sistema de puesta a tierra.....	29
2.2.9	Ángulo de inclinación del módulo fotovoltaico.....	30
2.2.10	Estimación de la radiación recibida en el emplazamiento de la instalación .....	30
2.2.11	Potencia nominal del generador Fotovoltaico .....	31
2.2.12	Número de módulos fotovoltaicos .....	31
2.2.13	Elección del regulador.....	32
2.2.14	Capacidad del banco de baterías.....	32
2.2.15	Elección del inversor .....	33
2.2.16	Costo por generación de energía.....	34
2.2.17	Valor actual Neto (VAN).....	34
2.3	Marco conceptual .....	35
2.3.1	Radiación Solar.....	35
2.3.2	Irradiancia e Irradiación.....	36
2.3.3	Incidencia solar .....	36
2.3.4	Coordenadas Geográficas de la tierra .....	36
2.3.5	Posición del sol .....	38
2.3.6	Horas Solar Pico .....	39
2.3.7	Efecto Fotovoltaico.....	39
2.3.8	Sistema fotovoltaico .....	41
2.3.8.1	Célula solar y módulos fotovoltaicos .....	41
2.3.8.2	Baterías – Acumuladores de energía .....	42
2.3.8.3	Controlador.....	43
2.3.8.4	Inversor .....	43
2.3.8.5	Conductores en instalaciones fotovoltaicas.....	44
2.3.8.6	Conectores fotovoltaicos .....	44
2.3.9	Software de PVsyst.....	44

2.3.10 Iluminación en túneles: .....	44
2.3.11 Problemáticas de visión en los túneles .....	44
2.3.12 Normativas de alumbrado en túneles viales .....	46
2.3.13 Zonificación de Túneles .....	47
2.3.14 Equipos, Lámparas y Luminarias .....	49
2.3.15 Alumbrado nocturno en túneles .....	49
2.3.16 Reflexión en superficies del interior del túnel .....	49
2.3.17 Definición de alumbrado .....	50
2.3.18 Tecnología LED en túneles .....	55
2.3.19 Sistema de control de iluminación en túneles .....	58
2.3.20 Dispositivos de protección en instalaciones eléctricas .....	59
2.3.21 Normativas de instalaciones eléctricas. ....	62
2.3.22 Software de Dialux .....	63
2.3.23 Evaluación económica .....	63
2.4 Definición de términos básicos .....	64
III. HIPÓTESIS Y VARIABLES.....	66
3.1 Hipótesis (general y específicas).....	66
3.1.1 Operacionalización de variables .....	66
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO .....	68
4.1 Diseño metodológico .....	68
4.2 Método de investigación.....	68
4.3 Población y muestra .....	68
4.4 Lugar de estudio.....	69
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.....	70
4.5.1 Análisis documental .....	70
4.5.2 Técnica empírica.....	70
4.6 Análisis y procesamiento de datos. ....	71
4.6.1 Etapa I: Verificación del potencial Solar.....	71
4.6.2 Etapa II: Determinación de la demanda de la red de alumbrado LED .....	73
4.6.3 Etapa III: Dimensionamiento del sistema fotovoltaico .....	126
4.6.3.1 Etapa IV: Evaluación económica .....	151
V. RESULTADOS.....	162

5.1 Resultados Descriptivos .....	162
5.1.1 Etapa I: Obtención del potencial solar.....	162
5.1.2 Etapa II: Obtención de la demanda de la red de alumbrado ...	162
5.1.3 Etapa III: Resultados del dimensionamiento del sistema fotovoltaico .....	168
5.1.4 Etapa IV: Evaluación económica.....	170
VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	171
6.1 Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	171
6.1.1 Contratación de la Hipótesis general.....	171
6.1.2 Contratación de las Hipótesis específicas .....	171
6.2 Contratación de los resultados con otros estudios similares. ....	172
6.2.1 Contratación de resultados con estudios internacionales .....	172
6.2.2 Contratación de resultados con estudios nacionales .....	173
VII. CONCLUSIONES .....	174
VIII. RECOMENDACIONES.....	175
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	176
I. Bibliografía.....	176
X. ANEXOS.....	183

## INDICE DE FIGURA

Figura N° 2.1 Piranómetro.....	35
Figura N° 2.2 Espectro de la radiación solar .....	35
Figura N° 2.3 Comportamiento de la irradiancia en un día despejado .....	36
Figura N° 2.4 Líneas referenciales de longitud.....	37
Figura N° 2.5 Trayectoria solar en solsticio .....	38
Figura N° 2.6 El concepto de hora-pico como unidad de energía .....	39
Figura N° 2.7 Esquema de una celda solar y el efecto fotoeléctrico .....	40
Figura N° 2.8 Estructura básica de una celda solar .....	40
Figura N° 2.9 Composición de un módulo fotovoltaico .....	42
Figura N° 2.10 Efecto agujero negro en túnel punta olímpica .....	45
Figura N° 2.11 Fenómeno de luminancia de velo.....	46
Figura N° 2.12 Zonas de luminancia en interior de un túnel.....	47
Figura N° 2.13 Niveles de luminancia en zona de transición.....	48
Figura N° 2.14 Luminaria incandescente.....	51
Figura N° 2.15 Luminaria de alta intensidad.....	51
Figura N° 2.16 Luminaria fluorescente .....	52
Figura N° 2.17 Luminaria de inducción.....	53
Figura N° 2.18 Luminaria led.....	53
Figura N° 2.19 Partes de un led .....	56
Figura N° 2.20 Principio físico del funcionamiento de un LED .....	57
Figura N° 2.21 Interruptor horario.....	58
Figura N° 2.22 Sensor de movimiento.....	59
Figura N° 2.23 Interruptor horario.....	59
Figura N° 2.24 Interruptor diferencial.....	60
Figura N° 2.25 Relé térmico .....	60
Figura N° 2.26 Relé fusible.....	61
Figura N° 4.1 Ubicación del proyecto .....	69
Figura N° 4.2 Vista satelital de la ubicación del túnel punta olímpica.....	70
Figura N° 4.3 Análisis y procesamiento de datos .....	71
Figura N° 4.4 Historial incidencia solar en la zona del proyecto NASA POWER .....	72

Figura N° 4.5 Historial incidencia solar en la zona del proyecto Meteonorm....	72
Figura N° 4.6 Velocidad máxima permitida en el túnel punta olímpica.....	74
Figura N° 4.7 Diagramas típicos del coeficiente de fricción en función de la velocidad para pavimento seco y húmedo .....	76
Figura N° 4.8 Ingreso al túnel Lado Huaraz .....	78
Figura N° 4.9 Ingreso al túnel Lado Chacas.....	80
Figura N° 4.10 Niveles de luminancia en lado Huaraz .....	85
Figura N° 4.11 Niveles de luminancia en el lado Chacas .....	86
Figura N° 4.12 Luminarias para instalación en túnel .....	87
Figura N° 4.13 Vista frontal de los Detalles de distancias entre luminarias.....	89
Figura N° 4.14 Vista de planta de los Detalles de distancias entre luminarias .	90
Figura N° 4.15 Vista frontal de los detalles de distancias entre luminarias .....	91
Figura N° 4.16 Vista de planta de los detalles de distancias entre luminarias..	91
Figura N° 4.17 Vista frontal de los detalles de distancias entre luminarias .....	93
Figura N° 4.18 Vista de planta de los detalles de distancias entre luminarias..	93
Figura N° 4.19 Vista frontal de los detalles de distancias entre luminarias .....	94
Figura N° 4.20 Vista de planta de los detalles de distancias entre luminarias..	95
Figura N° 4.21 Resistividad de varios tipos de suelo .....	117
Figura N° 4.22 Mínima resistencia de aislamiento para instalaciones.....	117
Figura N° 4.23 Consumo de energía eléctrica de equipos en el del lado Huaraz .....	125
Figura N° 4.24 Consumo de energía eléctrica de equipos en el del lado Chacas .....	125
Figura N° 4.25 Ubicación Geográfica del Túnel .....	126
Figura N° 4.26 Área disponible lado Chacas.....	127
Figura N° 4.27 área disponible lado Huaraz.....	127
Figura N° 4.28 Modulo fotovoltaico JA SOLAR 535/MR.....	131
Figura N° 4.29 Módulos Fotovoltaicos 3x3 .....	132
Figura N° 4.30 Controlador MPPT 150/85.....	133
Figura N° 4.31 Bateria Pylontech US5000 .....	135
Figura N° 4.32 Datos técnicos del inversor Multiplus .....	136
Figura N° 4.33 Dimensionamiento del banco de baterías en PVsyst .....	138
Figura N° 4.34 Dimensionamiento de los módulos fotovoltaicos en PVsyst...	139
Figura N° 4.35 Resultados del dimensionamiento fotovoltaico en PVsyst.....	140



Figura N° 4.36 Resultados del dimensionamiento fotovoltaico en PVsyst.....	140
Figura N° 4.37 Perdidas Fotovoltaicas obtenidas mediante PVsyst 7.2 .....	141
Figura N° 4.38 Instrucción por métodos de instalación para obtener la capacidad de corriente nominal. ....	143
Figura N° 4.39 Factor de corrección para temperatura ambiente a ser aplicado a la capacidad de corriente nominal para cables al air.....	144
Figura N° 4.40 Factor de corrección por número de circuitos .....	145
Figura N° 4.41 Selección del calibre del conductor de carga según corriente y tipo de aislamiento .....	146
Figura N° 4.42 Selección del calibre del conductor de carga según corriente y tipo de aislamiento .....	149
Figura N° 4.43 Selección del calibre Método de instalación para conductores enterrados conductores XLPE .....	150
Figura N° 4.44 Flujo de caja .....	159
Figura N° 5.1 Niveles de luminancia en el túnel Punta Olímpica .....	164
Figura N° 5.2 3D del túnel Punta Olímpica Zona Umbral tramo 1 y 2 .....	164
Figura N° 5.3 3D del túnel Punta Olímpica Zona interior y zona de transición	165

## INDICE DE TABLA

Tabla 2.1 Latitudes.....	37
Tabla 2.2 Estaciones del año .....	38
Tabla 2.3 Comparativa entre luminarias.....	54
Tabla 3.1 Operacionalización de variables.....	67
Tabla 4.1 Datos técnicos del túnel Punta Olímpica .....	74
Tabla 4.2 Intensidad de tráfico en túneles.....	75
Tabla 4.3 Clase de túnel según la intensidad de tráfico .....	75
Tabla 4.4 Valores de luminancia para distintas superficies.....	78
Tabla 4.5 Valores de luminancia en el lado Huaraz .....	79
Tabla 4.6 Distribución de valores de luminancia en el lado Huaraz .....	79
Tabla 4.7 Valores de luminancia en el lado Chacas.....	80
Tabla 4.8 Distribución de valores de luminancia en el lado Chacas.....	80
Tabla 4.9 Valores recomendados de K para diferentes valores de Dp calculada en pavimento húmedo.....	81
Tabla 4.10 Ltr según el tiempo en segundos en el lado Huaraz.....	83
Tabla 4.11 Ltr según el tiempo en segundos en el lado Chacas .....	84
Tabla 4.12 Luminancia media en la superficie de la calzada de la zona interior en cd/m <sup>2</sup> .....	85
Tabla 4.13 Lista de luminarias.....	88
Tabla 4.14 Detalle de las distancias para las luminarias encendidas durante el día lado Huaraz .....	89
Tabla 4.15 Detalle de las distancias para las luminarias encendidas durante la noche lado Huaraz .....	90
Tabla 4.16 Detalle de las distancias para las luminarias encendidas durante el día lado Chacas.....	92
Tabla 4.17 Detalle de las distancias para las luminarias encendidas durante la noche lado Chacas.....	94
Tabla 4.18 Potencia por tramo y tablero Lado Huaraz .....	96
Tabla 4.19 Potencia por tramo y tablero Lado Chacas .....	97
Tabla 4.20 Resultados de los cálculos de la sección de conductor lado Huaraz .....	99

Tabla 4.21 Selección de conductores para los tableros derivados lado Huaraz .....	100
Tabla 4.22 Resultados de los cálculos de la sección de conductor lado Chacas .....	101
Tabla 4.23 Selección de conductores para los tableros derivados lado Chacas .....	101
Tabla 4.24 Potencia por circuito de cada tablero derivado lado Huaraz .....	102
Tabla 4.25 Potencia por circuito de cada tablero derivado lado Chacas .....	104
Tabla 4.26 Resultados de los cálculos de la sección de conductores de los circuitos de alumbrado lado Huaraz .....	105
Tabla 4.27 Selección de conductores para los circuitos de alumbrado lado Huaraz.....	107
Tabla 4.28 Resultados de los cálculos de la sección de conductores de los circuitos de alumbrado lado Chacas.....	109
Tabla 4.29 Selección de conductores para los circuitos de alumbrado lado Chacas .....	110
Tabla 4.30 Interruptores Termomagnéticas en TG-01 .....	112
Tabla 4.31 Interruptores Termomagnéticas en TG-02 .....	112
Tabla 4.32 Interruptores Termomagnéticas en los tableros derivados lado Huaraz.....	113
Tabla 4.33 Interruptores Termomagnéticas en los tableros derivados lado Chacas .....	115
Tabla 4.34 Potencia nominal de luminarias durante el día del lado Huaraz...	119
Tabla 4.35 Potencia nominal de luminarias durante la noche del lado Huaraz .....	119
Tabla 4.36 Potencia nominal de luminarias durante el día del lado Chacas ..	120
Tabla 4.37 Potencia nominal de luminarias durante la noche del lado Chacas .....	121
Tabla 4.38 Total de potencia nominal en KW de luminarias .....	122
Tabla 4.39 Consumo de energía eléctrica de equipos durante el día del lado Huaraz.....	123
Tabla 4.40 Consumo de energía eléctrica de equipos durante el día del lado Chacas .....	124
Tabla 4.41 Estimación de posibles pérdidas en sistema fotovoltaico .....	129

Tabla 4.42 Datos técnicos del módulo fotovoltaico .....	130
Tabla 4.43 Controlador MPPT 150/85.....	133
Tabla 4.44 Datos técnicos de la batería .....	135
Tabla 4.45 Datos técnicos del inversor .....	137
Tabla 4.46 Inversión de los sistemas fotovoltaicos .....	151
Tabla 4.47 Inversión de la red de alumbrado LED .....	152
Tabla 4.48 Inversión en sistemas de puestas a tierra .....	153
Tabla 4.49 Inversión total .....	153
Tabla 4.50 Demanda total de la red de alumbrado LED .....	154
Tabla 4.51 Vida útil de componentes en años.....	156
Tabla 4.52 Flujo de caja en un periodo de evaluación de 20 años (primera parte) .....	157
Tabla 4.53 Flujo de caja en un periodo de evaluación de 20 años (segunda parte) .....	158
Tabla 4.54 VAN cuando $K=10\%$ .....	160
Tabla 4.55 VAN cuando $K=3\%$ .....	161
Tabla 5.1 Características del Túnel punta Olímpica.....	162
Tabla 5.2 Niveles de luminancia en el lado Huaraz.....	163
Tabla 5.3 Niveles de luminancia en el lado Chacas .....	163
Tabla 5.4 Comparación de la luminancia calculada con la luminancia obtenida de la simulación del software DIALux evo en el lado Huaraz .....	165
Tabla 5.5 Comparación de la luminancia calculada con la luminancia obtenida de la simulación del software DIALux evo en el lado Chacas. ....	166
Tabla 5.6 Potencia nominal en los lados Huaraz y Chacas .....	167
Tabla 5.7 Consumo de energía eléctrica en los lados Huaraz y Chacas .....	168
Tabla 5.8 Total de componentes para cada sistema fotovoltaico.....	169

## INDICE DE ANEXO

Anexo 1 Matriz de Consistencia .....	183
Anexo 2 Plano de ubicación del Túnel Punta Olímpica .....	184
Anexo 3. Circuito de alimentación TG-01 a TD-01 y circuito de luminarias de la Zona Umbral .....	185
Anexo 4. Circuito de alimentación TG-01 a TD-02 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 1 y 2 .....	186
Anexo 5 Circuito de alimentación TG-01 a TD-03 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 3 y 4 .....	187
Anexo 6 Circuito de alimentación TG-01 a TD-04 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 5 y 6 .....	188
Anexo 7 Circuito de alimentación TG-01 a TD-05 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 7 y 8 .....	189
Anexo 8 Circuito de alimentación TG-01 a TD-05 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 9 y 10 .....	190
Anexo 9 Circuito de alimentación TG-01 a TD-06 y circuito de luminarias de la Zona interior 1 .....	191
Anexo 10 Circuito de alimentación TG-01 a TD-07 y circuito de luminarias de la Zona interior 2 .....	192
Anexo 11 Circuito de alimentación TG-01 a TD-08 y circuito de luminarias de la Zona interior 3 .....	193
Anexo 12 Circuito de alimentación TG-01 a TD-09 y circuito de luminarias de la Zona interior 4 .....	194
Anexo 13 Circuito de alimentación TG-01 a TD-10 y circuito de luminarias de la Zona interior 5 .....	195
Anexo 14 Circuito de alimentación TG-01 a TD-11 y circuito de luminarias de la Zona interior 6 .....	196
Anexo 15 Circuito de alimentación TG-01 a TD-12 y circuito de luminarias de la Zona interior 7 .....	197
Anexo 16 Circuito de alimentación TG-01 a TD-13 y circuito de luminarias de la Zona interior 8 .....	198
Anexo 17 Circuito de alimentación TG-01 a TD-14 y circuito de luminarias de la Zona interior 9 .....	199

Anexo 18 Circuito de alimentación TG-01 a TD-15 y circuito de luminarias de la Zona interior 10.....	200
Anexo 19 Circuito de alimentación TG-01 a TD-16 y circuito de luminarias de la Zona interior 11.....	201
Anexo 20 Circuito de alimentación TG-01 a TD-17 y circuito de luminarias de la Zona interior 12.....	202
Anexo 21 Circuito de alimentación TG-02 a TD-01 y circuito de luminarias de la Zona Umbral.....	203
Anexo 22 Circuito de alimentación TG-02 a TD-02 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 1 y 2 .....	204
Anexo 23 Circuito de alimentación TG-02 a TD-03 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 3 y 4 .....	205
Anexo 24 Circuito de alimentación TG-02 a TD-04 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 5 y 6 .....	206
Anexo 25 Circuito de alimentación TG-02 a TD-05 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 7 y 8 .....	207
Anexo 26 Circuito de alimentación TG-02 a TD-05 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 9 y 10 .....	208
Anexo 27 Circuito de alimentación TG-02 a TD-06 y circuito de luminarias de la Zona Interior 1 .....	209
Anexo 28 Circuito de alimentación TG-02 a TD-07 y circuito de luminarias de la Zona Interior 2 .....	210
Anexo 29 Circuito de alimentación TG-02 a TD-08 y circuito de luminarias de la Zona Interior 3 .....	211
Anexo 30 Circuito de alimentación TG-02 a TD-09 y circuito de luminarias de la Zona Interior 4 .....	212
Anexo 31 Circuito de alimentación TG-02 a TD-10 y circuito de luminarias de la Zona Interior 5 .....	213
Anexo 32 Circuito de alimentación TG-02 a TD-11 y circuito de luminarias de la Zona Interior 6 .....	214
Anexo 33 Circuito de alimentación TG-02 a TD-12 y circuito de luminarias de la Zona Interior 7 .....	215
Anexo 34 Diagrama Unifilar - Sistema Fotovoltaico 28.9 KWp Lado Huaraz .	216
Anexo 35 Diagrama Unifilar - Sistema Fotovoltaico 28.9 KWp Lado Chacas	217

Anexo 36 Ficha técnica - Modulo fotovoltaico .....	218
Anexo 37 Ficha técnica - Batería .....	219
Anexo 38 Ficha técnica - Control .....	220
Anexo 39 Ficha técnica - Inversor .....	221
Anexo 40 Plano de detalle de la estructura para el Módulo Fotovoltaico .....	222
Anexo 41 Ficha técnica - Estructura para Modulo fotovoltaico.....	223
Anexo 42 Ficha técnica - Luminaria Modelo TAG .....	224
Anexo 43 Ficha técnica - Luminaria Modelo Contiled .....	225
Anexo 44 Ficha técnica - Cable para sistema Fotovoltaico.....	226

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación abordó el tema de la falta de una red de alumbrado en el túnel punta Olímpica en la región Ancash, debido a que la zona donde se encuentra no cuenta con redes de distribución de energía eléctrica, lo que genera problemas de visualización de los usuarios y conductores al momento de transitar.

Por ello, el propósito de esta investigación es el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico como alternativa para poder generar energía eléctrica a una red de alumbrado LED en el túnel Punta Olímpica, para lo cual se utilizó información de tipo documental para el desarrollo de cálculos y la selección adecuada de componentes, posterior a ello, se realizó una simulación con los resultados obtenidos.

La investigación es de tipo tecnológica, por el motivo que el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico es una solución para la generación de energía a una red de alumbrado LED y con ello proporcionar los niveles de luminancia adecuados y tendría un beneficio para la sociedad local, además cuenta con nivel aplicado y cuenta con diseño no experimental.

El resultado obtenido se realizó por etapas, siendo el primero la determinación de la incidencia solar en la zona del proyecto, el cual es de 4.2 KWh/m<sup>2</sup>/día, como segunda etapa, la determinación del consumo de energía de la red de alumbrado LED, del cual se tiene un consumo de 105 KWh y 105.3 KWh para cada lado del túnel, la tercera etapa el dimensionamiento fotovoltaico donde cada se tiene 2 generadores fotovoltaicos con una potencia de 28.89 KWP cada uno, por lo que se concluye que el dimensionamiento del sistema fotovoltaico es capaz de generar energía eléctrica y cubrir la demanda por parte de la red de alumbrado LED en el túnel Punta Olímpica.

**Palabras claves:** Dimensionamiento, sistema fotovoltaico, red de alumbrado LED, túnel.



## ABSTRACT

This research work addressed the issue of the lack of a lighting network in the Punta Olímpica tunnel in the Ancash region, due to the fact that the area where it is located does not have electricity distribution networks, which generates visualization problems. of users and drivers when transiting.

Therefore, the purpose of this research is the sizing of a photovoltaic system as an alternative to be able to generate electricity to a LED lighting network in the Punta Olímpica tunnel, for which documentary information was obtained to obtain calculations and the appropriate selection of components and after that, carry out a simulation with the results obtained.

The research is of a technological nature, for the reason that the dimensioning of a photovoltaic system is a solution for the generation of energy to an LED lighting network and thereby provide the appropriate luminance levels and have a social benefit, with an applied level and it has a simple descriptive design.

The result obtained was carried out in stages, the first being the determination of the solar incidence in the project area, which is 4.2 KWh/m<sup>2</sup>/day, and the second stage, the determination of the energy consumption of the LED lighting network. , of which there is a consumption of 105 KWh and 105.3 KWh for each side of the tunnel, the third stage the photovoltaic sizing where each has 2 photovoltaic generators with a power of 28.89 KWP each, so it is concluded that the sizing of the photovoltaic system is capable of generating electricity and meeting the demand from the LED lighting network in the Punta Olímpica tunnel.

**Keywords:** Dimensioning, photovoltaic system, LED lighting network, tunnel.

## INTRODUCCIÓN

Perú es un país donde la electrificación rural es un problema para muchas comunidades que no pueden acceder a diversos servicios para mejorar su calidad de vida, debido a la lejanía y geografía de las zonas, a su vez la carencia de electricidad se ve reflejado en el índice de desarrollo, infraestructuras el cual abre paso a la mejora de las vías de comunicación.

En los últimos años diferentes autores abordan el tema de la generación de energía mediante sistemas fotovoltaicos en diversos sectores, uno de ellos en redes de alumbrado como beneficio social a comunidades y ciudades, por ello el propósito de esta investigación es el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico para la generación de energía a una red de alumbrado LED, en el túnel Punta Olímpica en la región de Ancash, el cual cuenta con casi 1.4 Km. de longitud, es el segundo a mayor altura en el mundo, superando los 4700 m.s.n.m. siendo la principal vía de comunicación entre las ciudades de Carhuaz y Chacas.

Para la elaboración de este trabajo de investigación se desarrolló en 7 capítulos, de los cuales, en el primero se detalla la realidad problemática y el planteamiento del problema. En el segundo se tiene los antecedentes, con la mención de cada autor y el título de sus investigaciones y la relación de los objetivos del presente trabajo, también se presenta las bases teóricas y marco conceptual. En el tercero se muestran las hipótesis y variables las cuales están relacionadas con la problemática y los objetivos. En el cuarto capítulo se detalla la metodología de investigación tipo tecnológica y el desarrollo del presente trabajo de investigación según las bases teóricas y conceptos, para lo cual se realizaron cálculos previos para dimensionar una red de alumbrado LED y se determinó su consumo de energía, luego se realizó el dimensionado del sistema fotovoltaico, conociendo los niveles de incidencia solar en la zona del proyecto y seleccionando componentes adecuados para la generación de energía requerida por la red de alumbrado LED y por último un análisis económico. El quinto capítulo cuenta con los resultados obtenidos y en el sexto la discusión de los resultados respecto a las hipótesis establecidas y los antecedentes relacionados con el tema de investigación. Por último, en el séptimo capítulo se resaltan las conclusiones obtenidas y en el séptimo se muestran las recomendaciones a tener en cuenta.

# **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## **1.1 Descripción de la realidad problemática**

Según Bassan (2016) en su investigación “Visión general de los aspectos de seguridad vial y diseño en túneles de carretera” menciona que, de los accidentes en túneles de países asiáticos y europeos, entre un 49% y 66% ocurrieron en la zona interior del túnel (parte central), por ello la importancia de la iluminación para que los conductores logren identificar obstáculos y peligros en la vía. Actualmente existen túneles en lugares donde aún se carece de energía eléctrica, La ONU (2015) identificó que se presenta un bajo índice de desarrollo humano en la población de sectores rurales, el cual se ve reflejado en su infraestructura vial, comunicaciones y necesidades básicas, por ello uno de los 17 objetivos de desarrollo sostenible, es garantizar el acceso universal a la energía aumentando la proporción de energías renovables.

En Latinoamérica, la web bnamericas (2022) en la publicación “Las lecciones que puede sacar Latinoamérica de los megatúneles europeos” señala que se carece de una normativa en seguridad y resalta la importancia de replicar normativas de la Unión Europea. Colombia es el país con mayor desarrollo respecto a infraestructura de túneles, debido a que consideró la importancia de integrar ciudades y comunidades, permitiendo reducir tiempos de recorrido y garantizando la seguridad en su interior.

En el Perú, la Dirección General de Electrificación Rural (DGER), cuenta con proyectos de energías renovables, como el programa masivo con sistemas fotovoltaicos en los lugares más apartados del país y donde se carece de redes de distribución eléctrica, además muchas de las vías de acceso a dichos lugares no cuentan con redes de alumbrado, siendo un peligro para los conductores.

El túnel punta olímpica en Ancash, con su trayectoria de 1384 metros de longitud el cual no cuenta con un sistema de alumbrado en su interior, este túnel es el principal punto de comunicación entre las ciudades Carhuaz y Chacas, la cual se conoce como la ruta AN-107, que gran parte de su tramo

carece de una red eléctrica, la subestación más cercana esta aproximadamente a 20 km de distancia, por lo cual también afecta a los pobladores que habitan en los alrededores a acceder a la energía eléctrica, además la falta de iluminación en podría ocasionar accidentes fatales al momento de transitar el túnel.

Por ello se busca la manera más eficiente para la obtención de energía y lograr la iluminación del túnel punta olímpica de manera óptima, eficiente, de bajo costo, garantizando seguridad al tránsito vehicular sin alterar el ecosistema y que genere confianza en la implementación de proyectos de energía en diferentes sectores de la zona.

## **1.2 Formulación del problema**

### **1.2.1 Problema general**

¿Cómo dimensionar un sistema fotovoltaico como propuesta para la generación de energía eléctrica a una red de alumbrado LED en el túnel Punta Olímpica?

### **1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Cómo obtener los valores de incidencia solar para determinar el potencial solar en la zona del proyecto?
- ¿Cómo calcular los niveles de luminancia para determinar el consumo de energía eléctrica de la red de alumbrado LED?
- ¿Cómo determinar la potencia a generar en el sistema fotovoltaico a fin de cubrir la demanda por consumo de la red de alumbrado LED?
- ¿Cómo realizar la simulación mediante software con el propósito de validar la selección de componentes?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Dimensionar un sistema fotovoltaico como propuesta para la generación de energía eléctrica a una red de alumbrado LED en el túnel Punta Olímpica.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Obtener los valores de incidencia solar para determinar el potencial solar en la zona del proyecto.
- Calcular los niveles de luminancia para determinar el consumo de energía eléctrica de la red de alumbrado LED.
- Determinar la potencia a generar en el sistema fotovoltaico a fin de cubrir la demanda de consumo de la red de alumbrado LED.
- Realizar la simulación mediante software con el propósito de validar la selección de componentes.

### **1.4 Justificación**

Con esta investigación se busca poder incentivar al uso de energías renovables en zonas rurales, en este caso la solar mediante el dimensionamiento fotovoltaico para iluminar una red de alumbrado LED en el túnel Punta Olímpica, que conectan las provincias de los Conchucos con la ciudad de Huaraz en el departamento de Ancash, de este modo se garantiza seguridad y comodidad al tránsito de la zona, con el fin de disminuir los riesgos por accidentes vehiculares, con ello se busca beneficiar a la comunidad y conductores que a diario transita la vía, ya se sea por fines comerciales y/o la promoción al turismo.

#### **1.4.1 Teórica**

El presente trabajo de investigación presenta justificación teórica ya que nos basamos en los fundamentos teóricos para el dimensionado del sistema fotovoltaico para la generación de energía, tal como lo señala el autor Alonso (2005), así como el uso de normativas y textos para realizar el diseño de la red de iluminación LED del túnel Punta Olímpica, cuyos resultados podrán sistematizarse en la propuesta de la investigación.

#### **1.4.2 Tecnológico**

Con el dimensionamiento de módulos fotovoltaicos se promueve el uso de energías renovables para obtener energía limpia en lugares donde se carece de una red de energía eléctrica debido a la geografía de la zona, es por ello que este tipo de energía representa una alternativa confiable en lugares que cumplen

con una buena incidencia solar la mayor parte del año, además la implementación de luminarias del tipo LED nos garantiza un óptimo nivel de iluminación a bajo costo por consumo de energía, se debe resaltar que este tipo de equipos en promedio cuenta con 100000 horas de vida útil promedio, por lo que es viable su operación a largo plazo.

### **1.4.3 Económica**

En los últimos años, la tecnología ha permitido reducir los costos de fabricación de los módulos fotovoltaicos, por ello es que se cuenta con un gran mercado que ofrece diversos componentes de calidad a precios accesibles, además que la vida útil de los módulos fotovoltaicos están entre 20-25 años de funcionamiento garantizando la generación de energía a largo plazo, la implementación de luminarias LED nos permite maximizar en términos de óptima iluminación, reduciendo los costos por mantenimiento, consumo de energía y en promedio con una vida útil de 11 años para las luminarias que van a operar las 24 horas del día. Cabe mencionar que, de implementarse lo obtenido en esta investigación, no buscaría generar ingresos.

### **1.4.4 Social**

La implementación de esta investigación tendría beneficio para las personas que transitan el túnel punta olímpica, proporcionando los niveles adecuados de iluminación y seguridad, además se mejoraría el índice de desarrollo humano en las comunidades cercanas al túnel mediante la masificación el uso de este tipo de generación de energía.

## **1.5 Delimitantes de la investigación**

### **1.5.1 Teórica**

Una de las delimitaciones de este estudio fue la medición de la variable dependiente, ya que primero debemos conocer la demanda del sistema la red de alumbrado a partir de la selección de luminarias LED, también la obtención de la incidencia solar en el área mediante la base de datos obtenidos de Meteororm 8 y NASA POWER, para poder cubrir esa demanda y seleccionar adecuadamente los componentes del sistema fotovoltaico. Es importante

mencionar que, en este trabajo de investigación, no se va realizar el dimensionamiento de un sistema de alumbrado de emergencia. Otro punto a tener en cuenta en la delimitación es el rendimiento de los equipos (controladores, baterías e inversores) debido a que se tiene poca información sobre factor de derrateo a altitudes superiores a 4000 m.s.n.m.

### **1.5.2 Temporal**

La región donde se ubica el túnel de La Punta Olímpica presenta un incremento de precipitaciones, nevadas y descargas atmosféricas en los meses de diciembre hasta marzo, los cuales afectan la eficiencia de generación de energía en los módulos fotovoltaicos y que representarían el peor de los escenarios posibles para la generación de energía.

### **1.5.3 Espacial**

Dada la geografía accidentada que presenta la zona, sería complicado el transporte de materiales, además de la apropiada instalación del sistema fotovoltaico debido a que este requiere de ciertas áreas para ser instaladas y la red de alumbrado LED, ya que en el interior del túnel no cuenta con un revestimiento de concreto y presenta alta humedad.

### **1.5.4 Metodológica**

La Información de proyectos sobre iluminación en túneles a nivel nacional no es propia, por lo que se basan a normativas de países europeos, además de que los túneles al interior del país no cuentan con un sistema de iluminación eso debido a que en muchas de esas zonas no cuenta con una red eléctrica por lo que simplemente no se toma en cuenta y esa fue una de las principales limitaciones al no poder encontrar experiencias similares a esta investigación.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes: Internacional y nacional.**

#### **2.1.1 Internacional:**

- El autor Villagómez (2018) en su tesis de título “Evaluación de iluminación en los túneles: Cerro Santa Ana, El Carmen, San Eduardo de la ciudad de Guayaquil, basándose en la Normativa Técnica de Carreteras de España “Orden Circular 36/2015” con objetivo principal de realizar la evaluación del de los niveles de luminancia en los túneles más representativos del país basándose en una normativa española. En el estudio se aplicó un diseño descriptivo comparativo en el cual el autor utiliza instrumentos de estudios para la determinación de los cálculos y determinar los niveles de luminancia de los principales túneles de la ciudad de Guayaquil, Teniendo como población igual a la muestra en este caso los mismos túneles, el autor llego a la conclusión que los niveles de luminancia evaluados de dichos túneles no cumplen con lo señalado en la normativa española.

La tesis del párrafo anterior tiene relación con esta investigación de investigación debido que se tiene que se obtuvo los niveles de luminancia para cada zona del túnel Punta Olímpica según las normativas vigentes.

- Los autores Catagua y Guerrero (2021) en su tesis titulada “Sistema de alumbrado público aplicado mediante energía renovables para la comuna Masa 2, Golfo de Guayaquil” Teniendo como objetivo principal diseñar un sistema de alumbrado público mediante energía renovable. En el estudio se aplicó un diseño experimental donde el autor utiliza instrumentos de estudios para la obtención de cálculos y posterior a ello implementó un sistema de alumbrado, teniendo como población igual a la muestra a la comunidad La Masa 2 de su ciudad, el autor llega a la conclusión que es posible implementar sistemas de alumbrado público mediante la aplicación de sistema fotovoltaico para mejorar la calidad de vida y seguridad de los residentes de la zona.



La tesis del párrafo anterior tiene relación con esta de investigación debido que se dimensionó un sistema fotovoltaico para una red de alumbrado LED en el túnel Punta Olímpica y con ello garantizar la seguridad de los usuarios al momento de transitarla.

- Los autores Oña y Suquillo (2020) en su tesis titulada “Simulación de un sistema de generación fotovoltaico aislado para zonas rurales del Ecuador” con el objetivo general de simular un sistema fotovoltaico aislado para zonas rurales, en el cual utiliza técnicas de instrumentación de información técnica al realizar el dimensionamiento utilizando el uso de software, finalmente los autores llegan a la conclusión que a través de la simulación realizada lograron conocer las posibilidades y beneficios que ofrece la energía solar fotovoltaica en las zonas rurales de su país, además dicha simulación corresponde a una herramienta adecuada para el estudio previo de la implementación de este tipo de sistema de generación renovable.

La tesis del párrafo anterior tiene relación con esta investigación debido que se realizó una simulación mediante software para validar los cálculos obtenidos y la selección de componentes adecuados para la generación de energía eléctrica mediante un sistema fotovoltaico aislado.

### **2.1.2 Nacional:**

- El autor Anaya (2019) en su tesis de investigación “Diseño y evaluación de sistemas fotovoltaicos autónomos para electrificación rural de los tipos 1, 2 y 3 en áreas no conectadas a la red eléctrica en el Perú” el cual presenta el objetivo general de diseñar sistemas fotovoltaicos autónomos en base a la irradiación solar y datos meteorológicos del lugar, el consumo diario de energía eléctrica y las condiciones mínimas exigidas en las bases de la Subasta de suministro de electricidad con recursos energéticos renovable en áreas no conectadas a red, teniendo como población los sistemas fotovoltaicos aislados en el país del programa masivo de electrificación rural de la subasta de suministro de electricidad con recursos energéticos renovables en áreas no conectadas a la red, del cual la muestra está

representada por nueve sistemas fotovoltaicos aislados en las provincias de Amazonas, Pasco y Arequipa, utilizando como instrumento de estudio la recopilación de datos, como conclusión el autor detalla la importancia de la implementación de software para la obtención de datos meteorológicos y partir de ellos comprobar la selección de componentes.

El trabajo de investigación del párrafo anterior tiene relación con esta investigación debido que se realizó la simulación de los sistemas fotovoltaicos autónomos a partir de una base de datos de la incidencia solar en la zona del proyecto y así poder determinar la cantidad de energía a generar y satisfacer la demanda por consumo de energía de la red de alumbrado LED.

- El autor Guevara (2018) en tema de investigación denominada “Aprovechamiento de la energía eléctrica y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en el caserío Nuevo Edén – Yambrasbamba – Amazonas” que cuenta con el objetivo general de aprovechar la energía solar para el suministro de energía eléctrica de la comunidad mencionada en el título, además presenta como población igual a la muestra a las personas residentes del lugar, el autor conto con técnicas de instrumentos de observación, entrevista y análisis del contenido, llegando a la conclusión de que es posible dimensionar un sistema fotovoltaico con los datos meteorológicos y realizar la selección de componentes para generar la potencia requerida y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

El trabajo de investigación del párrafo anterior tiene relación con esta investigación debido a que se dimensionó el sistema fotovoltaico con los datos meteorológicos de la zona del proyecto, se seleccionó los componentes que garanticen generar la potencia de energía eléctrica para cubrir la demanda por parte de la red de alumbrado.

- Los autores Lujan y Escobar (2017) en su tesis titulada “Análisis de indicadores de calidad y rendimiento de iluminación con Dialux en el sistema de alumbrado público con tecnología LED para la ciudad de Chimbote” presentando como objetivo general el determinar los indicadores de

iluminación con el software Dialux, utilizando como técnicas de instrumentación el análisis visual y documental relacionados al tema, teniendo como población igual a la muestra compuesto por las luminarias VSAP (vapor de Sodio alta presión) existentes y luminarias LED de una avenida de la ciudad, llegando a la conclusión que las luminarias LED son mejores en niveles de iluminación y rendimiento mediante el uso de software Dialux.

El trabajo de investigación del párrafo anterior tiene relación con esta investigación debido a que se realizó una simulación mediante software para validar que las luminarias seleccionadas para la red de alumbrado LED y proporcionar los niveles de luminancia adecuados para el túnel Punta Olímpica.

## **2.2 Bases teóricas**

En esta investigación, tomamos como fuente de energía a la energía solar específicamente a la fotovoltaica por lo que en este capítulo ahondaremos sobre los marcos conceptuales teóricos sobre la energía fotovoltaica y sus fundamentos básicos de igual manera se verá los principios fundamentales y básicos de otros temas que implican, como la tecnología LED y la iluminación de túneles de carreteras para así de esa manera sistematizar todos estos conceptos y presentarlos para el desarrollo de esta investigación y así poder entender sobre el análisis y la determinación por la preferencia en la aplicación de estas alternativas tecnológicas.

### **2.2.1 Distancia de parada**

Es la distancia en el cual los conductores tienen la posibilidad de detener el vehículo lo más pronto posible con el fin de evitar impactar con algún obstáculo, esta distancia se da durante un tiempo de percepción. Ministerio de Fomento de España (2015).

$$D_p = \frac{Vxt_p}{3.6} + \frac{v^2}{254x(f+i)} \quad \dots \text{Ecuación (2.1)}$$

Donde:

- $D_p$ : Distancia Parada (m)
- $V$ : Velocidad de circulación (m/s)
- $T_p$ : Tiempo de percepción y reacción (s)
- $f$ : Coeficiente de razonamiento long. Rueda-pavimento
- $i$ : Inclinación rasante

Nota: para el tiempo de percepción y reacción será de 2 segundos según el autor Villagómez (2018).

### 2.2.2 Luminancia de acceso

Es la luminancia que depende del exterior en la entrada del túnel, condiciona los niveles de luminancia en las siguientes zonas como el umbral y la de transición, para obtener los valores de luminancia esta zona se puede realizar mediante ecuaciones, croquis y/o fotografías. Cansinos (2015).

$$L_{20} = axL_c + bxL_R + cxL_E + dxL_{th} \quad \dots \text{Ecuación (2.2)}$$

Donde:

- $L_{20}$ : Determinación de luminancia zona de acceso (cd/m<sup>2</sup>)
- $L_c$ : Luminancia de cielo (cd/m<sup>2</sup>)
- $L_R$  Luminancia de calzada (cd/m<sup>2</sup>)
- $L_E$ : Luminancia de entorno (cd/m<sup>2</sup>)
- $L_{th}$ : Luminancia de zona umbral (cd/m<sup>2</sup>)
- $a$ : % de cielo
- $b$ : % de calzada
- $c$ : % de entorno
- $d$ : % de boca del túnel

### 2.2.3 Luminancia de la zona umbral

Es la luminancia la cual depende de los niveles de luminancia en la zona de acceso, se encuentra en el primer tramo de ingreso

$$L_{th} = L_{20}xk$$

en la boca del túnel y es necesario obtener un coeficiente de poder revelador el cual depende de la clase de alumbrado designado al túnel y la distancia de parada. Cansinos (2015)

...Ecuación (2.3)

Donde:

- L<sub>th</sub>: Luminancia de la zona de umbral (cd/m<sup>2</sup>)
- L<sub>20</sub>: Luminancia de acceso (cd/m<sup>2</sup>)
- K: Coeficiente de poder revelador

#### 2.2.4 Luminancia de la zona de transición

Es la zona donde el nivel de luminancia varia de manera gradual hasta conseguir los niveles más bajos de luminancia que se dan en la siguiente zona denominada interior, dependiendo de la velocidad de circulación, se tendrá la distancia de esta zona y además en ese periodo se debe adaptar la visión del conductor a los niveles de luminancia que se presentan. Cansinos (2015)

$$L_{tr} = L_{th}x(1.9 + t)^{-1.423} \quad \dots\text{Ecuación (2.4)}$$

Donde:

- L<sub>tr</sub>: Luminancia de la zona de transición. (cd/m<sup>2</sup>)
- L<sub>th</sub>: Luminancia de la zona de umbral (cd/m<sup>2</sup>)
- t: tiempo(s)

#### 2.2.5 Longitud de la zona de transición

Es la longitud en la cual se produce la adaptación de la visión de los conductores al momento de transitar la zona de transición, esta es obtenida mediante el producto de la velocidad de circulación por el tiempo que para este caso sería 20 segundos. MFOM (2015).

$$L_{ongtr} = vxt \quad \dots\text{Ecuación (2.5)}$$

Donde:

- $L_{ongtr}$ : Longitud zona de transición (m)
- v: velocidad en (m/s)
- t: tiempo(s)

### 2.2.6 Corriente Nominal

Es el resultado de la división de la potencia Nominal entre la multiplicación del voltaje con el factor de potencia de 0.9 para un suministro monofásico la cual nos permitirá más adelante determinar el calibre del conductor. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF) (2018)

$$I_N = \frac{Pot\ Nom}{Vx\ cos\ \phi} \quad \dots Ecuación\ (2.6)$$

Donde:

- $I_N$  : Corriente Nominal (A)
- Pot. Nom.: Potencia Nominal (W)
- V: Tensión de servicio = 220 V
- Cos  $\Phi$ : Factor de potencia = 0.9

### 2.2.7 Caída de tensión

Mediante la ecuación de caída de tensión se determina la sección del conductor, tomando en consideración que mientras la sección de un conductor aumenta, la resistencia disminuye. Recio (2020).

$$\Delta V = KId \frac{\rho L}{S} \quad \dots Ecuación\ (2.7)$$

Donde:

- K: Monofásico k=2;
- Id: Corriente de diseño (A)
- $\rho$ : Resistencia del conductor, cobre=0.0175 ohm-mm<sup>2</sup>/m
- $\Delta V$ : Caída de tensión admisible hasta 2.5%

El autor Recio (2019), señala que, para el cálculo de calibre del conductor en sistemas fotovoltaicos, utilizar la siguiente ecuación.

$$S = \frac{2xLxI}{\gamma x \Delta V} \quad \dots \text{Ecuación (2.8)}$$

Donde:

- L: distancia en (m)
- I: Intensidad de corriente en (A)
- $\gamma$ : conductividad del cobre en (m/( $\Omega$ /mm<sup>2</sup>))
- $\Delta V$ : Caída de tensión en (V)

### 2.2.8 Resistencia del sistema de puesta a tierra

Con estas ecuaciones se busca determinar la resistencia del sistema de puesta a tierra para posteriormente hallar la sección de la barra de cobre a partir de la resistividad del terreno y la profundidad del pozo. Sinchi (2017)

$$R = \frac{\rho L}{S} \quad \dots \text{Ecuación (2.9)}$$

Donde:

- R: Resistencia (ohm)
- $\rho$ : Resistividad del suelo (ohm -m)
- L: Prof. Del Pozo (m)
- S: Sección del Pozo (m<sup>2</sup>)

$$R = \frac{\rho e}{2\pi L} * Ln \left( \frac{2L}{a} \right) \quad \dots \text{Ecuación (2.10)}$$

Donde:

- R: Resistencia (ohm)
- $\rho e$ : Resistividad del suelo (ohm -m)
- L: Prof. Del Pozo (m)
- a: Sección del electrodo (m<sup>2</sup>)

### 2.2.9 Ángulo de inclinación del módulo fotovoltaico

Debido a que el sistema fotovoltaico es de montaje fijo, se realizará la inclinación con el apoyo del instrumento inclinómetro, la orientación del módulo debe ser hacia el norte para países que se encuentren en el hemisferio sur. Díaz y Carmona (2010).

Para ello se tendrá en cuenta la siguiente ecuación:

$$\beta = \varphi + \delta \quad \dots \text{Ecuación (2.11)}$$

Donde:

- $\beta$ : Angulo de elevación (°)
- $\varphi$ : Latitud (°)
- $\delta$ : Declinación solar (°)

Teniendo en cuenta que la declinación solar es un valor el cual varia diariamente, se buscara encontrar una única inclinación, utilizando el dato de menor cantidad de radiación el cual se da durante los meses de invierno y teniendo en cuenta que sería el valor para un escenario desfavorable, se sumara 10° a la latitud para optimizar la instalación en los meses de menor radiación. Díaz y Carmona (2010).

de la ecuación (2.11):

$$\beta_{opt} = \varphi + 10^\circ \quad \dots \text{Ecuación (2.12)}$$

Donde:

- $\beta_{opt}$ : Angulo de inclinación optimo (°)
- $\varphi$ : Latitud (°)

### 2.2.10 Estimación de la radiación recibida en el emplazamiento de la instalación

Debido a que el sistema fotovoltaico para este tipo de instalación será de tipo aislada, debemos estimar el valor de la radiación recibida respecto al ángulo de inclinación optimo del módulo fotovoltaico, del cual los valores de la incidencia



de radiación serán proporcionados mediante el software y posterior a ello se estimará a partir del valor de menor cantidad. Díaz y Carmona (2010).

$$G_{dm}(\beta_{opt}) = \frac{G_{dm}(0)}{(1 - 4,46 \times 10^{-4} \times \beta_{opt}) - (1,19 \times 10^{-4} \times \beta_{opt}^2)} \quad \dots \text{Ecuación (2.13)}$$

Donde:

- $G_{dm}(\beta_{opt})$ : Radiación recibida en el emplazamiento de la instalación (KWh/m<sup>2</sup>/día)
- $G_{dm}(0)$ : Menor cantidad de radiación recibida en el plano horizontal (KWh/m<sup>2</sup>/día)
- $\beta_{opt}$ : Angulo de inclinación optimo (°)

### 2.2.11 Potencia nominal del generador Fotovoltaico

Es la potencia con la que se busca satisfacer un consumo de energía eléctrica, para ello se debe contar con los valores de la incidencia de la radiación en el área del proyecto, las pérdidas que pueden existir en la instalación las cuales se determinan mediante un factor de seguridad. Díaz y Carmona (2010 pág. 60).

$$P_{G,nom} = \frac{F_{SG} \times L_{dm}}{(G_{dm}(\beta_{opt})/I_{STC})} \quad \dots \text{Ecuación (2.14)}$$

Donde:

- $P_{G,nom}$ : Potencia nominal del generador fotovoltaico (Wp)
- $F_{SG}$ : Factor de seguridad (estimado por el proyectista)
- $L_{dm}$ : Consumo de energía (KWh)
- $G_{dm}(\beta_{opt})$ : Estimación de la radiación recibida en el emplazamiento de la instalación
- $I_{STC}$ : Irradiancia en condiciones estandares de medida ( $1 \frac{KW}{m^2}$ )

### 2.2.12 Número de módulos fotovoltaicos

Este cálculo se realiza respecto a la potencia generada (Wp) y la selección del módulo fotovoltaico, debido a que con aquellos valores se conocerá la cantidad de módulos fotovoltaicos que necesarios para la instalación. En caso de

conseguir un valor en decimales, este se debe aproximar al entero mayor para poder asegurar la potencia de entrega por los módulos fotovoltaicos. Díaz y Carmona (2010 pág. 60).

$$N_p = \frac{P_{G,nom} (Wp)}{\text{Potencia pico del modulo FV (Wp)}} \quad \dots \text{Ecuación (2.15)}$$

Donde:

- $N_p$ : Número de módulos fotovoltaicos
- $P_{G,nom}$ : Potencia nominal del generador fotovoltaico (Wp)

### 2.2.13 Elección del regulador

Para la selección de este dispositivo de regulación, se debe tener en cuenta la corriente de carga para asegurar el correcto funcionamiento, para ello se debe tomar en cuenta el valor de la intensidad de cortocircuito, el cual es proporcionado en la ficha técnica del módulo fotovoltaico seleccionado, además debe asegurar que es capaz de resistir sobrecargas simultaneas. Díaz y Carmona (2010 pág. 63).

$$I_{G,max} = N_p \times I_{SC} \quad \dots \text{Ecuación (2.16)}$$

Donde:

- $I_{G,max}$ : Corriente de carga del regulador (A)
- $N_p$ : Numero de modulos fotovoltaicos
- $I_{SC}$ : Corriente de cortocircuito del modulo fotovoltaico (A)

### 2.2.14 Capacidad del banco de baterías

A la hora de la selección de las baterías, se debe tener en cuenta los días de autonomía que tendrá la instalación, la capacidad que deben tener los acumuladores, la profundidad de descarga máxima y la potencia que consume la instalación. Díaz y Carmona (2010 pág. 62).

$$C_{B,nom} = \frac{L_{dm} \times F_{SB}}{PD_{max}} \quad \dots \text{Ecuación (2.17)}$$

Donde:

- $C_{B,nom}$ : Capacidad del banco de baterías (WA)
- $L_{dm}$ : Potencia que consume la instalación (Wh)
- $F_{SB}$ : Días de autonomía (fijada por quien realiza la instalación)
- $PD_{max}$ : Profundidad de descarga máxima

Los autores Díaz y Carmona (2010 pág. 62). Señalan lo siguiente “para determinar la cantidad de Amperios-Hora, debemos hallar el cociente entre la capacidad del banco de baterías en (W-A) entre la tensión del sistema”.

$$C_{B,nom}(Ah) = \frac{C_{B,nom}(WA)}{T_s} \quad \dots \text{Ecuación (2.18)}$$

Donde:

- $C_{B,nom}(WA)$ : Capacidad del banco de baterías (WA)
- $T_s$ : Tension del sistema (V)

### 2.2.15 Elección del inversor

Para la elección de este dispositivo se debe tener en cuenta la forma de la onda, ya sea tipo curva cuadrada o sinusoidal, otro parámetro importante a tener en cuenta la eficiencia del inversor. Díaz y Carmona (2010 pág. 64).

$$P_{Inversor} = \frac{P_{nominal}}{n} \quad \dots \text{Ecuación (2.19)}$$

Donde:

- $P_{inversor}$ : Capacidad del inversor (KW)
- $P_{nominal}$ : Consumo de energía eléctrica (KW)
- $n$ : Eficiencia del inversor (%)

### 2.2.16 Costo por generación de energía

Es la relación entre la inversión total del sistema y la energía de generación de energía en un determinado tiempo de periodo. Banda (2017).

$$\text{Costo por KWh} = \frac{\text{Inversión total}}{\text{Energía generada en } t \text{ años}} \quad \dots \text{Ecuación (2.20)}$$

Donde:

- *Costo por KWh en términos monetarios/KWh*
- *Inversión total se determina en terminos monetarios.*
- *Energía generada en t años se determina en KWh*

### 2.2.17 Valor actual Neto (VAN)

Es el cálculo que se produce por la inversión inicial y flujos de caja libre de un determinado periodo establecido para el proyecto, de esta manera se determina la rentabilidad, si VAN es mayor cero, representa que la inversión tiende a recuperarse dentro del periodo establecido, si VAN es igual a cero, determina que el valor financiero de la inversión permanece inalterado, si VAN es menor a cero representa que el proyecto no es rentable. Valdiviezo (2021).

$$VAN = -I_o + \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} \quad \dots \text{Ecuación (2.21)}$$

Donde

- *VAN*: Se determina en términos monetarios
- $-I_o$ : Inversión, se determina en términos monetarios
- $V_t$ : Flujo de caja según el periodo, se determina en términos monetarios
- $k$ : tasa de interés (%)
- $T$ : periodo se determina en años.

## 2.3 Marco conceptual

### 2.3.1 Radiación Solar

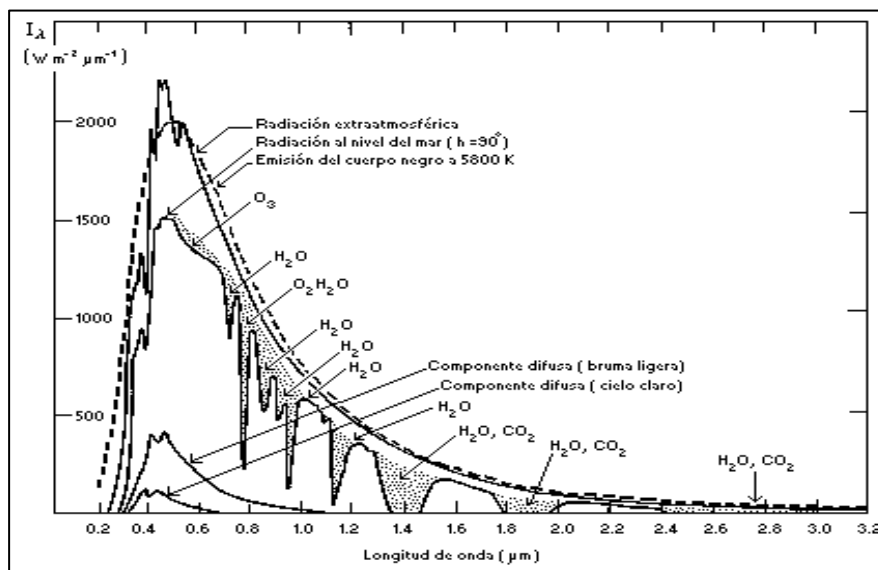
Se conoce a la radiación solar como un flujo de energía, el cual es emitida por el sol, esta se presenta por medio de ondas electromagnéticas, las cuales difieren según la frecuencia, pudiéndose tener como la luz visible captada por la visión humana, la luz infrarroja y la ultravioleta, para lograr medir los niveles de radiación, se recurre al instrumento denominado piranómetro. Arenas y Zapata (2011).

Figura N° 2.1 Piranómetro



Fuente: Tomado de “Aplicaciones fotovoltaicas de la energía solar en los sectores residencial, servicio e industria” por Sánchez J. et al (2017 pág. 79).

Figura N° 2.2 Espectro de la radiación solar



Fuente: Tomado de “Aplicaciones fotovoltaicas de la energía solar en los sectores residencial, servicio e industria” por Sánchez J. et al (2017 pág. 72).

### 2.3.2 Irradiancia e Irradiación

Los autores Castejón y Santamaría (2010) mencionan que existen dos maneras de cuantificar la radiación solar, la primera denominada irradiancia, la segunda irradiación y las definen de la siguiente forma:

- Irradiancia: El cual indica la intensidad de la radiación por unidad de superficie, su unidad de medida es el Watts sobre metro cuadrado.
- Irradiación: Es la suma de las irradiancias durante un determinado tiempo.

### 2.3.3 Incidencia solar

Los autores Adler, Berardi, García, Monticello y Morquecho (2013) mencionan que para estimar la cantidad de la energía solar que incide sobre una superficie, se debe recurrir a una base de datos históricos, debido al carácter aleatorio que puede presentar la zona en estudio, debido a los cambios del clima, con ello se puede decir que no se puede estimar la cantidad de energía que se incidirá en la zona del proyecto en un futuro, solo se podrá suponer escenarios en base a la obtención de datos del pasado.

Figura N° 2.3 Comportamiento de la irradiancia en un día despejado



Fuente: Tomado de "Aplicaciones fotovoltaicas de la energía solar en los sectores residencial, servicio e industria" por Sánchez J. et al (2017 pág. 74).

### 2.3.4 Coordenadas Geográficas de la tierra

Las coordenadas geográficas nos ayudan a determinar la orientación e inclinación en el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico. En Cualquier

punto de la tierra se puede localizar por sus coordenadas globales, denominadas Latitud ( $\phi$ ) y Longitud (L), correspondientes a su paralelo y meridiano respectivamente. Nogales (2011 pág. 1).

- **La latitud** se mide por su elevación en grados respecto al ecuador, considerando el polo norte como  $\phi = 90^\circ$  N. Por convención, se toman valores positivos para el hemisferio norte y negativos para el sur, son paralelos de referencia del hemisferio norte. Nogales (2011 pág. 1).

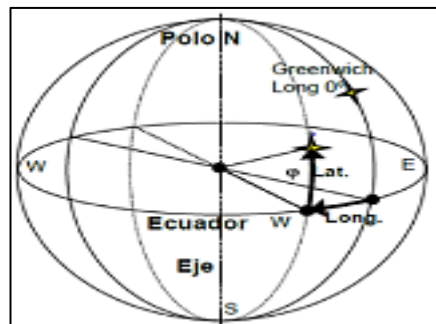
Tabla 2.1 Latitudes

Paralelos	Latitud	Características
Polo norte	$90^\circ$ N	A partir del equinoccio de primavera el sol permanece durante 6 meses (verano ártico)
Círculo polar ártico	$66.5^\circ$ N ( $90-23.5$ )	En el solsticio de verano luce el sol las 24 horas (sol de medianoche)
Trópico de cáncer	$23.5^\circ$ N	En el solsticio de verano el sola está en posición cenital (radiación perpendicular al suelo)
Ecuador	$0^\circ$ N	En los equinoccios al mediodía, el sol está en el cenit.

Fuente: Nogales (2011 pág. 1)

- **La longitud** es el ángulo que forma el meridiano del lugar con el meridiano  $0^\circ$  de referencia que pasa por Greenwich (Londres). Es de interés para calcular el mediodía local (instante en que el sol tiene la altura máxima) a partir de la hora solar media, común para un uso horario de  $15^\circ$  de ancho ( $360^\circ / 24 \text{ horas} = 15^\circ/\text{hora}$ ). Nogales (2011 pág. 2).

Figura N° 2.4 Líneas referenciales de longitud



Fuente: Tomado de "Representación gráfica de la posición solar y una superficie dada para la ciudad de Cochabamba – Bolivia" por Nogales (2011 pág. 2).

- **La declinación** es el ángulo comprendido entre el plano ecuatorial y el plano orbital terrestre. Se debe a la inclinación de  $23^{\circ}27'$  que el eje rotacional forma con la elíptica. Varía según la fecha, de manera que se anula en los equinoccios de primavera y de otoño, y alcanzan su cúspide en invierno y verano. Recordemos que las estaciones son inversas en los hemisferios. Nogales (2011 pág. 2).

Tabla 2.2 Estaciones del año

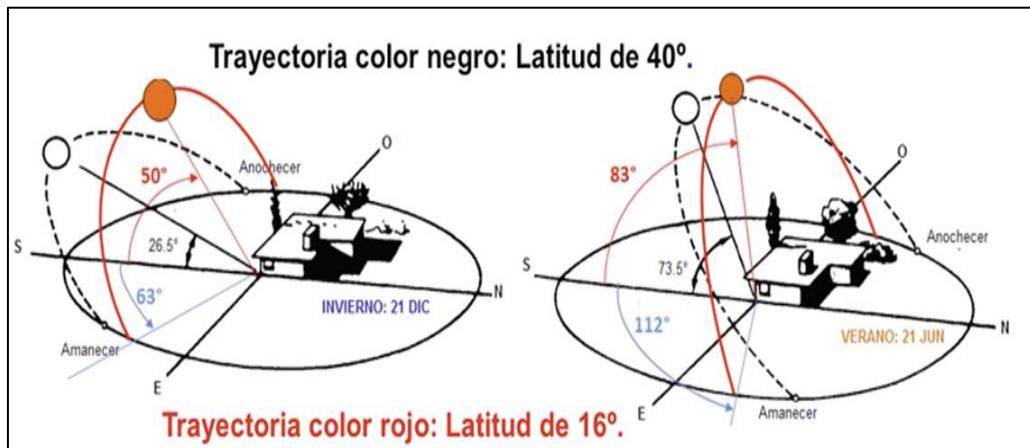
Estación	Fecha de inicio	declinación
Equinoccio de primavera	21 de marzo	$\delta = 0^{\circ}$
Solsticio de verano	21 de junio	$\delta = +23.5^{\circ}$
Equinoccio de primavera	21 de septiembre	$\delta = 0^{\circ}$
Solsticio de invierno	21 de diciembre	$\delta = -23.5^{\circ}$

Fuente: Nogales (2011 pág. 2).

### 2.3.5 Posición del sol

Un punto también importante en el dimensionamiento además del conocimiento sobre los datos de radiación y que está estrechamente relacionado con las coordenadas geográficas de la tierra es la posición del sol con respecto a nuestro punto referencial donde se colocarán los módulos fotovoltaicos ya que el movimiento aparente del sol causado por la rotación de la Tierra alrededor de su eje, cambia el ángulo en el que la componente directa de la luz llega a la Tierra. Honsberg y Bowden (2019).

Figura N° 2.5 Trayectoria solar en solsticio



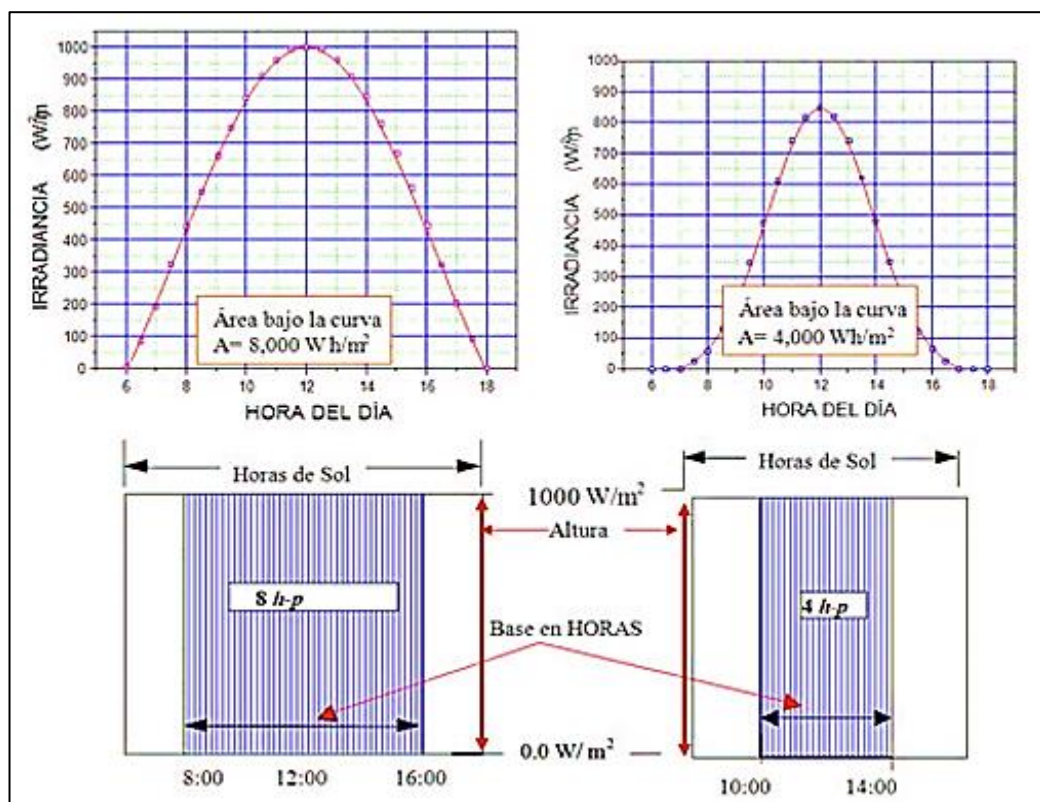
Fuente: Tomado de "Aplicaciones fotovoltaicas de la energía solar en los sectores residencial, servicio e industria" por Sánchez J. et al (2017 pág. 89).



### 2.3.6 Horas Solar Pico

Una de las unidades de medición de energía es la hora solar pico, el cual se utiliza para especificar la irradiación, considerando un captador horizontal en el cual se puede incidir una irradiación directa de  $1 \text{ KW/m}^2$  en condiciones estándares, a esa cantidad se le denomina pico de irradiancia que se produce en una hora, por lo que resulto conveniente nombrarla como hora solar pico. Sánchez J., Martínez, Santos, Ortega, Sánchez P. (2017).

Figura N° 2.6 El concepto de hora-pico como unidad de energía



Fuente: Tomado de “Aplicaciones fotovoltaicas de la energía solar en los sectores residencial, servicio e industria” por Sánchez J. et al (2017 pág. 77).

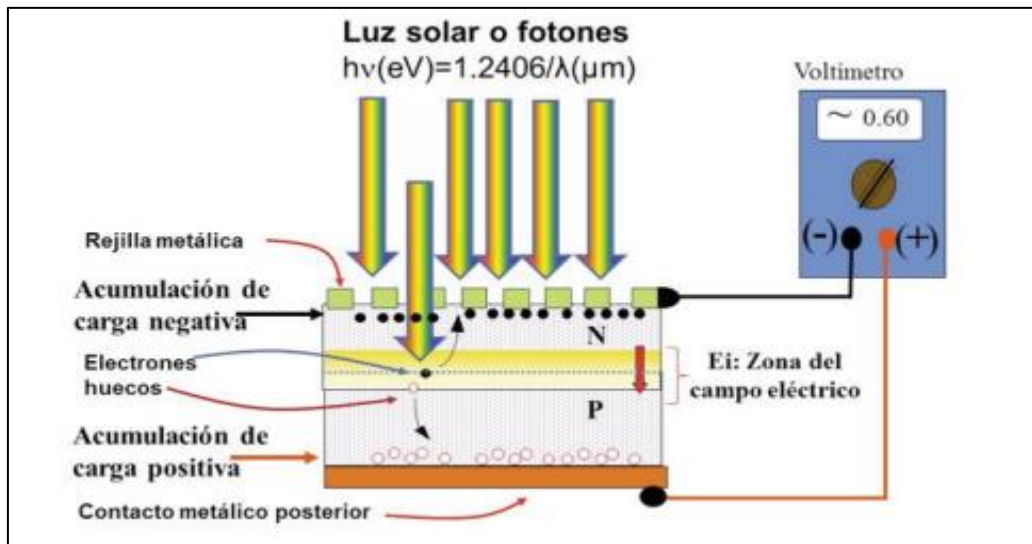
### 2.3.7 Efecto Fotovoltaico

El efecto fotovoltaico se puede definir como la generación de una fuerza electromotriz (diferencia de tensión eléctrica o voltaje) en las terminales de un dispositivo debido a la absorción de la luz solar. Sánchez J. et al (2017 pág. 104).

Para que ocurra el efecto fotovoltaico, este se debe realizar en un dispositivo fabricado de semiconductores de donde se absorbe la luz solar

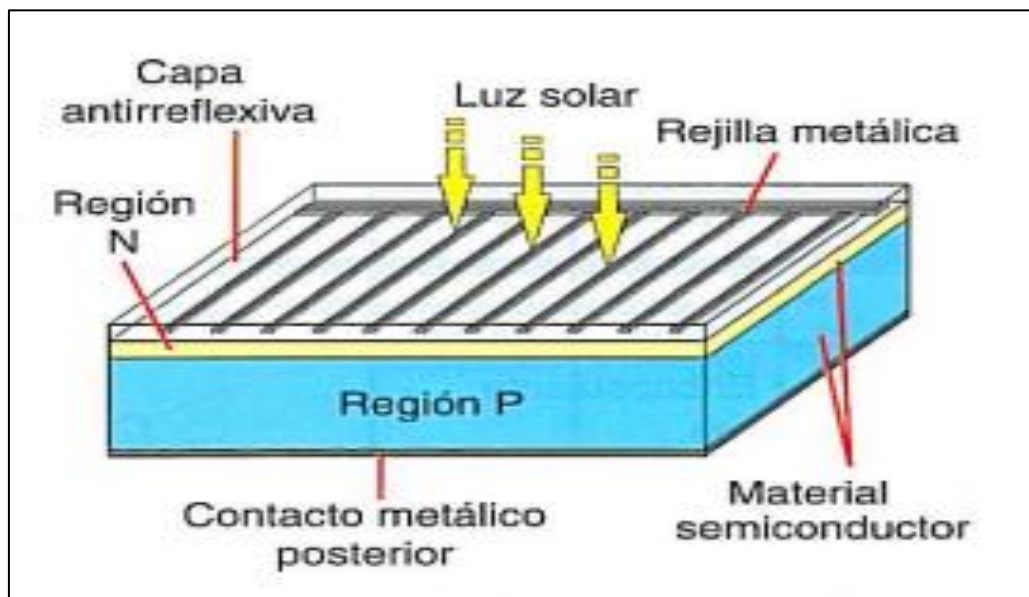
para luego ser convertida en electricidad del tipo de corriente directa o continua, esta corriente será proporcional al flujo luminoso captado por el dispositivo que será capaz de generar una fuerza electromotriz en las terminales del dispositivo. Sánchez J. et al (2017).

Figura N° 2.7 Esquema de una celda solar y el efecto fotoeléctrico



Fuente: Tomado de “Aplicaciones fotovoltaicas de la energía solar en los sectores residencial, servicio e industria” por Sánchez J. et al (2017 pág. 118).

Figura N° 2.8 Estructura básica de una celda solar



Fuente: Tomado de “Instalaciones solares fotovoltaicas” por Castejón y Santamaria (2010 pág. 27)

### **2.3.8 Sistema fotovoltaico**

#### **Dimensionamiento Fotovoltaico**

“Es la realización de cálculos para obtener un numero de módulos fotovoltaicos y baterías necesarias para el suministro fiable a un determinado consumo”. Alonso (2005 pág. 3).

#### **Sistemas fotovoltaicos autónomos**

“Son sistemas fotovoltaicos que se utilizan para abastecer de energía eléctrica a receptores o viviendas aisladas que no disponen de conexión a la red de distribución de energía eléctrica”. Castejón y Santamaria (2010 pág. 128).

#### **2.3.8.1 Célula solar y módulos fotovoltaicos**

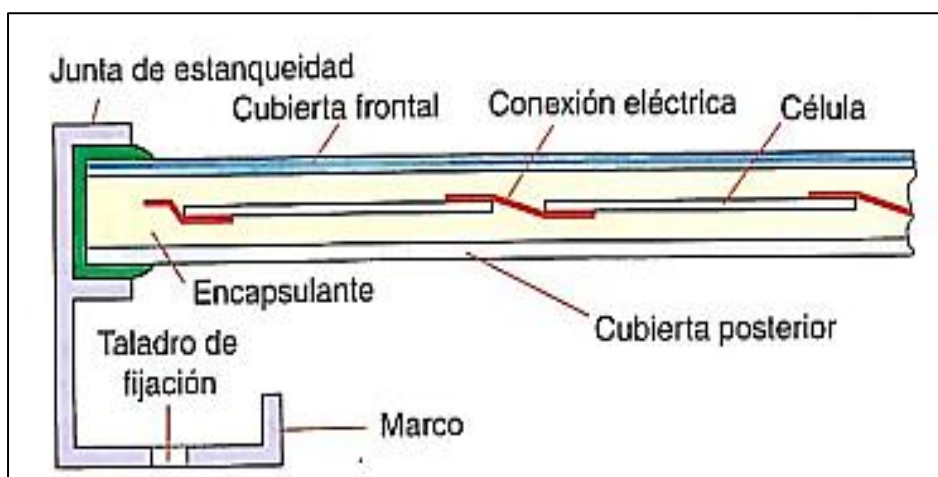
##### **Célula Solar**

Célula solar es el elemento principal de cualquier instalación solar es el generador, este se caracteriza por convertir directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz del sol basado en el efecto fotovoltaico. Además, la célula solar se comporta como un diodo, donde la parte expuesta a la radiación es denominada N y la parte situada en la oscuridad P. Díaz y Carmona (2010).

##### **Módulos Fotovoltaicos**

Aunque la generación de energía se produce en la célula solar, la unidad elemental de uso es el módulo fotovoltaico. Un módulo consiste en un conjunto de células solares interconectadas en serie o combinaciones serie-paralelo que proporcionan una salida eléctrica en corriente continua mediante dos bornas o dos cables. Fernández, Jiménez, Lecuona, Mellado, Ramos y Sala (2002 pág. 39).

Figura N° 2.9 Composición de un módulo fotovoltaico



Fuente: Tomado de "Instalaciones solares fotovoltaicas" por Castejón (2010 pág. 28)

### **Orientación de los módulos fotovoltaicos**

Los autores Diaz y Carmona (2010 pág. 37) determinan que "la orientación se debe hacer hacia el lugar donde se reciben los rayos solares de forma perpendicular". En el caso del hemisferio sur, la orientación de los módulos debe ser hacia el norte.

### **Generadores Fotovoltaicos**

Los autores Diaz y Carmona (2010 pág. 37) definen a los generadores fotovoltaicos como el "conjunto de módulos fotovoltaicos, con su conexión correspondiente entre ellos, que proporcionan la tensión y potencias necesarias para que la instalación funcione correctamente".

#### **2.3.8.2 Baterías – Acumuladores de energía**

Mediante un regulador, las baterías podrán almacenar energía o entregar dicha energía a la salida de la instalación para una demanda de consumo, uno de los puntos más importantes de las baterías, es fijar la tensión de trabajo de la instalación fotovoltaica. Diaz y Carmona (2010).

### **Periodo de autonomía**

"El periodo de autonomía se entiende como el número de días durante los cuales la batería ha de ser capaz de abastecer el consumo de circuito de utilización en ausencia total de generación fotovoltaica". Castejón y Santamaria (2010 pág. 79).

### **Profundidad de descarga**

La profundidad de descarga se define como el tanto por ciento de la capacidad que se ha sacado de la batería en un ciclo comparado con la capacidad a plena carga. Castejón y Santamaria (2010 pág. 79).

### **Profundidad de descarga máxima**

Los autores Castejón y Santamaria (2010 pág. 79) lo definen como el “tanto por ciento de la capacidad que se ha sacado de la batería a final del periodo de la autonomía fijado en comparación con la capacidad nominal a plena carga”.

#### **2.3.8.3 Controlador**

Es el dispositivo que se encarga de dar un correcto funcionamiento de la instalación, para ello, el regulador es instalado en la unión de los módulos fotovoltaicos y las baterías. El regulador tiene la función de garantizar una carga suficiente al acumulador y evitar situaciones de sobrecarga, en la parte de descarga se encargará de asegurar el suministro eléctrico diario suficiente y evitar la descarga excesiva de la batería. Diaz y Carmona (2010 pág. 37)

#### **2.3.8.4 Inversor**

Los autores Castejón y Santamaria (2010 pág. 107) definen al inversor como el "dispositivo capaz de convertir la corriente continua producida por el generador fotovoltaico en corriente alterna con parámetros adecuados de tensión y frecuencia”.

#### **Inversores para sistemas fotovoltaicos autónomos**

Este tipo de inversores pueden ir conectados a la salida del regulador de carga o en bornes del acumulador, en este último caso tienen que tolerar el rango de variación de la tensión de entrada proporcionada por la batería de acumuladores. Castejón y Santamaria (2010 pág. 107).

### **2.3.8.5 Conductores en instalaciones fotovoltaicas**

Estos conductores están diseñados para soportar condiciones extremas que presentan las condiciones ambientales por lo general se presenta en calibres desde los 4mm<sup>2</sup> hasta 16 mm<sup>2</sup>. Procables (2020).

### **2.3.8.6 Conectores fotovoltaicos**

Son dispositivos encargados de conectar cada arreglo de los módulos fotovoltaicos, de esta manera se realizan las conexiones, serie, paralelo o mixto, según lo requiera el sistema con el fin de aumentar tensión y/o corriente. Facor (2021).

### **2.3.9 Software de PVsyst**

Es un software en la simulación de proyectos y diseños de sistemas fotovoltaicos la importación de datos meteorológicos, catálogo de equipos y guías y herramientas para la obtención de resultados. PVsyst (2021).

### **2.3.10 Iluminación en túneles:**

Es una instalación de alumbrado el cual debe proporcionar niveles adecuados de luminancia en el interior del túnel para permitir la adaptación de la vista de los conductores al momento de transitar, además debe permitir la visualización de obstáculos, permitiendo maniobrar a tiempo de manera efectiva. López (2015).

### **2.3.11 Problemáticas de visión en los túneles**

En este punto se verán los principales problemas e inconvenientes que ocasiona el tránsito en túneles que carecen de un sistema de iluminación y a la vez de sistemas e iluminación deficientes.

La mayoría de los problemas de visión en los túneles se presentan durante el día, al momento de ingresar a estos. Los fenómenos más comunes que afectan al ojo humano son:

#### **Fenómeno de Inducción**

El fenómeno de inducción es el efecto de la influencia de las partes contiguas a aquella de la retina en la que se forma la imagen de un objeto en cuestión. Como consecuencia de la adaptación del ojo del conductor a

las altas iluminancias exteriores, al mirar la entrada del túnel la parte de la retina que recibe la imagen del exterior ejerce sobre la otra parte que recibe la imagen de la boca de entrada un efecto de inducción, por lo que la entrada parece un agujero negro sin detalles. MFOM (2015).

### **Efecto Agujero Negro**

Es aquella sensación por el cual, la boca del túnel se presenta ante el conductor como un agujero negro, por lo que no le es posible poder distinguir nada en su interior. Este efecto se produce por la luminancia ambiental del exterior por lo que es mucho más notable durante el día. MFOM (2015).

Figura N° 2.10 Efecto agujero negro en túnel punta olímpica



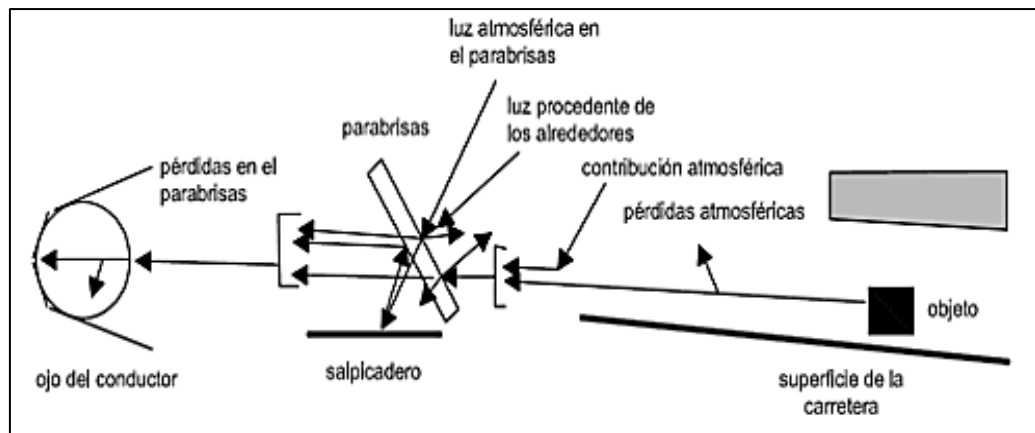
### **Luminancia de Velo**

El MFOM (2015) menciona que este fenómeno corresponde con la perturbación debida a las luminancias de velo, que contribuyen a dificultar la visión del conductor de un vehículo y que son principalmente de tres tipos siendo los siguientes:

- Producido por la luz dispersa que se encuentra en la atmosfera de la línea de visión.
- Producido por la dispersión de la luz en el parabrisas del vehículo (incluyendo la luz procedente del tablero de este).
- Debido a la dispersión de luz en el ojo.

Como ejemplo a este problema tenemos la siguiente figura.

Figura Nº 2.11 Fenómeno de luminancia de velo



Fuente: Tomado de "Orden circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles" por el Ministerio de Fomento de España (2015 pág. 11)

### **Efecto Flicker**

Es la sensación producida por el parpadeo incomodo por las variaciones periódicos de luminancia en el interior del túnel. MFOM (2015).

### **2.3.12 Normativas de alumbrado en túneles viales**

La iluminación de los túneles está regulada bajo normativas nacional e internacionales, de los cuales mencionamos los siguientes:

#### **Nacional:**

- Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) – Manual de carreteras: Túneles, muros y obras complementarias (2016), en la parte IV "Las instalaciones en túneles", en el capítulo XIII "Iluminación de túneles", Nos describe las generalidades, las zonas de alumbrado en túneles, criterios para iluminación para obtener los niveles necesarios de luminancia, etc.

#### **Internacionales:**

- The International Commission on Illumination (CIE) – CIE 88 (2004) - Guía para alumbrado de túneles de carretera y pasos inferiores. El cual es un informe técnico para el alumbrado y señalización en el transporte, en el cual define como problema los niveles de iluminación



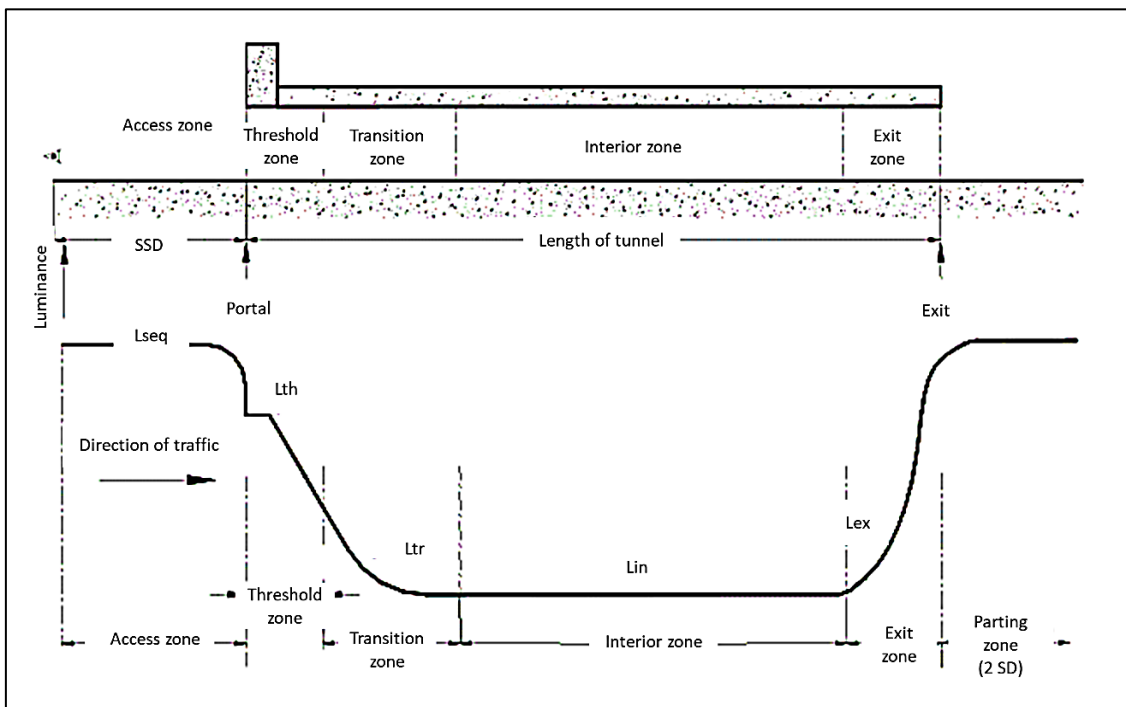
en el túnel y a partir de ello describir las zonas de los túneles y sus posibles niveles de luminancia

- Ministerio de Fomento de España (MFOM) - Orden circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles Tomo II Recomendaciones para la iluminación de túneles, Capítulo II muestra las generalidades y las situaciones del proyecto para determinar los niveles de luminancia en el interior del túnel.

### 2.3.13 Zonificación de Túneles

Según los puntos detallados, para una correcta iluminación y reducción de problemas a la visión, se tiene que distribuir la iluminación por zonas con el fin de descender gradualmente los niveles de luminancia sin la necesidad de exponer la seguridad durante el tránsito en el túnel, en total se tiene cinco zonas de luminancia en el interior del túnel los cuales se visualizan en la siguiente figura. MTC (2016).

Figura Nº 2.12 Zonas de luminancia en interior de un túnel



Fuente: Tomado de "Guide for the lighting of road tunnels and underpasses" por el CIE (2004 pág. 5)

### Zonas de acceso.

Es la zona ubicada fuera del túnel, en el cual se tiene que determinar las condiciones de luminancia del exterior para adaptar los niveles de luminancia de la zona interior, en esta zona también es posible detectar los problemas que puedan presentar los túneles en el acceso como el efecto de agujero negro y efecto de adaptación. MTC (2016).

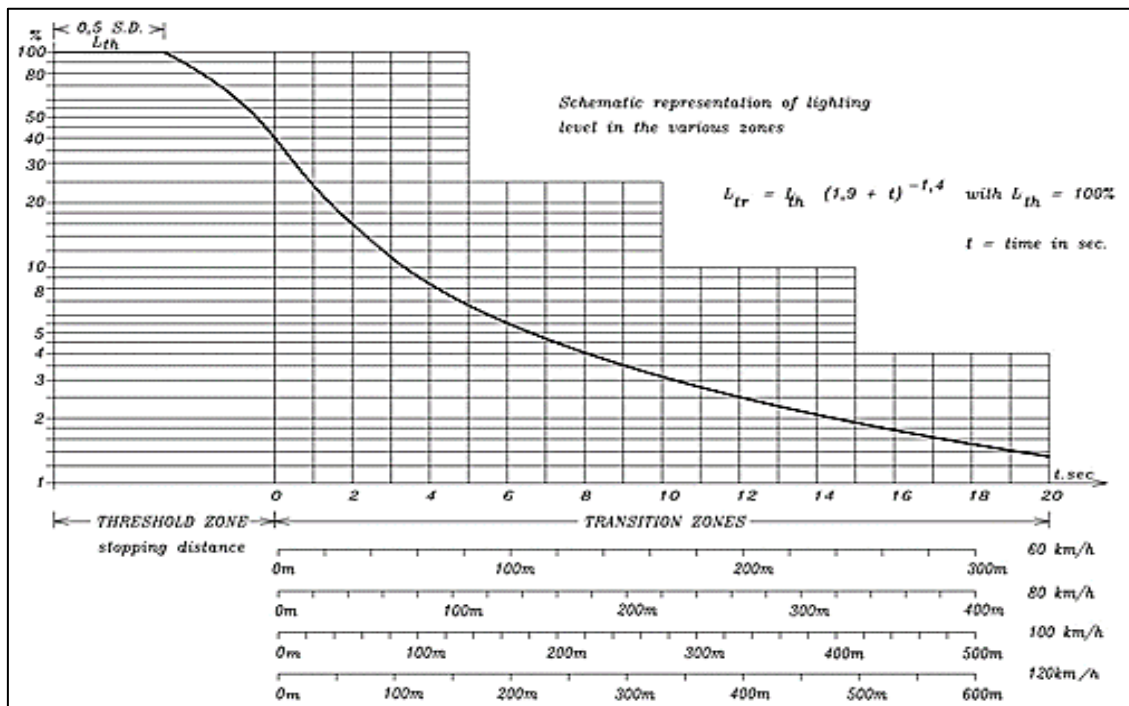
### Zona de umbral

Es la zona siguiente a la zona de acceso, representa la primera parte del túnel y debe presentar un nivel de iluminación el cual debe permitir a los conductores la detección de obstáculos a una distancia adecuada para lograr detener el vehículo en caso sea necesario. MTC (2016).

### Zona de transición

Posterior a la zona umbral, tenemos a la zona de transición, en el cual los niveles de luminancia tienden a disminuir de manera continua, el cual va a permitir a los conductores a adaptar la visión a las condiciones necesarias antes de ingresar a la zona interior sin comprometer al momento de transitar dentro del túnel. MTC (2016).

Figura N° 2.13 Niveles de luminancia en zona de transición



Fuente: Tomado de "Guide for the lighting of road tunnels and underpasses" por el CIE (2004 pág. 17)

### **Zona interior**

Luego de la zona de transición tenemos a la zona interior, el cual representa a la zona central del túnel y en su trayecto se tiene un nivel de luminancia homogéneo, además en esta zona se tiene el menor nivel de luminancia dentro de todo el túnel y los conductores que transitan por esta zona ya contarían con la visión adaptada. MTC (2016).

### **Zona de salida**

La parte final del túnel es denominada como la zona de salida, el nivel de luminancia requerido para esta zona debe permitir a los conductores la adaptación adecuada de la visión con el fin de poder evitar problemas de deslumbramiento al momento de salir. MTC (2016).

#### **2.3.14 Equipos, Lámparas y Luminarias**

Con el objetivo de lograr conseguir los niveles necesarios de luminancia para cada zona del túnel, se debe contar con equipos de iluminación que permitan distribuir un correcto flujo luminoso, además es necesario contar con instalaciones eléctricas que permita el energizado de las luminarias desde un tablero eléctrico hacia los circuitos, para ello se deberá contar con cajas de conexión, bandejas de soporte y el cableado adecuado. MTC (2016).

#### **2.3.15 Alumbrado nocturno en túneles**

Cuando el túnel se encuentra en carreteras donde no cuentan con un sistema de iluminación, la luminancia media del túnel en la superficie de la calzada deberá ser como mínimo de 1 cd/m<sup>2</sup> y la uniformidad global mínimo del 40% y la uniformidad longitudinal por lo menos ser del 60%. MFOM (2015).

#### **2.3.16 Reflexión en superficies del interior del túnel**

Un parámetro a tener en cuenta en los cálculos para la obtención de los niveles de luminancia es la reflexión que pueden producir la calzada y las paredes del interior del túnel, debido a que no se tienen normativas ni estandarizados respecto a la reflexión, muchas veces los cálculos que se obtuvieron de los niveles de luminancia no llegan a cumplirse una vez puesto en marcha el sistema de iluminación, por lo que se tendría que recurrir a recomendaciones como la

aplicación de la ley de Lambert para obtener valores de reflexión más reales que se produzcan en las superficies de la calzada y paredes del túnel. Cansinos (2015).

### **2.3.17 Definición de alumbrado**

Servicio que proporciona iluminación en vías públicas, con el fin de permitir los niveles de iluminación suficientes para permitir el desarrollo de las actividades durante las noches, a su vez, mantener la seguridad al momento de transitar y contribuir con la calidad de vida de los usuarios. Montoya y Escobar (2017).

### **Objetivos del alumbrado**

Tiene como objetivo permitir una confortable visión en las condiciones menos favorables, además de disminuir los accidentes de tránsito y también permitir una buena iluminación a los transeúntes, a la vez brindar seguridad y confort al momento de transitar. Yucra (2017).

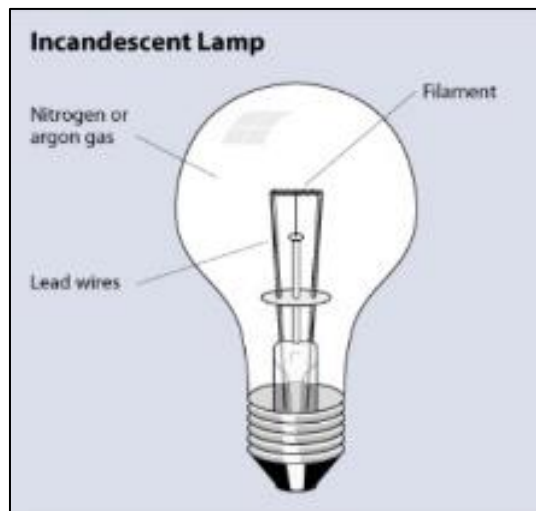
### **Tipos de luminarias y comparativa**

En la actualidad aún se utilizan diferentes tipos de luminarias para el servicio de alumbrado público, como ejemplo tenemos las lámparas de sodio de alta presión, los cuales se utilizan muy a menudo, sin embargo, las nuevas tecnologías apuestan por las luminarias tipo LED, los cuales vienen ganando territorio en el mercado. Gigavision (2021).

### **Luminarias incandescentes**

Las lámparas incandescentes son bombillas de luz eléctrica "estándar" que Thomas Edison introdujo hace más de 125 años. Presentan un costo inicial más bajo, buena reproducción cromática, pero son notoriamente ineficientes, por lo que su vida útil es corta. Gigavision (2021).

Figura N° 2.14 Luminaria incandescente



Fuente: Tomado de "Lighting Technology Comparison" de Gigavision (2021)

### **Luminarias de descarga de alta intensidad**

Este tipo de luminarias están conformadas por las de tipo de vapor de mercurio (obsoletas y casi extinguidas), de halogenuros metálicos y de vapor Sodio de alta presión, estas últimas se introdujeron hace 50 años y son una de las opciones de alumbrado público más populares, debido a que su fuente de luz es más eficiente en comparación con las lámparas de vapor de mercurio y halogenuros metálicos (en una escala de lúmenes/vatio). La desventaja que presenta es debido es que producen luz de espectro estrecho. Gigavision (2021).

Figura N° 2.15 Luminaria de alta intensidad

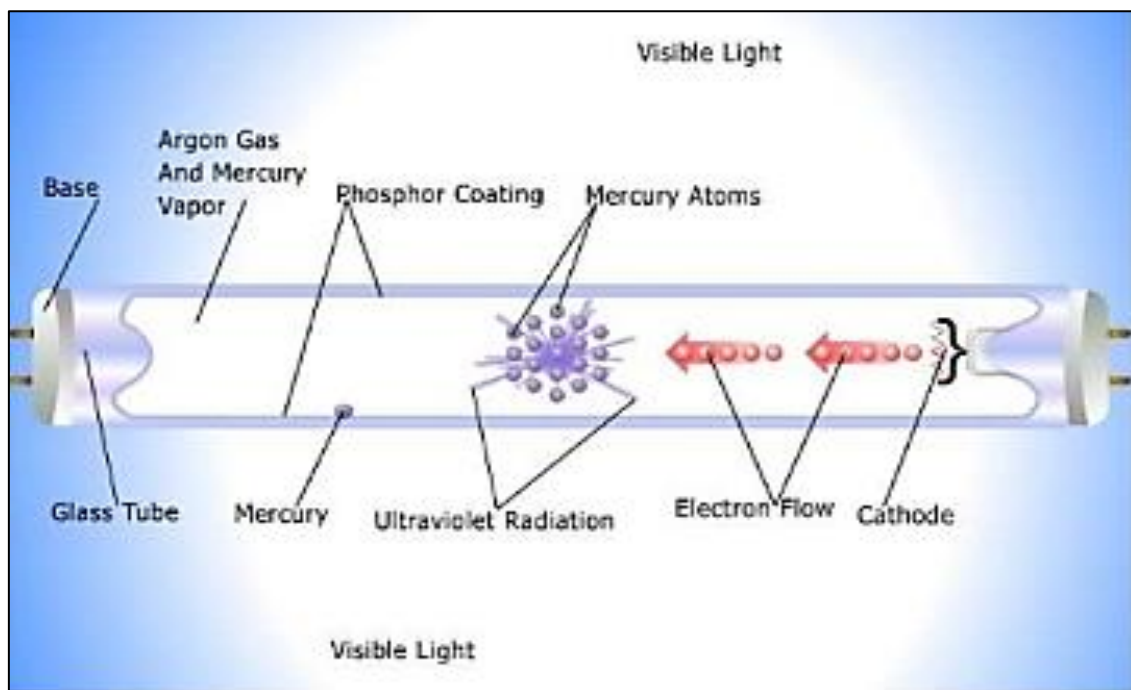


Fuente: Tomado de "Lighting Technology Comparison" de Gigavision (2021)

## Luminarias Fluorescentes

Estas luminarias tienen forma de lámpara de descarga donde una pequeña corriente hace que brille un gas en el tubo, el brillo típico es fuerte en ultravioleta pero débil en luz visible, sin embargo, el principal problema de los fluorescentes estándar para el alumbrado público es que son grandes y producen una luz difusa no direccional además son susceptibles a fallas de bajo voltaje, propensos a la rotura de piezas de vidrio y contienen mercurio dañino. Gigavision (2021).

Figura N° 2.16 Luminaria fluorescente

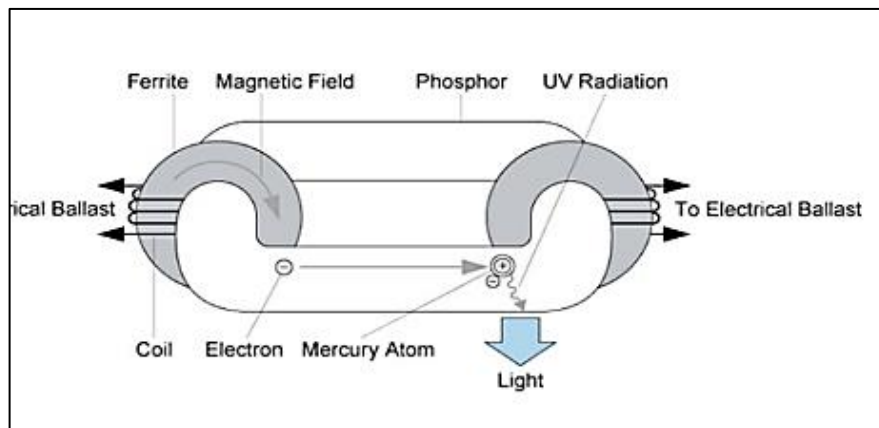


Fuente: Tomado de "Lighting Technology Comparison" de Gigavision (2021)

## Luminarias de inducción

Este tipo de luminaria utiliza radiofrecuencia o microondas para crear campos eléctricos inducidos, que a su vez excitan los gases para producir luz, además se encienden rápidamente y funcionan con la máxima eficiencia con un tiempo de calentamiento mínimo, al igual que la tecnología LED, sus limitantes se dan debido a las barreras de costos iniciales y la naturaleza de rápida evolución de la tecnología LED han llevado a una adopción limitada de sistemas de iluminación vial basados en inducción. Gigavision (2021).

Figura N° 2.17 Luminaria de inducción



Fuente: Tomado de “Lighting Technology Comparison” de Gigavision (2021)

### Luminarias LED

Este tipo de luminaria en basado en los diodos emisores de luz y su tecnología viene desarrollándose rápidamente en cuanto a salida de luz, reproducción cromática, eficiencia y confiabilidad, con el objetivo de lograr una buena gestión térmica sin mantenimiento en un entorno a menudo hostil y al mismo tiempo mantener la competitividad del producto es el mayor desafío, estas últimas tecnologías LED de alta calidad ya superan a todas las demás tecnologías disponibles en todos los parámetros técnicos. Gigavision (2021).

Figura N° 2.18 Luminaria led



Fuente: Tomado de “Lighting Technology Comparison” de Gigavision (2021)

En términos de resumen, se muestra la siguiente tabla realizando la comparativa de cada tipo de luminaria mostrando las ventajas y desventajas según sus características de funcionamiento y costos.

Tabla 2.3 Comparativa entre luminarias

Tipo de Luminaria	Tiempo de vida útil (horas)	Eficacia (Lm/W)	Temperatura del color (Kelvin)	CRI (índice de reproducción cromática)	Tiempo de encendido	Control de atenuación	Costo de instalación	Costo de operación	Otras Consideraciones
Luz incandescente	1.000 -5.000	11 – 15	2.800K	100	Al instante	Excelente	Bajo	Muy alto	Muy ineficiente, tiempo de vida corto
Luz de vapor de mercurio	12.000 – 24.000	20 – 50	4.000K	15 – 55	2 – 6 minutos	Imposible	Moderado	Moderado	Muy ineficiente, radiación ultravioleta, contiene mercurio
Luz de halogenuros metálicos	10.000 – 15.000	50 – 100	3.000-4.300K	80	5 – 10 minutos	Posible pero no práctico	Alto	Bajo	Radiación ultravioleta de alto mantenimiento, contiene mercurio y plomo, riesgo de explosión al final de la vida útil
Luz de sodio de alta presión	12.000 – 24.000	35 – 130	2.000K	25	2 – 6 minutos	Posible pero no práctico	Alto	Alto	Bajo CRI con luz amarilla, contiene mercurio y plomo
Luz de sodio de baja presión	10.000 – 18.000	80 – 180	1.800K	0	2 – 5 minutos	Posible pero no práctico	Alto	Alto	Bajo CRI con luz amarilla, contiene mercurio y plomo
Luz fluorescente	10.000 – 20.000	50 – 100	2.700-6.200K	70 – 90	2 – 5 minutos	Bueno	Moderado	Moderado	Radiación UV, contiene mercurio, propenso a la rotura de cristales, luz no direccional difusa
Luz fluorescente compacta	8.000 – 20.000	40 – 72	2.700-6.200K	85	15 minutos	Con lámparas especiales	Moderado	Moderado	Vida útil baja/quemado, atenuador en clima frío (no arranca), contiene mercurio
Luz de inducción	60.000 – 100.000	60 – 90	2.700-6.500K	80	Al instante	Imposible	Alto	Muy bajo	Costo inicial más alto, direccionalidad limitada, contiene plomo, afectado negativamente por el calor.
Luz LED	50.000 – 100.000	60 – 150	3.200-6.400K	85 – 90	Al instante	Excelente	Alto	Muy bajo	Costo inicial relativamente alto

Fuente: Gigavision (2021)



### **2.3.18 Tecnología LED en túneles**

Según el MTC (2016), Las luminarias LED para la aplicación en túneles deberán cumplir ciertos parámetros que menciona, de los cuales identificamos como los más importantes:

- Nivel de estanquidad será como mínimo IP65.
- Temperatura de color empleada entre 4000 y 5000 ° K.
- Eficiencia del conjunto debe ser superior a 80 Lm/W.
- Factor de mantenimiento de 0.85 hasta 0.90.

### **Tecnología del LED**

El LED es el dispositivo en el cual se permite el flujo de intensidad de corriente en una dirección, esto es posible cuando dos materiales conductivos forman un diodo al momento de estar en contacto. Al momento de circular la electricidad por el diodo, los átomos que se encuentra en uno de los materiales dentro del chip reflector, se excitan hacia un mayor nivel, en el primer material, los átomos logran retener energía y por ende la necesidad de poder liberarla en forma de electrones en el segundo material, es en te proceso donde se produce la luz. Hurtado (2017).

### **Partes de un LED**

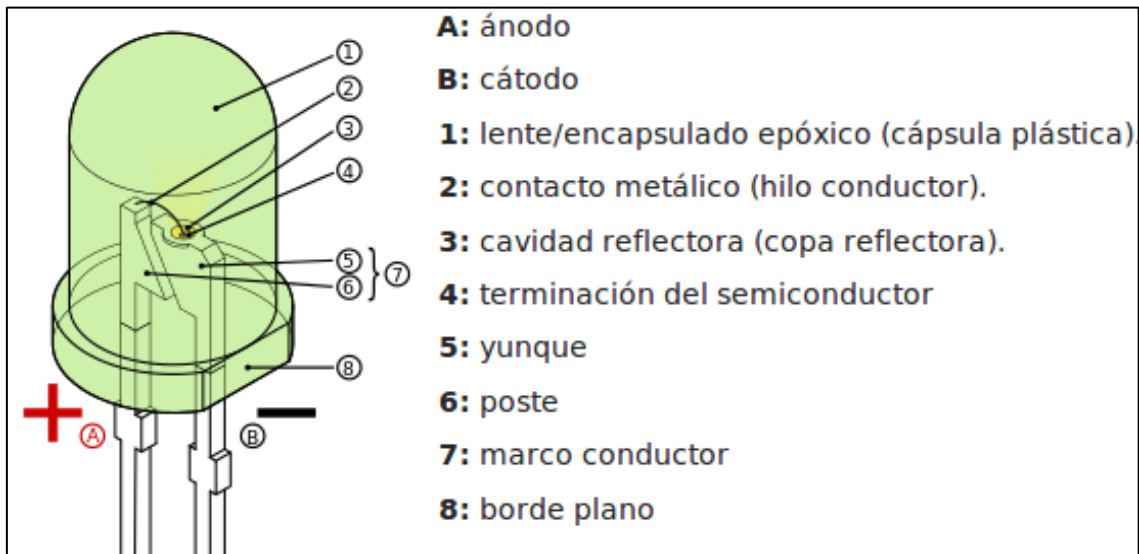
Los LEDs cuentan con un lente de resina, el cual sirve de encapsulación al LED y permite un control óptico debido a que evita reflexiones que se puedan dar en la superficie del semiconductor, además eleva el fujo de luminosidad. Yucra (2017).

Para el autor Hurtado (2017) los componentes principales de un LED son los siguientes:

- Lente Epóxico
- Cable Conductor
- Chip
- Reflector
- Cátodo
- Ánodo

En la siguiente imagen se representa a mayor detalle las partes que componen al LED.

Figura N° 2.19 Partes de un led



Fuente: Tomado de "Tecnología LED" de Eco medio ambiente (2014)

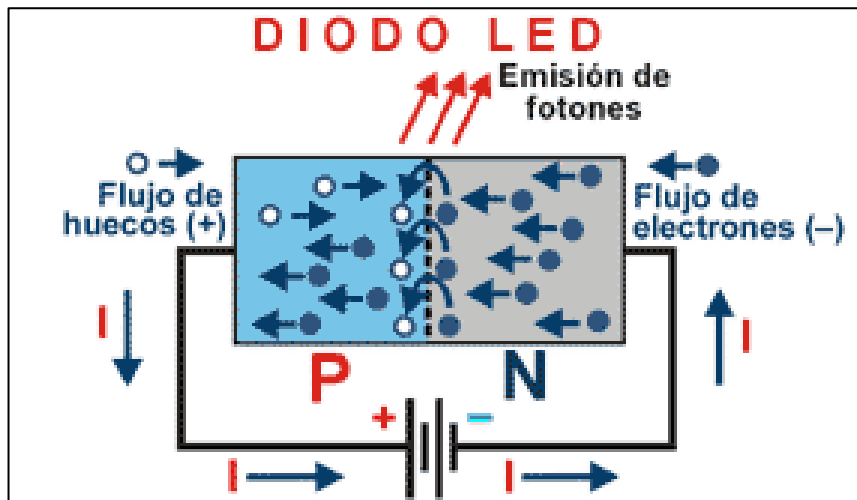
### **Características físicas de los LED's.**

Se le conoce como teoría de las bandas al fenómeno que ocurre en la interacción producida entre átomos para formar un cristal, por cada nivel inicial de energía generado por los electrones, se producen muchos niveles más, que generan la banda, en las cuales se apertura huecos denominados bandas energéticas prohibidas, los cuales podrán salvar electrones siempre y cuando se realice la comunicación con la energía suficiente. Lara, Mondragón y Santiago (2009).

### **Principio físico**

El fenómeno de emisión de luz está basado en la teoría de bandas, por la cual, una tensión externa aplicada a una unión P-N polarizada directamente, excita los electrones, de manera que son capaces de atravesar la banda de energía que separa las dos regiones si la energía es suficiente los electrones escapan del material en forma de fotones. Lara et al. (2009).

Figura N° 2.20 Principio físico del funcionamiento de un LED



Fuente: Tomado de "Tecnología LED" de Eco medio ambiente (2014)

### Ventajas de las luminarias LED

El autor Grande (2014) señala que las luminarias LED presentan una serie de ventajas, del cual se resaltarán las siguientes:

- Posee fuente luminosa de alta
- eficiencia a bajo consumo
- Calidad de Luz
- Larga vida útil
- Presenta baja emisión de calor
- Es de respuesta instantánea
- Cuenta con diferentes tonos
- Permite la regulación de la intensidad luminosa

### Limitaciones de las luminarias LED

Según el autor Grande (2014) las luminarias LED presentan las siguientes limitaciones, del cual se resaltarán las siguientes:

- Costo más alto respecto a otras tecnologías, aunque con el pasar de los años viene disminuyendo rápidamente.
- Inmadurez por ser una tecnología del cual su regulación no es tan perfeccionada como la de otras tecnologías.
- Gestión térmica crítica debido a que son sensibles a altas temperaturas.

### 2.3.19 Sistema de control de iluminación en túneles

Debido a que los niveles de luminancia de la zona umbral y transición dependen de las condiciones climatológicas diurnas en la zona de acceso, es necesario contar de dispositivos que permitan un control automático de la de red de alumbrado del túnel.

#### Interruptor Horario

Para un horario nocturno como opción alterna sería conveniente la instalación de interruptores horarios, que con el pasar de los años han logrado mejorar la precisión del encendido, permitiendo un cambio de régimen en el nivel de luminancia. Ministerio de Fomento de España (2015).

Figura N° 2.21 Interruptor horario



Fuente: Tomado de Schneider Electric

#### Sensores de movimiento

Son dispositivos que permiten ahorros por consumo de energía en iluminación, debido a que activan solo cuando sean necesarios, detectando la presencia de los objetos en movimiento y permitirá el encendido de las luminarias e inicia la temporización para el apagado cuando se deje de detectar al objeto. Orbis (2008)

Figura N° 2.22 Sensor de movimiento



Fuente: Tomado de Orbis (2008)

### 2.3.20 Dispositivos de protección en instalaciones eléctricas

#### Interruptores termomagnéticos

Es un dispositivo que tiene la capacidad para aperturar circuito y así desenergizar la energía ante sobrecargas no admisibles y cortocircuitos que se puedan presentar en la instalación. Fundación Endesa (2022).

Figura N° 2.23 Interruptor horario

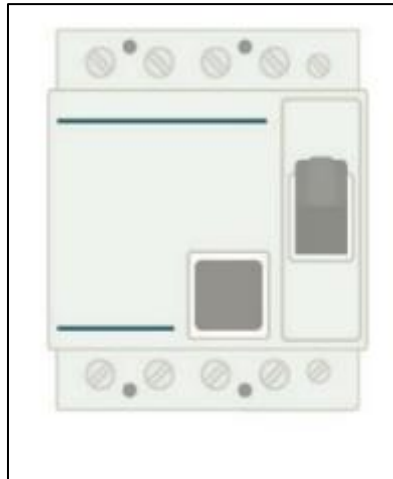


Fuente: Tomado de Fundación Endesa (2022).

## Interruptor Diferencial

Es un dispositivo de protección que permite detectar y eliminar los defectos producidos por aislamiento, en el cual actúa abriendo el circuito ante la variación de corriente, este dispositivo necesita estar protegido de sobre intensidades y cortocircuitos. Fundación Endesa (2022).

Figura N° 2.24 Interruptor diferencial

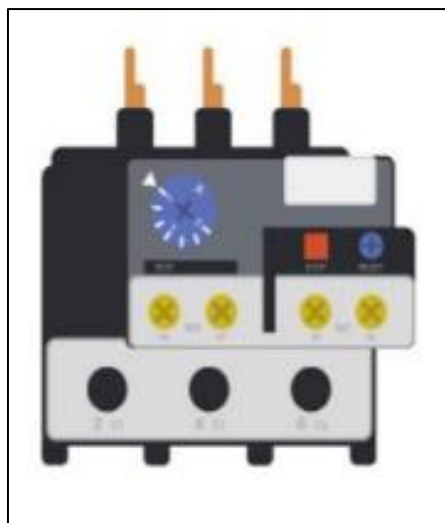


Fuente: Tomado de Fundación Endesa (2022).

## Relé Térmico

Es un dispositivo que se encarga de proteger las instalaciones eléctricas de los picos de corrientes y sobrecargas importantes que puedan ocurrir. Fundación Endesa (2022).

Figura N° 2.25 Relé térmico



Fuente: Tomado de Fundación Endesa (2022).

## **Fusible**

Es un dispositivo que permite cortar la energía de manera automática de un circuito eléctrico en el momento que la corriente eléctrica que circula es muy elevada, este presenta un hilo conductor que puede fundirse para cortar el circuito. Fundación Endesa (2022).

Figura N° 2.26 Relé fusible



Fuente: Tomado de Fundación Endesa (2022).

## **Conductores eléctricos**

Es el elemento encargado del transporte de electricidad en condiciones favorables con las menores pérdidas posibles de un extremo a otro, se caracterizan por ser de un metal de alta conductividad como el cobre, existen diversas maneras para la clasificación como el tipo de aislamiento los cuales son de PVC y XLPE. Prysmian Energía cables y sistemas de Argentina (2008).

### **Conductores con aislamiento Policloruro de vinilo (PVC)**

Son conductores con el tipo de material más utilizado en instalaciones industriales y domiciliarias en tensión baja, estos conductores contienen aditivos para lograr operar a una temperatura de trabajo de hasta 70°C. Prysmian Energía cables y sistemas de Argentina (2008).

### **Conductores con aislamiento Polietileno reticulado (XLPE)**

Son conductores de material tipo termoestable lo cual le permite obtener mejores propiedades eléctricas y térmicas respecto a los conductores tipo PVC y operan a temperaturas de hasta 90°C. Prysmian Energía cables y sistemas de Argentina (2008).

## **2.3.21 Normativas de instalaciones eléctricas.**

### **Nacional**

- **Código nacional de electricidad**

Son reglas respecto a la seguridad en instalaciones eléctricas con el fin de salvaguardar vidas, preservar el ambiente y proteger del patrimonio cultural de la nación.

- **Norma Técnica Peruana (NTP)**

Son normativas que establecen requerimientos para garantizar la vida útil de las conexiones eléctricas de los conductores y su aislamiento según los efectos térmicos que se presenten en el tiempo de servicio. Norma Técnica Peruana (2002).

### **Internacional**

- **IEC 62548 Photovoltaic (PV) Arrays – Design requirements**

Es un conjunto de documentación con requisitos de seguridad de circuitos eléctricos en corriente continua y sus derivados en sistemas de alimentación en corriente alterna en el diseño de sistemas fotovoltaicos. Aenor (2016).

- **IDEA – Instalaciones de energía solar fotovoltaica**

Son condiciones técnicas que sirve de guía en instalaciones fotovoltaicas, con el objetivo de definir las especificaciones para cumplir con la seguridad, calidad de la instalación y el beneficio de los usuarios empleando este tipo de tecnología. IDAE (2011).



### **2.3.22 Software de Dialux**

Es un software que permite la planificación, el cálculo y visualización de los niveles de iluminación y en zonas exteriores e interiores como en la iluminación de vías y carreteras, además cuenta con catálogo de luminarias de diferentes marcas para diferentes aplicaciones. Dialux (2022).

### **2.3.23 Evaluación económica**

Está constituida por la parte final de una secuencia de análisis en el estudio de la factibilidad de un proyecto, en este punto se calcula la inversión necesaria para realizar el proyecto. Cruz (2018).

#### **Vida útil**

Es un parámetro empleado proporcionado por fabricantes para detallar el tiempo de vida (en horas, ciclos, etc.), este parámetro también es importante para la realización de evaluación económica. Valdiviezo (2021).

#### **Inversión**

La inversión es el momento donde se toma la decisión de ejecutar el proyecto y este termina al momento que se finaliza su ejecución y entra en operación, además se materializa lo que se definió en el estudio de factibilidad para que el proyecto tenga las condiciones óptimas al ingresar en operación. Meza (2013).

#### **Flujo de caja**

Es el parámetro que permite visualizar los egresos e ingresos que se puedan dar en la implementación de un proyecto durante un determinado periodo de tiempo. Rodríguez y López (2016).

#### **Los ingresos y egresos**

El flujo está comprendido entre los ingresos y los egresos anuales o al final de cada periodo, estos parámetros implican los movimientos monetarios en un periodo, de manera que se analizan como si ocurrieran en un mismo momento, el periodo de tiempo para la utilización de estas variables depende de las mismas características de la naturaleza del proyecto. Meza (2013).

## **Rentabilidad**

Es un parámetro administrativo para realizar el control de gastos y convertir las ventas realizadas en utilidades. Ortiz (2006).

## **Tasa interna de retorno (TIR)**

Es la tasa de interés mínimo con el que se evalúa que la inversión del proyecto sea rentable, este se genera cuando VAN tiene un valor igual a cero. Valdiviezo (2021).

## **2.4 Definición de términos básicos**

### **a) Dimensionamiento**

El dimensionamiento es el conjunto de cálculos y simulaciones para el diseño de un sistema de ingeniería.

### **b) Sistema**

El sistema es un conjunto de elementos con relaciones de interacción e interdependencia que le confieren entidad propia al formar un todo unificado.

### **c) Energía**

Según la Secretaría de Energía – República de Argentina (2003), la energía es todo lo que puede originar o dar origen a un trabajo. Es la capacidad que posee la materia para producir calor, trabajo en forma de movimiento, luz, crecimiento biológico, etc.

### **d) Iluminancia**

Según el Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) en el Manual de carreteras: Túneles, muros y obras complementarias (2016), la iluminancia o nivel de iluminación se define como el flujo luminoso que incide sobre una superficie.

### **e) Luminancia**

Según el Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) en el Manual de carreteras: Túneles, muros y obras complementarias (2016), se define la

luminancia como la densidad angular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada. Se llama luminancia o brillo fotométrico a la luz procedente de los objetos.

**f) LCOE (Costo Nivelado de Energía)**

según Morales Sánchez y Ramírez Contreras (2020) se usa como criterio de comparación de opciones de suministro de energía eléctrica a partir de diferentes recursos energéticos, como por ejemplo en la comparación de una fuente de energía renovable frente a la manera convencional de obtener la misma energía eléctrica a partir de una fuente fósil; e incluso, como un factor para la toma de decisiones de inversión en la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica.

**g) Generación de Energía**

La generación es la producción de energía de los módulos fotovoltaicos los cuales según su cantidad y tipo de conexión determina la máxima potencia nominal. SALAMANCA (2017)

**h) Red de alumbrado**

Una red de alumbrado es el sistema capaz de proporcionar rendimiento y comodidad visual de los transeúntes. VAN BOMEL (2015).

**i) Túnel**

Según Bickel, Un túnel se lo define como una obra civil, generalmente un camino subterráneo, cavado a través de suelo o roca, y encerrado a excepción de la entrada y salida. Un túnel puede ser diseñado para tráfico vehicular, de ferrocarriles o para canales de agua. Esta excavación se la puede hacer por diferentes métodos, desde los tradicionales, hasta los más modernos utilizando “tuneladoras”. Villagómez (2018 pág. 10)

### **III. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1 Hipótesis (general y específicas).**

##### **General**

- Si se dimensiona un sistema fotovoltaico se obtendrá una propuesta para la generación de energía eléctrica a una red de alumbrado Led en el túnel Punta Olímpica

##### **Específicas**

- La obtención de los valores de incidencia solar permite determinar el potencial solar en la zona del proyecto.
- El cálculo de los niveles de luminancia nos determinará el consumo de energía eléctrica de la red de alumbrado LED.
- La determinación de la potencia a generar en el sistema fotovoltaico permitirá que cubra la demanda de consumo de la red de alumbrado LED.
- La simulación mediante software permitirá la validación de la selección de componentes.

##### **3.1.1 Operacionalización de variables**

Tabla 3.1 Operacionalización de variables

Operacionalización de variables							
Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Recolección de datos	
<b>Independiente</b>	Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico	Para el autor ALONSO (2005) es la realización de cálculos para la obtención de los principales componentes de la instalación para el suministro de energía eléctrica fiable según las necesidades de consumo.	Esta variable no se va a medir debido a que el proyecto no se realizará.	Generador Fotovoltaico	Radiación solar	KWh/m2/día	Documental
					Potencia solar	Wp	Documental
				Banco de baterías	Tensión nominal	V	Documental
				Controladores de carga	Capacidad	Ah	Documental
					Intensidad	A	Documental
			Inversor	Potencia de salida	KW	Documental	
<b>Dependiente</b>	Generar energía eléctrica a una red de alumbrado LED	Una red de alumbrado es el sistema capaz de proporcionar rendimiento y comodidad visual de los transeúntes. VAN BOMEL (2015) La generación es la producción de energía de los módulos fotovoltaicos los cuales según su cantidad y tipo de conexión determina la máxima potencia nominal. SALAMANCA (2017)	Esta variable no se va a medir debido a que el proyecto no se realizará.	Red de alumbrado LED	Distancia de parada	m	Documental
					Niveles de luminancia	cd/m2	Documental y Empírica
				Consumo de energía eléctrica	Potencia de equipo	W	Documental
					Consumo	KWh	Documental

## **IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO**

### **4.1 Diseño metodológico**

El tipo de investigación para el presente trabajo de investigación es Tecnológico, debido a que tiene el propósito de aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas que beneficien a la sociedad, además, es de nivel Aplicada, debido a que el objetivo es evaluar la conversión de un modelo a objeto. Espinoza (2014). Respecto al diseño, es de tipo no experimental, según la definición del autor Hernández (2014), el cual menciona que son los estudios que se realizan sin la necesidad de manipular las variables, además solo se observan los fenómenos para su análisis.

Por lo que esta investigación es de tipo tecnológica debido a que se aplican conocimientos científicos establecidos y a partir de ello encontrar los valores adecuados de cada parámetro para generar energía eléctrica por medio de un sistema fotovoltaico hacia una red de alumbrado LED en el túnel Punta Olímpica y obtener un beneficio para la sociedad local.

### **4.2 Método de investigación.**

El método de investigación es el analítico sintético, debido a que estudia los hechos, a partir de la descomposición del objeto que se estudia para que cada una de sus partes se estudien en forma individual (análisis), y luego integrar esas partes para ser estudiadas de forma holística e integral (síntesis). Bernal (2010), el presente trabajo de investigación se elaboró mediante el método analítico sintético, debido a que se dimensionó el sistema fotovoltaico y la red de alumbrado LED mediante la descomposición de cada uno de ellos para la selección de los componentes adecuados según los cálculos realizados y posterior a ello integrar cada uno de ellos para realizar la simulación mediante software y validar los cálculos y componentes.

### **4.3 Población y muestra**

Según Figueroa (2014) define la población al conjunto de objetos y personas que posean una característica en común y a la muestra que representa un subconjunto de la población.

Para la elaboración del presente trabajo de investigación, la muestra es igual a la población y es la red de alumbrado LED.

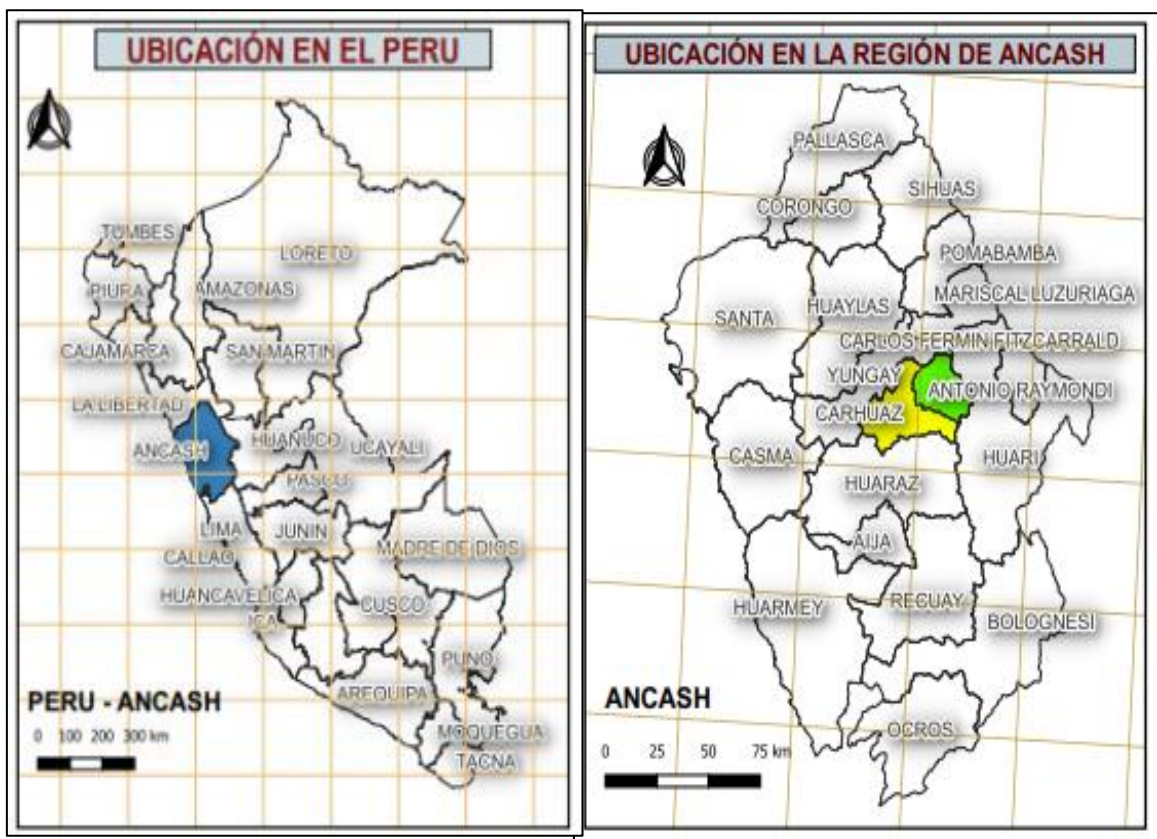
#### 4.4 Lugar de estudio.

La zona exacta para el estudio del dimensionamiento fotovoltaico para generar energía a una red de alumbrado LED se ubica en el departamento de Ancash, entre las provincias de Carhuaz y Asunción, en la ruta AN-107 donde se ubica el túnel Punta Olímpica.

A continuación, se detalla las coordenadas y altitud de la ubicación.

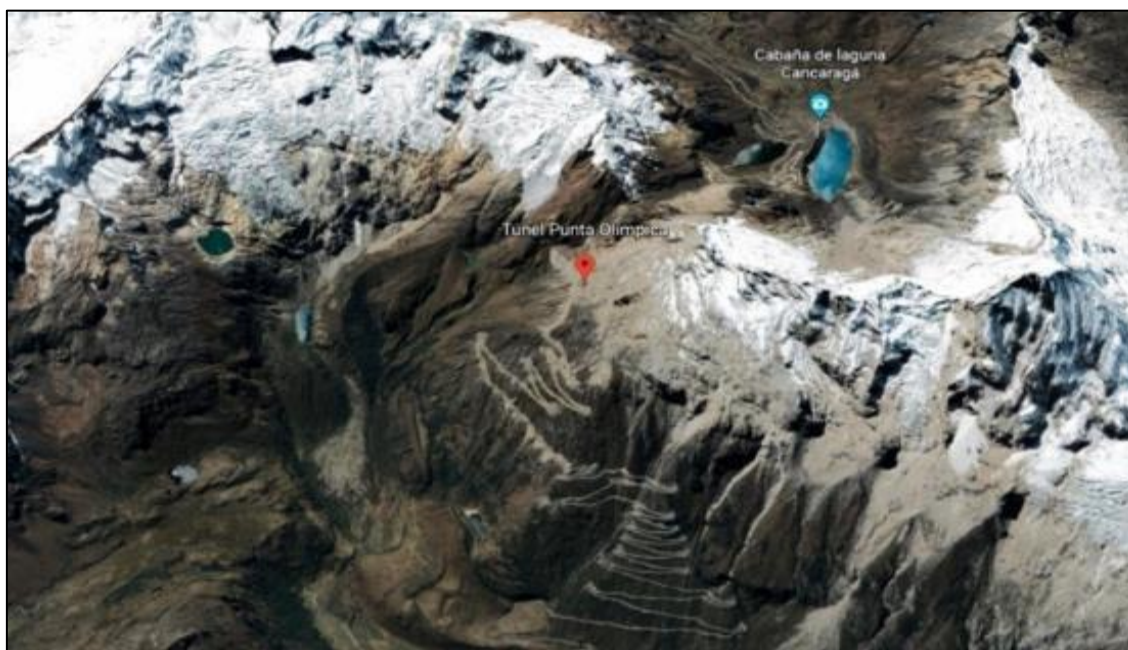
- Latitud:  $-9.13^{\circ}\text{N}$
- Longitud:  $-77^{\circ}5^{\circ}\text{E}$
- Altitud: 4736 m.s.n.m.

Figura N° 4.1 ubicación del proyecto



Nota: para mayor detalle consultar el Anexo 2

Figura N° 4.2 Vista satelital de la ubicación del túnel punta olímpica



Fuente: Tomado de Google Earth

#### **4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.**

Para la realización de la presente tesis se utilizaron técnicas de acuerdo con los objetivos establecidos.

##### **4.5.1 Análisis documental**

Es la técnica en la cual se realiza la recolección de documentos de diferentes tipos para lograr la demostración de hipótesis en una investigación. Espinoza (2014).

Para el presente trabajo de investigación se realizó mediante el análisis de base de datos información proporcionado de libros y normativas, fichas técnicas y catálogo de equipos y componentes, etc.

##### **4.5.2 Técnica empírica**

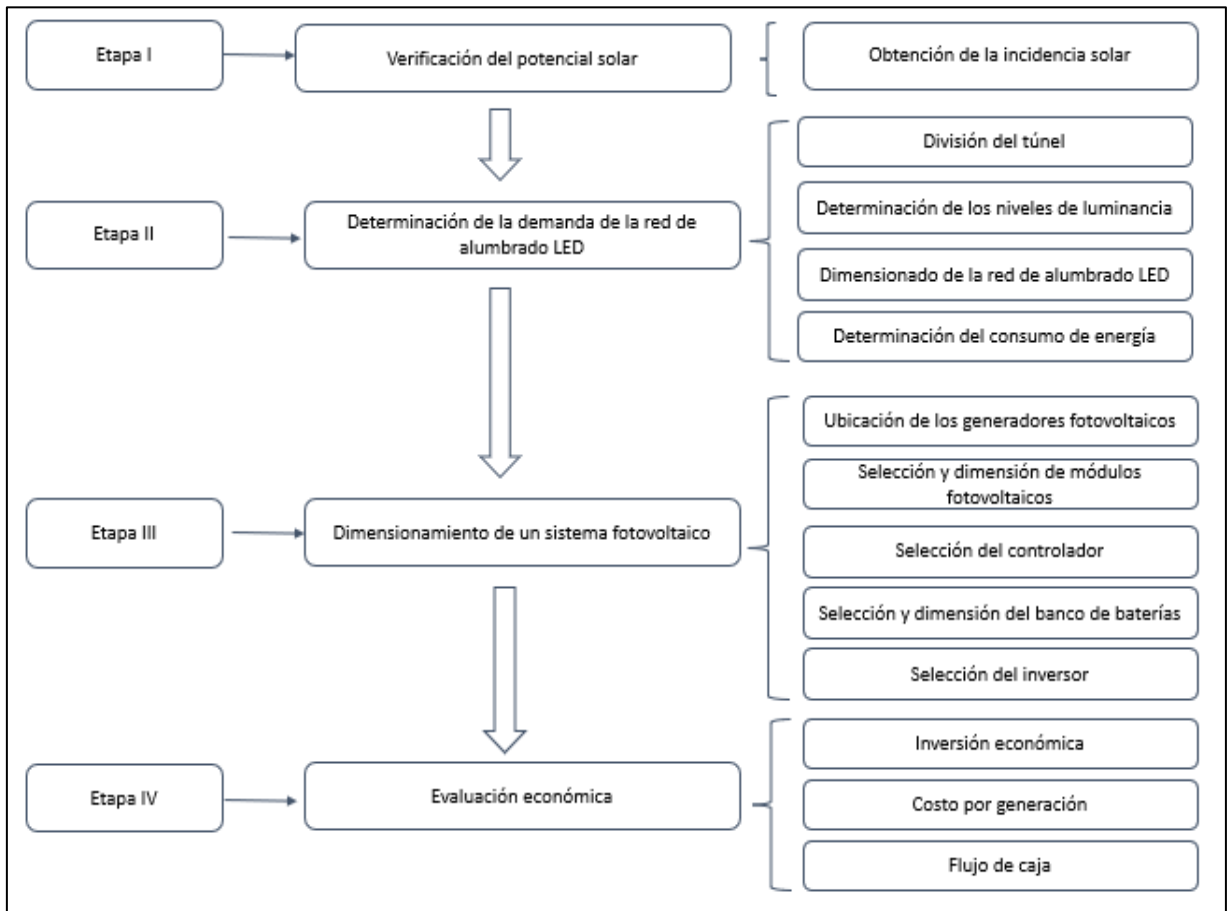
Es la técnica que cuenta a la observación en contacto directo con el objeto para el análisis del estudio. Espinoza (2014).

Para el presente trabajo de investigación se realizó la visita a la ubicación del túnel punta Olímpica para realizar fotografías de la zona.



## 4.6 Análisis y procesamiento de datos.

Figura N° 4.3 Análisis y procesamiento de datos



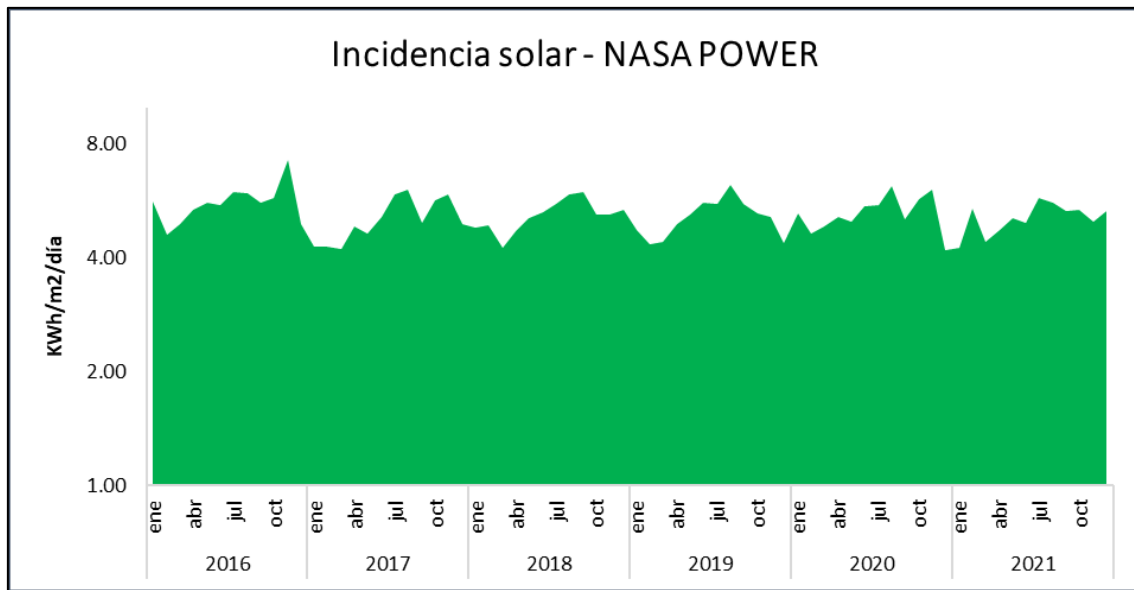
### 4.6.1 Etapa I: Verificación del potencial Solar

#### Obtención de incidencia solar

Para obtener los valores, se realizó la obtención de incidencia solar de los últimos 5 años mediante las bases de datos de la NASA POWER Y Meteonorm, en el cual se hizo un comparativo.

Respecto a la base de datos de NASA POWER tenemos los siguientes resultados:

Figura N° 4.4 Historial incidencia solar en la zona del proyecto NASA POWER

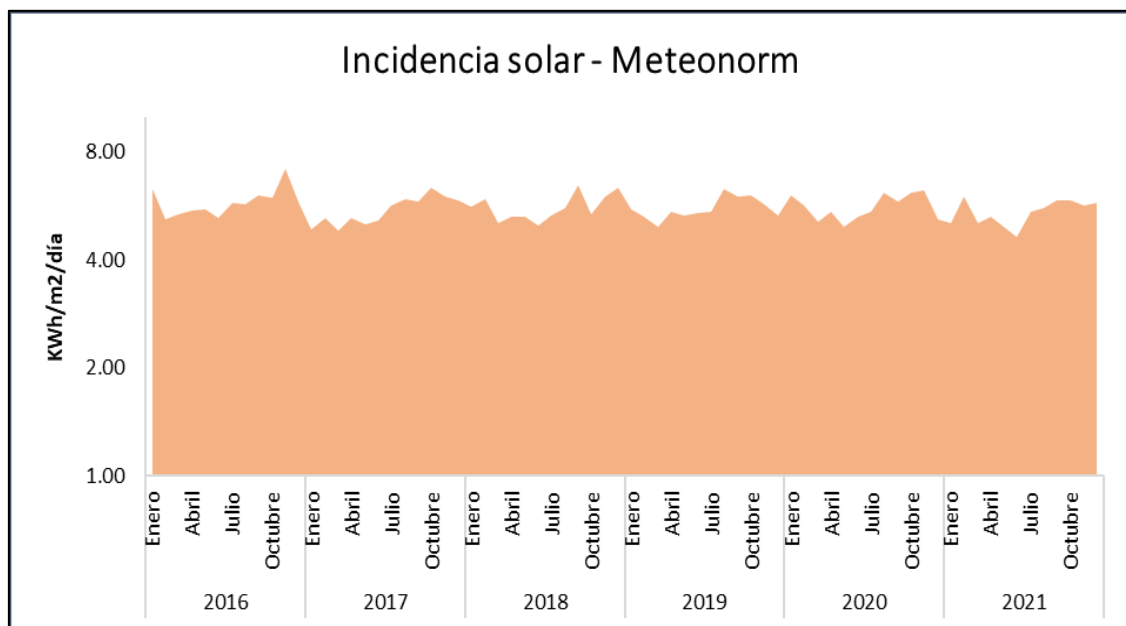


Del cual de todo este rango... se tuvieron los siguientes resultados:

- Mayor incidencia Solar: 7.2 KWh/m<sup>2</sup> (noviembre, 2016)
- Menor incidencia Solar: 4.2 KWh/m<sup>2</sup> (diciembre, 2020)

Respecto a la base de datos de Meeonorm se obtuvo los siguientes resultados:  
Realizando el análisis en la siguiente base de datos.

Figura N° 4.5 Historial incidencia solar en la zona del proyecto Meeonorm



Del cual se tuvieron los siguientes resultados:

- Mayor incidencia Solar: 7.15 KWh/m<sup>2</sup> (noviembre, 2016)
- Menor incidencia Solar: 4.60 KWh/m<sup>2</sup> (junio, 2021)

Finalmente se puede concluir que, considerando ambas bases de datos, la menor incidencia solar en la zona del proyecto será de 4.2 KWh/m<sup>2</sup>/día.

#### **4.6.2 Etapa II: Determinación de la demanda de la red de alumbrado LED**

Para determinar el consumo requerido por la demanda de energía de la red de alumbrado LED, se tomaron las siguientes consideraciones:

- División del túnel, debido a que el túnel presenta una longitud de casi 1.4 Km, con el fin de reducir pérdidas en las instalaciones, se está planteando dividir en 2 circuitos de alimentación de energía eléctrica para que cada uno alimente una mitad del túnel, los cuales se están nombrando según el sentido de circulación (Lado Huaraz y Lado Chacas).
- Determinación de los niveles de luminancia, estos valores se miden en cd/m<sup>2</sup>.
- Dimensionado de la red de alumbrado, para el cual se realizará mediante el uso de software Dialux.
- Determinación del consumo de energía eléctrica.

#### **División del túnel**

Debido a su longitud de 1384 metros, se está planteando dividir en 2 circuitos de alimentación de energía eléctrica, esto permitirá reducir la caída de tensión y pérdidas que ocasionaría tener un solo circuito de alimentación de energía de gran longitud. Teniendo en cuenta el sentido de circulación en el túnel, se dividirá en dos lados, El primero “Lado Huaraz” y el segundo “Lado Chacas”.

- Lado Huaraz: Sentido de norte a sur
- Lado Chacas: Sentido de sur a norte

#### **Determinación de los niveles de luminancia**

Para determinar los niveles de luminancia, primero se deberá determinar la clase de alumbrado correspondiente al túnel punta Olímpica a partir de las

características que este presenta y en base a las normativas de iluminación en túneles para la obtención de los valores de luminancia óptimos por medio de cálculos y tablas.

Los niveles de luminancia son variados, se pueden obtener valores elevados en la entrada del túnel debido a efectos del sol y valores mínimos en la zona interior del túnel que es la parte central.

### Datos técnicos del túnel Punta olímpica

Según el consorcio vial Carhuaz (2011) en la memoria descriptiva del proyecto, describe las dimensiones principales que se indican en la Tabla 4.1 Datos técnicos del túnel Punta Olímpica así mismo la inclinación rasante es de 7% según se indicó según el ingeniero Winston Lewis, gerente de construcción de Odebrecht Perú Ingeniería y Construcción en el año 2012, indico las dimensiones del túnel y los carriles con la inclinación de este como parte de una entrevista para una revista del sector construcción. Perú Construye (2012).

Tabla 4.1 Datos técnicos del túnel Punta Olímpica

Datos técnicos	Valor
Velocidad de tránsito en (Km/hora)	30
Longitud en (m)	1384
Inclinación rasante en (%)	7
Número de carriles	2
Altura (Galibo) en (m)	7.5
Ancho en (m)	6.5

Figura N° 4.6 Velocidad máxima permitida en el túnel punta olímpica



### Intensidad de tráfico en el túnel punta olímpica

Debido a que el túnel se encuentra en zona rural, la intensidad de tráfico es bajo, por lo que según la Tabla 4.2 Intensidad de tráfico en túneles, le corresponde un tráfico bidireccional con un tráfico menor a 200 vehículos/hora.carril.

Tabla 4.2 Intensidad de tráfico en túneles

Intensidad de tráfico	Trafico unidireccional (vehículos/hora.carril)	Trafico bidireccional (vehículos/hora.carril)
Alta	>1500	>700
Media	500-1500	200-700
Baja	<500	<200

Fuente: Ministerio de Fomento de España (2015 pág. 13)

Por lo cual el túnel punta olímpica es de tráfico con intensidad baja debido que circulan menos de 200 vehículos por hora en sentido bidireccional.

Identificado la intensidad de tráfico, se procederá a recurrir a la siguiente Tabla 4.3 Clase de túnel según la intensidad de tráfico para clasificar el tipo y clase del túnel.

Tabla 4.3 Clase de túnel según la intensidad de tráfico

Intensidad de tráfico	Alta		Media		Baja	
Tipo de tráfico	M	A	M	A	M	A
Clase de túnel	4	3	3	2	2	1 (guiado)

Fuente: Ministerio de Fomento de España (2015 pág. 13)

Notas:

1. M: Tráfico Mixto (incluyendo bicicletas)
2. A: Solo tráfico motorizado

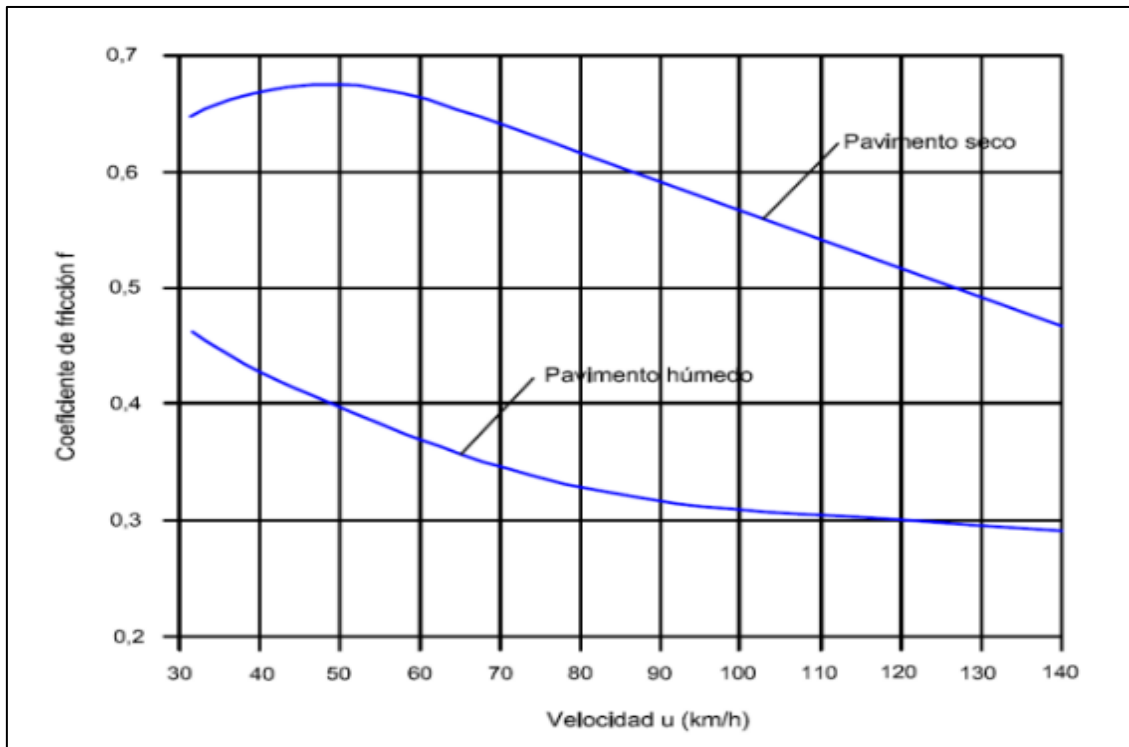
Debido que a que la zona presenta recorridos turísticos en bicicleta, los cuales transitan el túnel punta olímpica, representa un tráfico mixto, Por consiguiente, el túnel punta olímpica se considera como un túnel de Clase 2.

### Distancia de parada

En el punto 2.2.1, se define como la distancia total recorrida por un vehículo obligado a detenerse tan rápidamente como le sea posible, desde su situación en el momento de aparecer el objeto que motiva la detención, para ello debemos tener en cuenta la velocidad de circulación, tiempo de percepción de 2 segundos

(mencionado en el punto 2.2.1), la inclinación rasante mencionada en la Tabla 4.1 y el coeficiente de fricción en la siguiente Figura:

Figura N° 4.7 Diagramas típicos del coeficiente de fricción en función de la velocidad para pavimento seco y húmedo



Fuente: Tomado de "Orden circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles" por el Ministerio de Fomento de España (2015 págs. 5 - Anexo 1)

Para ello aplicamos la ecuación (2.1):

$$D_p = \frac{vxt_p}{3.6} + \frac{v^2}{254x(f + i)}$$

Debido a que la obtención de la distancia de parada se base en dos tipos de pavimento (húmedo y seco), se realizan para ambos el cálculo, obteniendo los resultados.

De la Figura N° 4.7 para pavimento seco f toma el valor de 0.65, reemplazando en la ecuación (2.1).

$$D_p = \frac{30x2}{3.6} + \frac{30^2}{254x(0.65 + 0.07)}$$

$$D_p = 21.6 \text{ m}$$

De la Figura N° 4.7 para pavimento húmedo  $f$  toma el valor de 0.45, reemplazando en la ecuación (2.1).

$$D_p = \frac{30x2}{3.6} + \frac{30^2}{254x(0.45 + 0.07)}$$

$$D_p = 23.5 \text{ m}$$

Por lo que nuestra distancia de parada mayor es de pavimento húmedo con 23.5 metros, el cual es también considerado como la distancia de parada en un escenario desfavorable.

### **Luminancias por zonas**

Para la obtención de los niveles de luminancia, el MTC en el Manual de carreteras, hace mención a las zonas de iluminación para el túnel, en el punto 2.3.13 se define cada zona, por lo que solo se mencionara en este punto.

- Zona de aproximación, también conocida como zona de acceso.
- Zona umbral
- Zona de transición
- Zona interior
- Zona de salida

Nota: Debido a que el túnel punta olímpica es de doble sentido, la zona de salida representa la zona interior del lado opuesto, es decir si nos enfocamos en el lado Huaraz, posterior a su zona interior, continua la zona interior del lado Chacas, luego su zona de transición, su zona umbral y por último su zona de acceso.

### **Luminancia en zona de acceso $L_{20}$**

Para el cálculo en esta zona, se debe tener en cuenta la ubicación del sentido de tránsito de la boca de entrada de los túneles (Norte, Este, Oeste, Sur) y por medio fotografías, identificar las superficies de los alrededores de la entrada del túnel, según la Orden circular 36/2015 tomo II del ministerio de fomento de España que a su vez está basada en la CIE 88-2004 “guide for the lighting of road tunnels and underpasses”, los valores de luminancia se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.4 Valores de luminancia para distintas superficies

Situación de la boca	Lc (cielo) Kcd/m2	LR (Calzada) Kcd/m2	LE (Cielo) Kcd/m2			
			Rocas	Edificios	Nieve	Vegetación
S	8	3	3	8	15 (V-H)	2
E-O	12	4	2	6	10 (V) 15 (H)	2
N	16	5	1	4	5 (V) 15 (H)	2

Fuente: Ministerio de Fomento de España (2015 pág. 20)

Notas:

1. S: Sur
2. E-O: Este – Oeste
3. N: Norte
4. V: Vertical
5. H: Horizontal

### En el lado Huaraz

Este lado tiene sentido de Norte hacia sur y mediante el criterio de la fotografía, se estima el % de superficies en la boca del túnel, en este caso el lado Huaraz, el cual está conformado por la calzada, rocas, nieve e infraestructura.

Figura N° 4.8 Ingreso al túnel Lado Huaraz

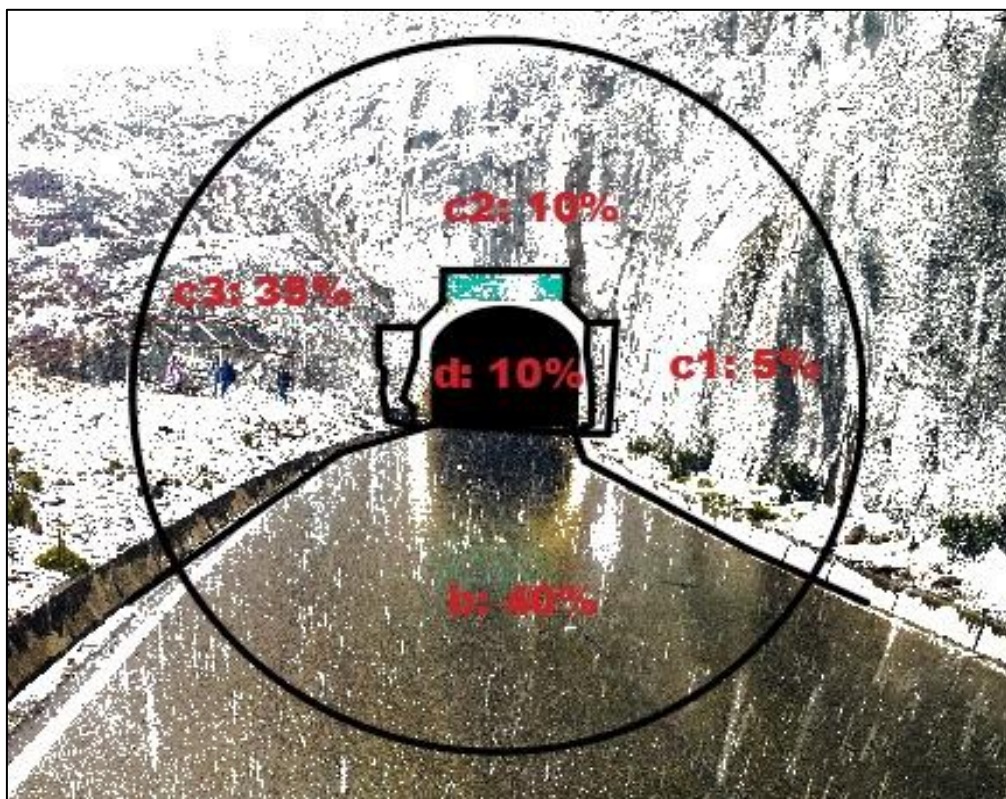




Tabla 4.5 Valores de luminancia en el lado Huaraz

Símbolo	Descripción	Valor (cd/m <sup>2</sup> )
LC	Luminancia de cielo	16000
LR	Luminancia de la calzada	5000
LE	Luminancia del entorno 1 (Rocas)	1000
LE	Luminancia del entorno 2 (Edificio - Estructura)	4000
LE	Luminancia del entorno 3 (nieve)	5000

Nota: Valores basados de la Tabla 4.4 Valores de luminancia para distintas superficies según las superficies en la boca del túnel.

De la Figura N° 4.8 Obtenemos la distribución de los valores de luminancia según la superficie del lado Huaraz.

Tabla 4.6 Distribución de valores de luminancia en el lado Huaraz

Símbolo	Descripción	Valor (%)
a	Luminancia de cielo	0.00
b	Luminancia de la calzada	40.00
c	Luminancia del entorno 1 (Rocas)	5.00
c	Luminancia del entorno 2 (Edificio - Estructura)	10.00
c	Luminancia del entorno 3 (nieve)	35.00
d	Luminancia de zona umbral	10.00

Nota: Valores basados de la Figura N°8

Aplicando la ecuación (2.2)

$$L_{20} = axL_c + bxL_R + cxL_E + dxL_{th}$$

Nota: debido a que L<sub>th</sub> produce el efecto de agujero negro, el valor de este es de 0 cd/m<sup>2</sup>

Reemplazando valores en la ecuación (2.2)

$$L_{20} = 16000x0 + 5000x0.40 + 1000x0.05 + 4000x0.10 + 5000x0.35$$

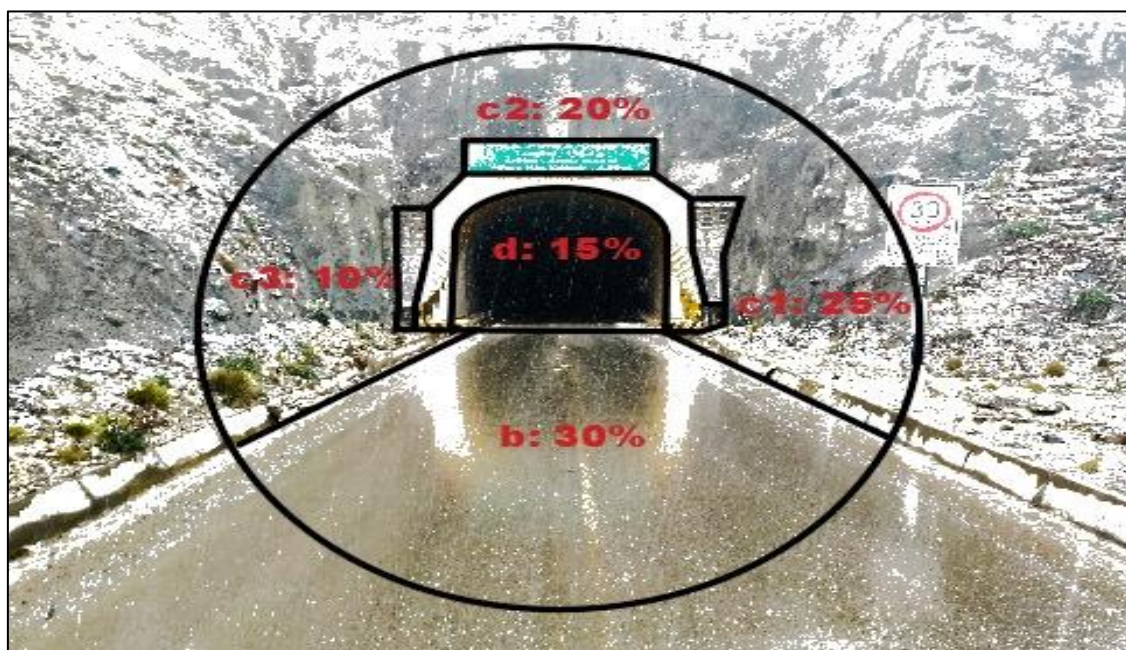
$$L_{20} = 4200 \text{ cd/m}^2$$

Por lo que el nivel de luminancia en la zona de acceso en el lado Huaraz es de 4200 cd/m<sup>2</sup>.

### En el lado Chacas:

Debido a que la boca del túnel de este lado tiene sentido de sur a norte, los valores de luminancia en la superficie serán distintos que en lado Huaraz, por lo que volveremos a la Tabla 4.4 para la obtención de valores de luminancia en distintas superficies en sentido Sur

Figura N° 4.9 Ingreso al túnel Lado Chacas



Siguiendo el mismo procedimiento que en el lado Huaraz, tenemos los siguientes valores de luminancia en lado chacas, los cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 4.7 Valores de luminancia en el lado Chacas

Símbolo	Descripción	Valor (cd/m <sup>2</sup> )
LC	Luminancia de cielo	8000
LR	Luminancia de la calzada	3000
LE	Luminancia del entorno 1 (Rocas)	3000
LE	Luminancia del entorno 2 (Edificio - Estructura)	8000
LE	Luminancia del entorno 3 (nieve)	15000

Nota: Valores basados de la Tabla 4.4 Valores de luminancia para distintas superficies según las superficies en la boca del túnel.

De la Figura N° 4.9 obtenemos la distribución de los valores de luminancia según la superficie del lado Chacas.

Tabla 4.8 Distribución de valores de luminancia en el lado Chacas

Símbolo	Descripción	Valor (%)
a	Luminancia de cielo	0.00
b	Luminancia de la calzada	30.00
c	Luminancia del entorno 1 (Rocas)	25.00
c	Luminancia del entorno 2 (Edificio - Estructura)	20.00
c	Luminancia del entorno 3 (nieve)	10.00
d	Luminancia de zona umbral	10.00

Nota: Valores basados de la Figura N° 4.9

Reemplazando valores en (2)

$$L_{20} = 8000 \times 0 + 3000 \times 0.30 + 3000 \times 0.25 + 8000 \times 0.20 + 5000 \times 0.10$$

$$L_{20} = 4750 \text{ cd/m}^2$$

Por lo que los niveles de luminancia en la zona de acceso para el lado Huaraz es de 4200 cd/m<sup>2</sup> y para el lado Chacas de 4750 cd/m<sup>2</sup>.

### Luminancia en zona umbral $L_{th}$

Una vez obtenido los valores de luminancia en la zona de acceso, se procederá a encontrar el valor de k, el cual señala un valor según la distancia de parada y la clase de túnel, los cuales ya fueron calculados en el nivel de luminancia de zona de acceso, en la Tabla 4.9 Valores recomendados de K para diferentes valores de Dp seleccionamos el valor de k según los parámetros mencionados:

Tabla 4.9 Valores recomendados de K para diferentes valores de Dp calculada en pavimento húmedo

Clase de túnel	Distancia de parada Dp*		
	≤ 60	100	≥ 160
4	0.05	0.06	0.1
3	0.04	0.05	0.07
2	0.03	0.04	0.05
1	No hay requisitos (solamente orientación del alumbrado)		

Fuente: Ministerio de Fomento de España (2015 pág. 14)

Donde k toma el valor de 0.03 debido a que se definió el túnel de clase 2, con una distancia de parada de 23.5 metros, reemplazando los valores en la ecuación (2.3):

$$L_{th} = L_{20} \times k$$

### En el lado Huaraz

En este lado del túnel la luminancia en la zona de acceso es de 4200 cd/m<sup>2</sup>, por lo que, la luminancia en la zona umbral de este lado es de:

$$L_{th} = 4200 \times 0.03$$

$$L_{th} = 126 \text{ cd/m}^2$$

### **En el lado Chacas**

En este lado del túnel la luminancia en la zona de acceso es de 4750 cd/m<sup>2</sup>, por lo que, la luminancia en la zona umbral de este lado es de:

$$L_{th} = 4750 \times 0.03$$
$$L_{th} = 142.5 \text{ cd/m}^2$$

Por lo que se obtienen los valores de 126 cd/m<sup>2</sup> y 142.5 cd/m<sup>2</sup> para la zona umbral del lado Huaraz y del lado Chacas respectivamente.

### **Luminancia en zona de transición $L_{tr}$**

Con los valores obtenidos en el punto anterior, se procede al cálculo de los niveles de luminancia dentro de los primeros 20 segundos, este tiempo es recomendado en la Orden Circular 36/2015 tomo II del Ministerio de Fomento de España.

### **En el lado Huaraz:**

Este lado tiene 126 cd/m<sup>2</sup> y reemplazando la ecuación (2.4):

$$L_{tr} = L_{th} \times (1.9 + t)^{-1.423}$$

Cuando  $t = 0$  segundos:

$$L_{tr} = 126 \times (1.9 + 0)^{-1.423}$$
$$L_{tr} = 50.39 \text{ cd/m}^2$$

Según la CIE 88-2004 "GUIDE FOR THE LIGHTING OF ROAD TUNNELS AND UNDERPASSES" el inicio de la zona de transición inicia cuando se tiene un 40% de  $L_{th}$  (Luminancia de la zona umbral) y este ocurre cuando  $t=0$  segundos como se mostró en la Figura N° 2.13

Bajo este criterio, para la verificación del cálculo obtenido, se realizará el cociente entre el valor obtenido en la zona de transición cuando ( $t=0$  segundos) entre el valor de obtenido de la zona umbral.

$$L_{tr} \% = \frac{L_{tr}(t)}{L_{th}}$$

$$L_{tr} \% = \frac{50.39}{126}$$

$$L_{tr} \% = 39.99\%$$

Debido a que se tiene el 40%, se deduce que los niveles de luminancia hasta este punto son los correctos y los segundos siguientes debemos obtener una curva similar como a la de la Figura N° 2.13.

Para los siguientes segundos, se aplicará de igual manera la ecuación (2.4), de los cuales los resultados se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 4.10 Ltr según el tiempo en segundos en el lado Huaraz

Tiempo (s)	Ltr (cd/m2)	%Lth
0	50.39	39.99%
1	27.55	21.86%
2	18.04	14.32%
3	13.02	10.34%
4	9.99	7.93%
5	7.99	6.34%
6	6.59	5.23%
7	5.55	4.41%
8	4.77	3.79%
9	4.16	3.30%
10	3.67	2.91%
11	3.27	2.59%
12	2.94	2.33%
13	2.66	2.11%
14	2.43	1.92%
15	2.22	1.76%
16	2.05	1.63%
17	1.89	1.50%
18	1.76	1.40%
19	1.64	1.30%
20	1.54	1.22%

Nota: Valores Ltr y Lth en función del tiempo

### En el lado Chacas:

Realizando el mismo procedimiento del lado Huaraz.

Este lado tiene 142.5 cd/m2 y reemplazando la ecuación (2.4):

$$L_{tr} = L_{th}x(1.9 + t)^{-1.423}$$

Cuando t =0 segundos:

$$L_{tr} = 142.5x(1.9 + 0)^{-1.423}$$

$$L_{tr} = \mathbf{56.98 \text{ cd/m}^2}$$

Siguiendo el mismo procedimiento que en el lado Huaraz, se determinara los niveles de luminancia en la zona de transición en 20 segundos y se determinara el % de los valores obtenidos respecto a  $L_{th}$  (Luminancia de la zona umbral) los cuales se detallan en la siguiente tabla.

$$L_{tr} \% = \frac{L_{tr}(t)}{L_{th}}$$

$$L_{tr} \% = \frac{56.98}{142.5}$$

$$L_{tr} \% = \mathbf{39.99\%}$$

Tabla 4.11 Ltr según el tiempo en segundos en el lado Chacas

Tiempo (s)	Ltr (cd/m <sup>2</sup> )	%Lth
0	56.98	39.99%
1	31.15	21.86%
2	20.41	14.32%
3	14.73	10.34%
4	11.3	7.93%
5	9.04	6.34%
6	7.45	5.23%
7	6.28	4.41%
8	5.4	3.79%
9	4.7	3.30%
10	4.15	2.91%
11	3.7	2.59%
12	3.32	2.33%
13	3.01	2.11%
14	2.74	1.92%
15	2.51	1.76%
16	2.32	1.63%
17	2.14	1.50%
18	1.99	1.40%
19	1.86	1.30%
20	1.74	1.22%

Nota: Valores Ltr y Lth en función del tiempo

### Luminancia en la zona interior $L_{in}$

Para la obtención de la luminancia en la zona interior, se recurre a la Tabla 4.12 que determina los niveles de luminancia media en la superficie de la calzada.

Tabla 4.12 Luminancia media en la superficie de la calzada de la zona interior en cd/m<sup>2</sup>

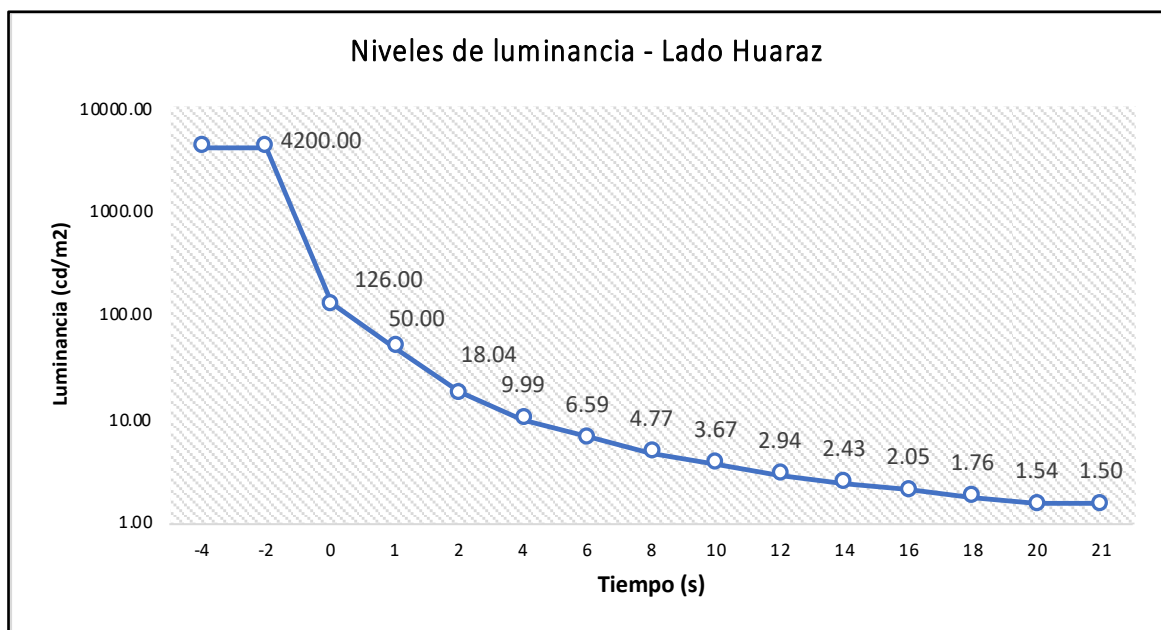
Clase de túnel	Distancia de parada $D_p^*$ (m)		
	≤ 60	100	≥ 160
4	3	6	10
3	2	4	6
2	1.5	2	4
1	**	0.5	1.5

Fuente: Ministerio de Fomento de España (2015 pág. 21)

Para el túnel punta olímpica de clase 2 y con distancia de parada de 23.5 metros, la luminancia media en la zona interior será de 1.5 cd/m<sup>2</sup>, este valor aplica para ambos lados del túnel (Huaraz y Chacas) ya que nos referimos a la parte central del interior del túnel.

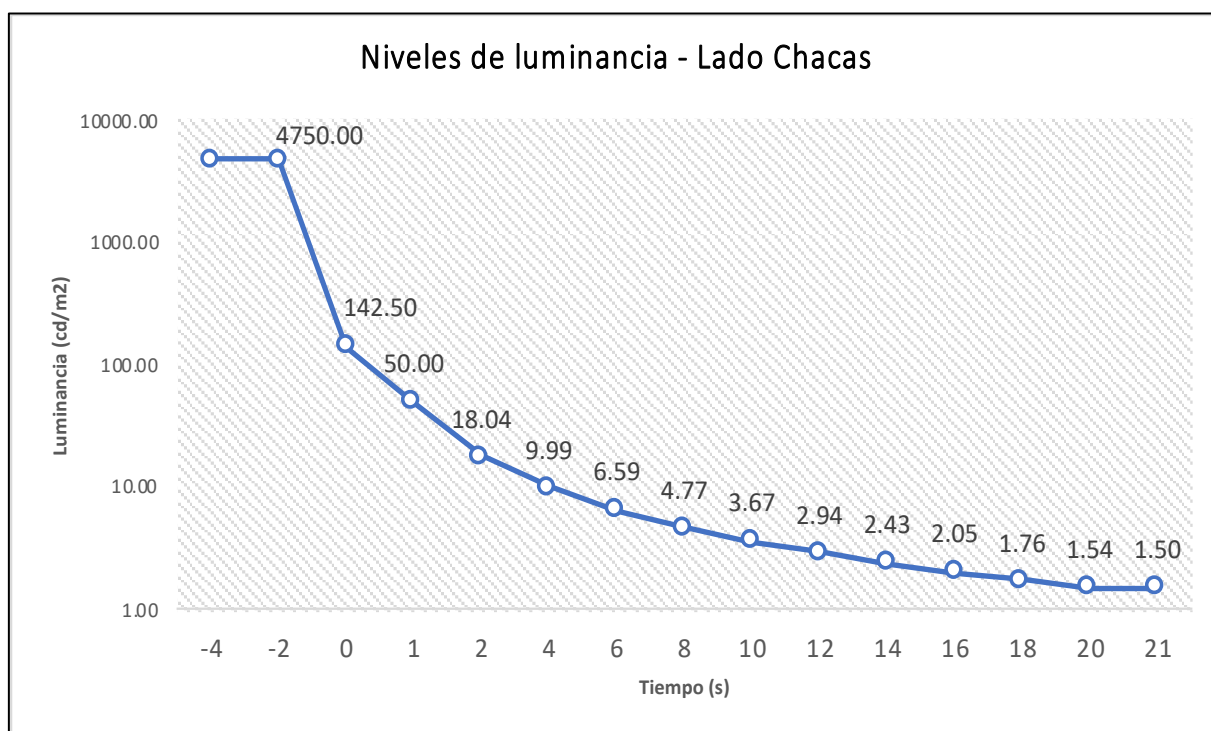
En resumen, los niveles de luminancia obtenidos en lado Huaraz se muestran en la siguiente figura.

Figura N° 4.10 Niveles de luminancia en lado Huaraz



De igual manera se muestran los niveles de luminancia obtenidos del lado Chacas en la siguiente figura.

Figura N° 4.11 Niveles de luminancia en el lado Chacas



### Luminancia nocturna

Según lo indicado en el punto 2.3.15, la luminancia nocturna de cada zona del túnel tendrá la luminancia media de 1.0 cd/m<sup>2</sup>, para este caso del túnel punta Olímpica se tomará como nivel de luminancia de 1.5 cd/m<sup>2</sup>, el cual se encuentra por encima del mínimo nivel requerido durante todo el trayecto del túnel comprendido por los lados de Huaraz y Chacas.

### Dimensionado de la red de alumbrado LED

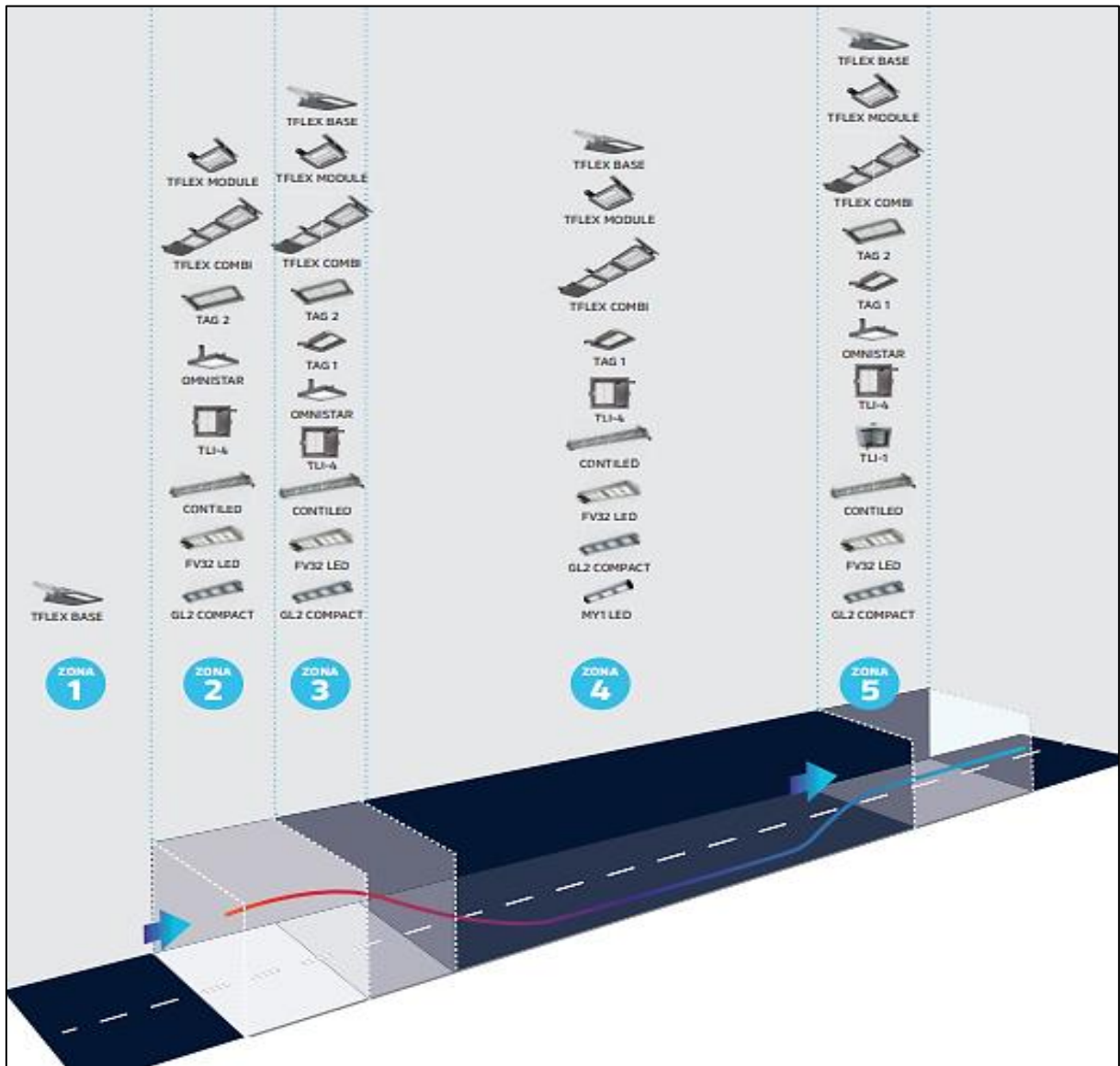
Para el dimensionado de la red de alumbrado LED primero se seleccionará el tipo de luminaria LED adecuado para cada zona del túnel, posterior a ello se utilizará el software Dialux para determinar la cantidad de luminarias necesarias para cumplir los niveles de luminancia en cada zona del túnel, por último, se determinará la potencia nominal de los equipos instalados.

### Selección de luminarias

Para ello nos basamos a seleccionar luminarias con aplicación en túneles viales, en la Figura N° 4.12 se muestran ejemplos de luminarias, en el cual se aprecia la gama de luminarias.




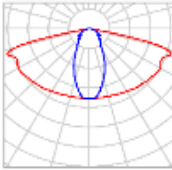

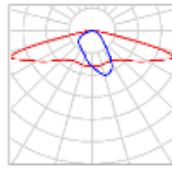

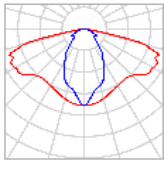

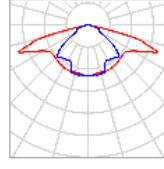

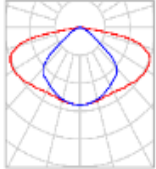
Figura N° 4.12 Luminarias para instalación en túnel



Fuente: Tomado de “Soluciones de iluminación para túneles y pasos inferiores” de Schröder (2021 pág. 18)

A continuación, se muestran las luminarias seleccionadas, en la Tabla 4.13 Lista de luminarias se muestra a detalle la marca, modelo, la potencia en Watts, imagen referencial y el fotograma de cada una de ellas.

Tabla 4.13 Lista de luminarias

Luminaria	Nombre	Marca	Modelo	Potencia (W)	Imagen de referencia	Fotograma
Luminaria 1	TAG 2 / 5234 / 128 LEDs 700mA NW 740 274W / Symmetrica I / 40348S	Schröder	TAG 2	274		
Luminaria 2	TAG 2 / 5163 / 128 LEDs 600mA NW 740 232W / 411152	Schröder	TAG 2	232		
Luminaria 3	TAG 1 / 5236 / 48 LEDs 700mA NW 740 106W / Symmetrica I / 43096S	Schröder	TAG 1	106		
Luminaria 4	TAG 1 / 5239 / 48 LEDs 400mA NW 740 60.2W / Symmetrica I / 43102S	Schröder	TAG 1	60.2		
Luminaria 5	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA NW 740 16W / Symmetrica I / 33750S	Schröder	CONTILE D 1	16		

Nota: Valores e imágenes tomados de “Soluciones de iluminación para túneles y pasos inferiores” Schröder (2021)

### Simulación en DIALux evo

Luego de seleccionar las luminarias más adecuadas en base a su potencia y a su fotograma se realizó la simulación en el software DIALux evo con la distribución adecuada para cumplir la luminancia calculada en cada zona del túnel y en los distintos turnos ya que el nivel de iluminación durante el día es diferente a la de la noche.

En la Tabla 4.14 se muestra el detalle de luminarias que estarán encendidas durante el día respecto a su distribución y a su posición en el lado Huaraz

Tabla 4.14 Detalle de las distancias para las luminarias encendidas durante el día lado Huaraz

Zona	Tramo	Luminaria	Altura H (m)	Distancia A (m)	Distancia B (m)	Distancia C (m)
Zona de Umbral (Lth)	Tramo 1	Luminaria 1	5.70	1.50	3.00	2.35
	Tramo 2	Luminaria 2	5.70	1.50	3.00	5.88
Zona de transición (Ltr)	Tramo 1	Luminaria 3	5.70	1.50	3.00	5.55
	Tramo 2	Luminaria 4	5.70	1.50	3.00	8.33
	Tramo 3	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	1.34
	Tramo 4	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	2.08
	Tramo 5	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	2.38
	Tramo 6	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	3.33
	Tramo 7	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	3.33
	Tramo 8	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	4.17
	Tramo 9	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	5.55
	Tramo 10	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	5.55
Zona interior (Lin)	Tramo 1	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	7.77

Notas:

1. Altura máxima del vehículo a circular en túnel punta olímpica de 4.3 metros
2. Altura máxima (galibo) del túnel de 6.5 metros
3. Ancho de la vía de 7.5 metros

A continuación, se muestran las figuras con vistas correspondientes en la instalación de las luminarias según los valores mostrados de la Tabla 4.14.

Figura N° 4.13 Vista frontal de los Detalles de distancias entre luminarias

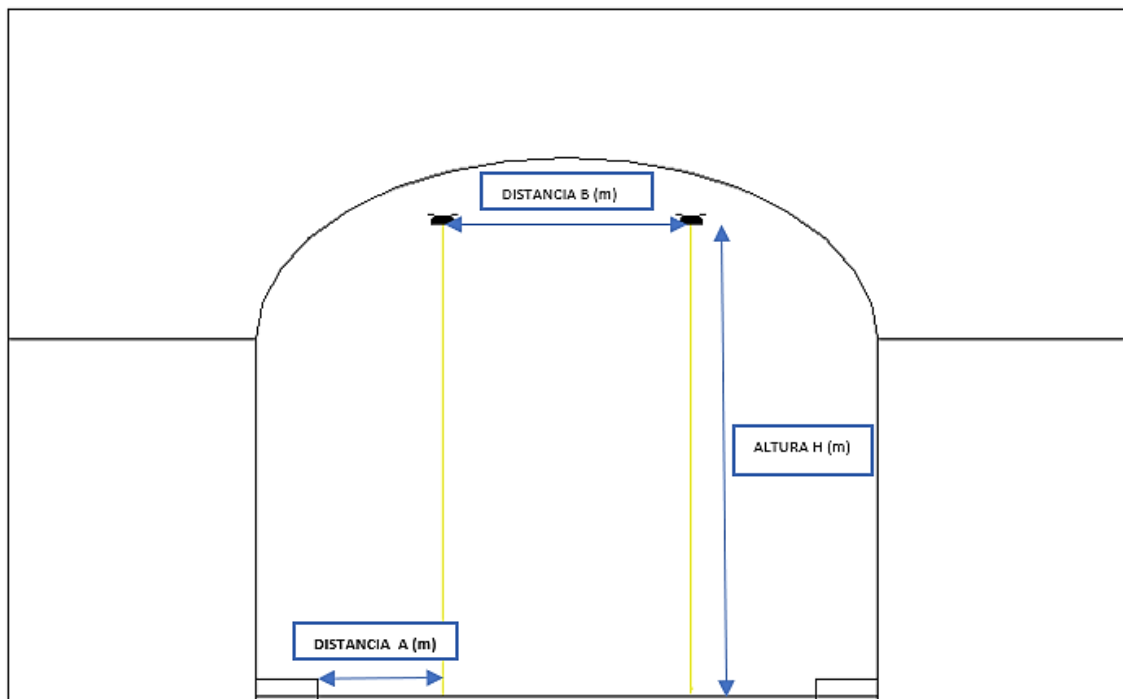
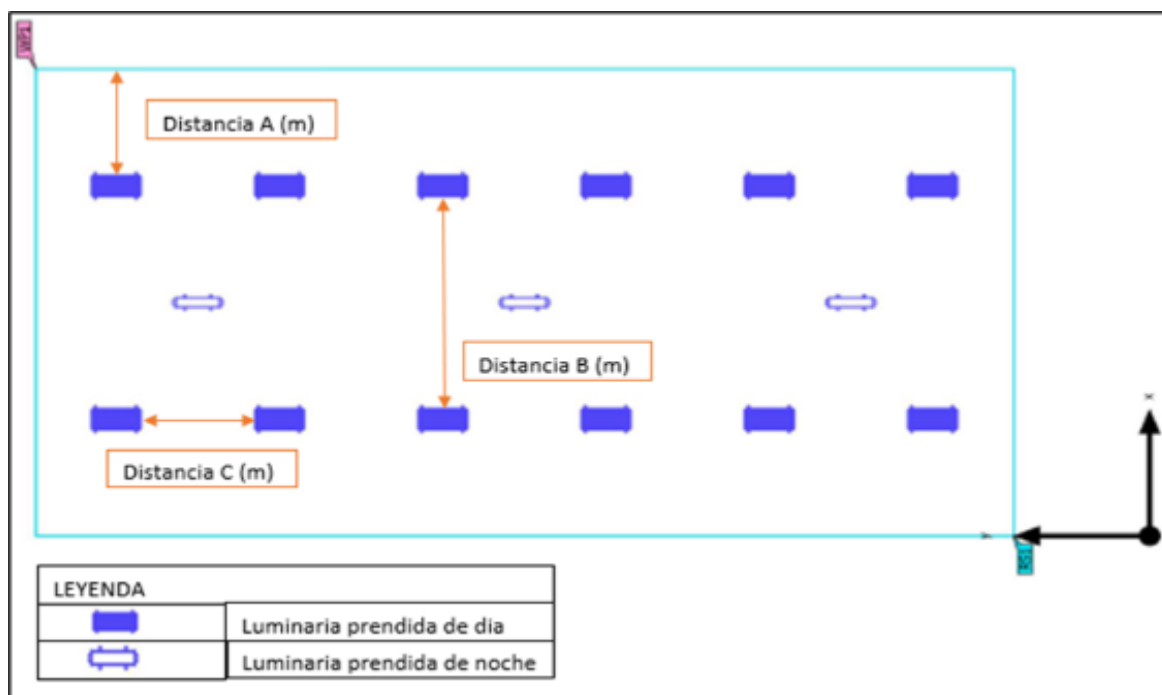


Figura N° 4.14 Vista de planta de los Detalles de distancias entre luminarias



En la Tabla 4.15 se muestra el detalle de luminarias que estarán encendidas durante la noche respecto a su distribución y a su posición en el lado Huaraz.

Tabla 4.15 Detalle de las distancias para las luminarias encendidas durante la noche lado Huaraz

Zona	Tramo	Luminaria	Altura H (m)	Distancia A (m)	Distancia B (m)	Distancia C (m)
Zona de Umbral (Lth)	Tramo 1	Luminaria 1	5.70	3.00	0.00	3.92
	Tramo 2	Luminaria 2	5.70	3.00	0.00	3.92
Zona de transición (Ltr)	Tramo 1	Luminaria 3	5.70	3.00	0.00	5.55
	Tramo 2	Luminaria 4	5.70	3.00	0.00	5.55
	Tramo 3	Luminaria 5	5.70	3.00	0.00	5.55
	Tramo 4	Luminaria 5	5.70	3.00	0.00	5.55
	Tramo 5	Luminaria 5	5.70	3.00	0.00	5.55
	Tramo 6	Luminaria 5	5.70	3.00	0.00	5.55
	Tramo 7	Luminaria 5	5.70	3.00	0.00	5.55
	Tramo 8	Luminaria 5	5.70	3.00	0.00	5.55
	Tramo 9	Luminaria 5	5.70	3.00	0.00	5.55
	Tramo 10	Luminaria 5	5.70	3.00	0.00	5.55
Zona interior (Lin)	Tramo 1	Luminaria 5	5.70	3.00	0.00	7.77

Notas:

1. Altura máxima del vehículo a circular en túnel punta olímpica de 4.3 metros
2. Altura máxima (galibo) del túnel de 6.5 metros
3. Ancho de la vía de 7.5 metros

A continuación, se muestran las figuras con vistas correspondientes en la instalación de las luminarias según los valores mostrados de la Tabla 4.15.

Figura N° 4.15 Vista frontal de los detalles de distancias entre luminarias

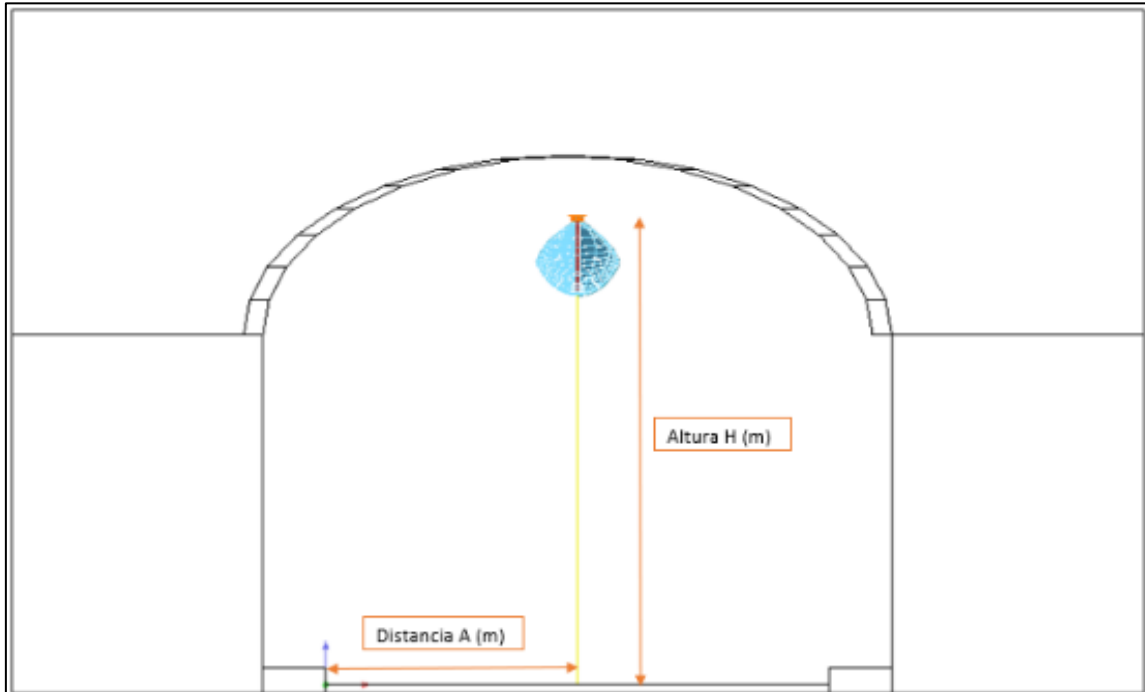
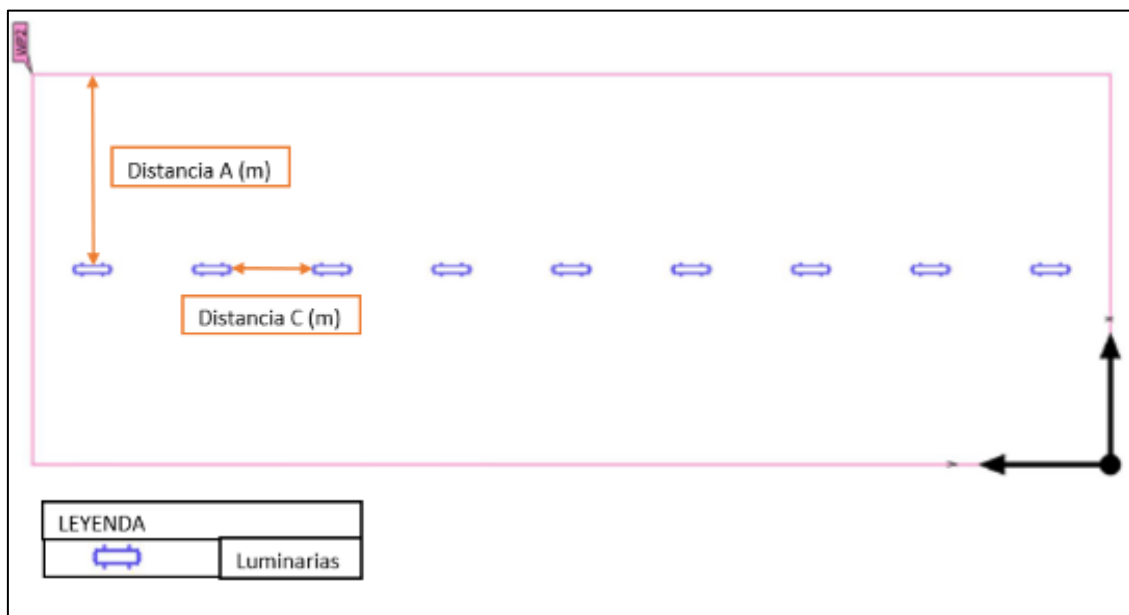


Figura N° 4.16 Vista de planta de los detalles de distancias entre luminarias



En la Tabla 4.16 se muestra el detalle de luminarias que estarán encendidas durante el día respecto a su distribución y a su posición en el lado Chacas.

Tabla 4.16 Detalle de las distancias para las luminarias encendidas durante el día lado Chacas

Zona	Tramo	Luminaria	Altura H (m)	Distancia A (m)	Distancia B (m)	Distancia C (m)
Zona de Umbral (Lth)	Tramo 1	Luminaria 1	5.70	1.50	3.00	1.96
	Tramo 2	Luminaria 2	5.70	1.50	3.00	5.88
Zona de transición (Ltr)	Tramo 1	Luminaria 3	5.70	1.50	3.00	1.96
	Tramo 2	Luminaria 4	5.70	1.50	3.00	5.88
	Tramo 3	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	1.15
	Tramo 4	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	1.85
	Tramo 5	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	2.08
	Tramo 6	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	2.78
	Tramo 7	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	3.33
	Tramo 8	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	4.17
	Tramo 9	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	4.17
	Tramo 10	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	5.55
Zona interior (Lin)	Tramo 2	Luminaria 5	5.70	1.50	3.00	7.77

Notas:

1. Altura máxima del vehículo a circular en túnel punta olímpica de 4.3 metros
2. Altura máxima (galibo) del túnel de 6.5 metros
3. Ancho de la vía de 7.5 metros

A continuación, se muestran las figuras con vistas correspondientes en la instalación de las luminarias según los valores mostrados de la Tabla 4.16.

Figura N° 4.17 Vista frontal de los detalles de distancias entre luminarias

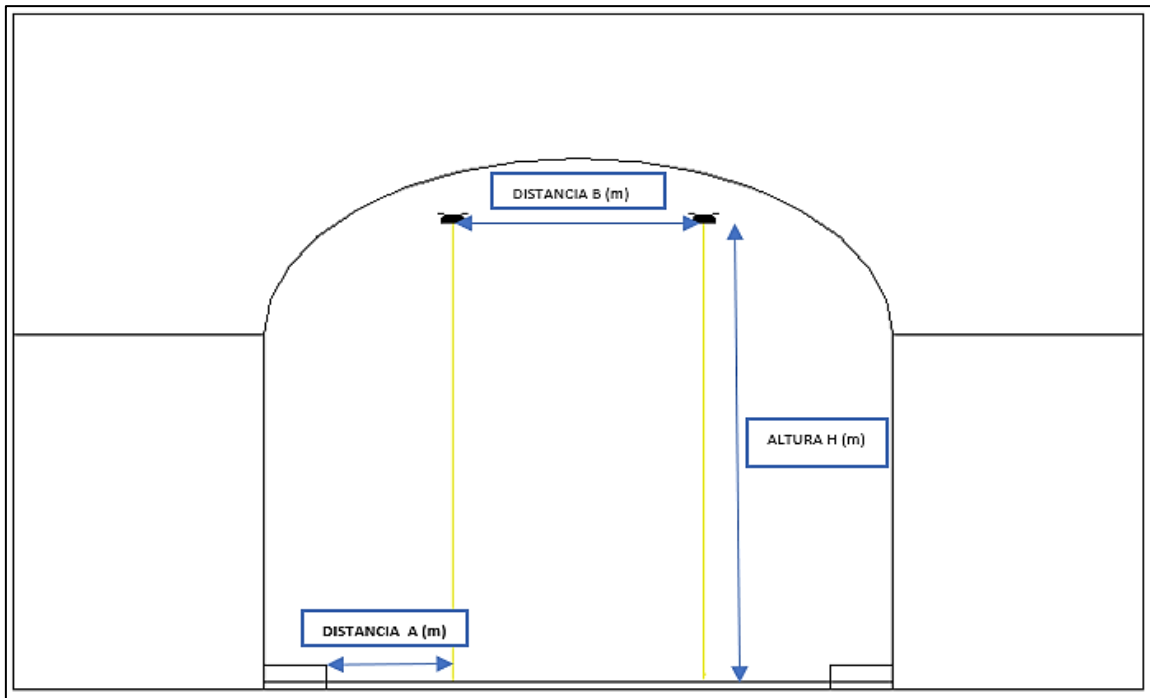
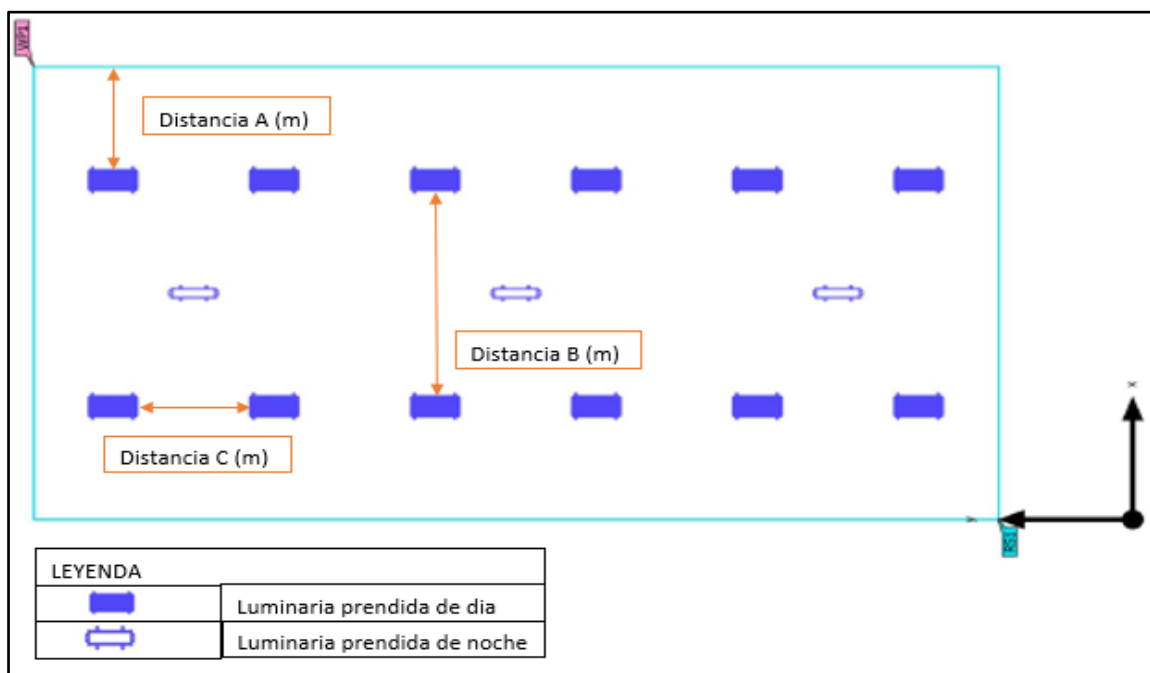


Figura N° 4.18 Vista de planta de los detalles de distancias entre luminarias



En la Tabla 4.17 se muestra el detalle de luminarias que estarán encendidas durante la noche respecto a su distribución y a su posición en el lado Chacas

Tabla 4.17 Detalle de las distancias para las luminarias encendidas durante la noche lado Chacas

Zona	Tramo	Luminaria	Altura H (m)	Distancia A (m)	Distancia B (m)	Distancia C (m)
<b>Zona de Umbral (Lth)</b>	Tramo 1	Luminaria 1	5.70	3.00	0.00	3.92
	Tramo 2	Luminaria 2	5.70	3.00	0.00	3.92
<b>Zona de transición (Ltr)</b>	Tramo 1	Luminaria 3	5.70	3.00	0.00	3.92
	Tramo 2	Luminaria 4	5.70	3.00	0.00	3.92
	Tramo 3	Luminaria 5	5.70	3.00	0.00	5.55
	Tramo 4	Luminaria 5	5.70	3.00	0.00	5.55
	Tramo 5	Luminaria 5	5.70	3.00	0.00	5.55
	Tramo 6	Luminaria 5	5.70	3.00	0.00	5.55
	Tramo 7	Luminaria 5	5.70	3.00	0.00	5.55
	Tramo 8	Luminaria 5	5.70	3.00 </td <td>0.00</td> <td>5.55</td>	0.00	5.55
	Tramo 9	Luminaria 5	5.70	3.00	0.00	5.55
	Tramo 10	Luminaria 5	5.70	3.00	0.00	5.55
<b>Zona interior (Lin)</b>	Tramo 2	Luminaria 5	5.70	3.00	0.00	7.77

Notas:

1. Altura máxima del vehículo a circular en túnel punta olímpica de 4.3 metros
2. Altura máxima (galibo) de 6.5 metros
3. Ancho de la vía de 7.5 metros

A continuación, se muestran las figuras con vistas correspondientes en la instalación de las luminarias según los valores mostrados de la Tabla 4.17.

Figura N° 4.19 Vista frontal de los detalles de distancias entre luminarias

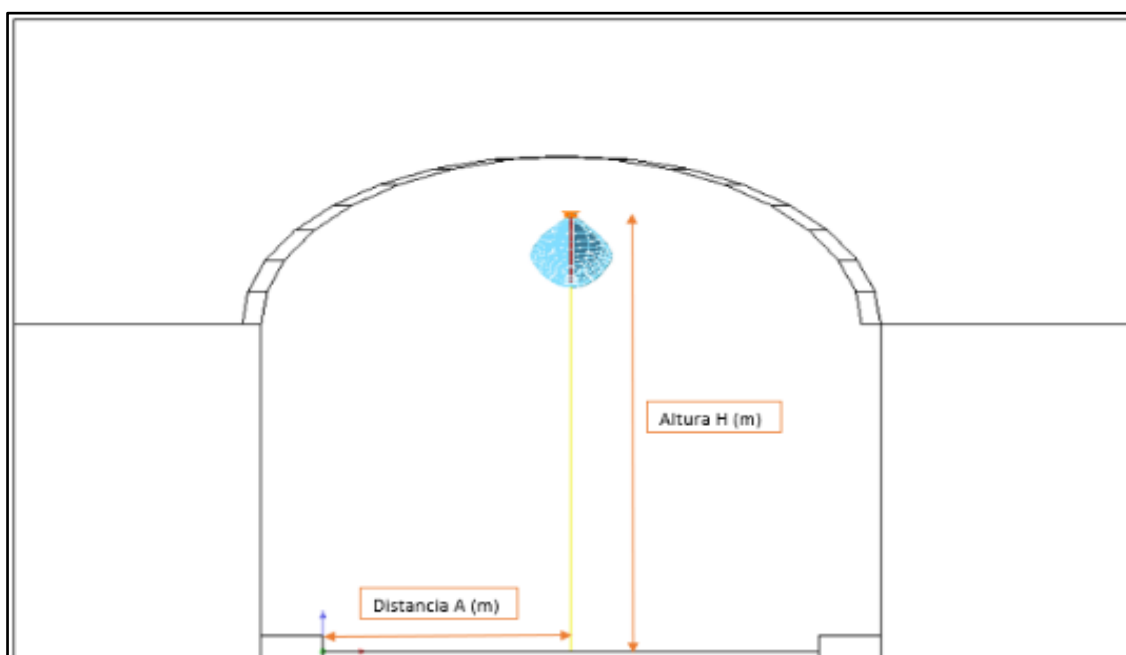
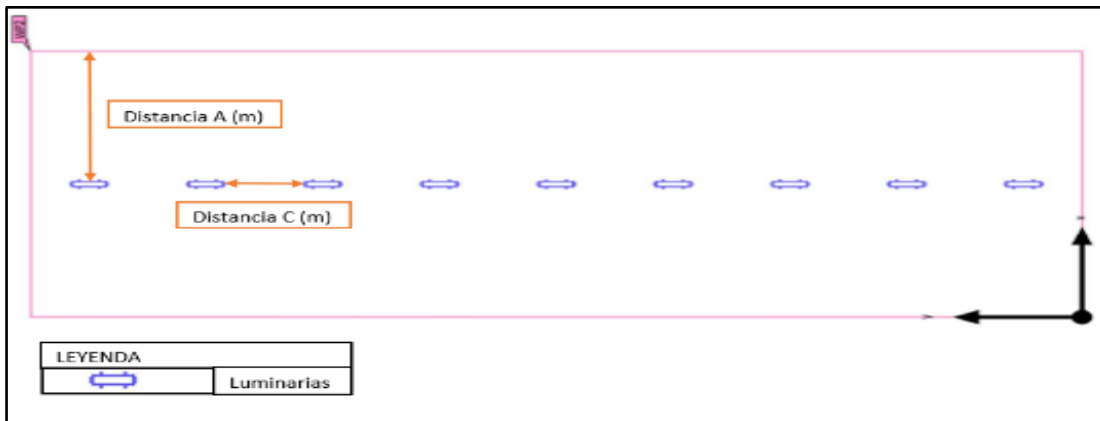




Figura N° 4.20 Vista de planta de los detalles de distancias entre luminarias



### Dimensionamiento de las instalaciones eléctricas

La distribución y alimentación de la energía para la red de alumbrado LED se conforma desde la acometida que es la línea de alimentación principal de energía la cual viene desde nuestro sistema fotovoltaico hasta nuestro tablero general y del tablero general se subdivide en tableros derivados la cual está conformado por los circuitos de la red de alumbrado LED, esto con el fin de mitigar la caída de tensión ya que los circuitos se extienden a lo largo del túnel.

Para este proyecto se dividió el túnel en dos partes, lado Huaraz y lado Chacas, las cuales son alimentadas con un sistema fotovoltaico cada lado. Es por ello que se cuenta con dos tableros generales, el tablero general 1 (TG-01) que se ubica en la parte externa de la entrada del lado Huaraz y el tablero general 2 (TG-02) que se ubica en la parte externa de la entrada del lado Chacas.

El cableado de las líneas de alimentación que parten desde los tableros generales ubicados en la parte externa de la entrada de cada lado, estarán enterrados hasta la entrada del túnel, luego pasaran por el interior de canaletas o bandejas metálicas sujetadas a la pared hasta llegar a los distintos tableros derivados, luego de los tableros derivados se distribuyen hacia los circuitos de la red de alumbrado led, de la misma forma mediante canaletas o bandejas metálicas. Todas las líneas y circuitos eléctricos estarán protegidos contra posibles cortocircuitos o fallas eléctricas, según lo establecido por el Código nacional de electricidad del Perú (CNE), Mediante Interruptores Termomagnéticos y diferenciales colocados en el tablero general y en los tableros derivados, con el objetivo de separar los eventuales defectos que puedan producirse más adelante.

Para dimensionar las instalaciones eléctricas se debe conocer la potencia instalada del túnel, las cuales se determinaron con la selección y distribución de luminarias. Tal como se muestra en la Tabla 4.18 y en la Tabla 4.19.

Tabla 4.18 Potencia por tramo y tablero Lado Huaraz

Zonas	Tablero	Tramos	Cantidad de luminarias	Potencia (W)	Pot. Nom (W)
<b>Umbral</b>	TD-01	Tramo 1	10.00	274.00	2740.00
			3.00	16.00	48.00
		Tramo 2	4.00	232.00	928.00
			3.00	16.00	48.00
<b>Transición</b>	TD-02	Tramo 1	6.00	106.00	636.00
			3.00	16.00	48.00
		Tramo 2	4.00	60.20	240.80
			3.00	16.00	48.00
	TD-03	Tramo 3	10.00	16.00	160.00
			3.00	16.00	48.00
		Tramo 4	5.00	16.00	80.00
			3.00	16.00	48.00
	TD-04	Tramo 5	4.00	16.00	64.00
			3.00	16.00	48.00
Tramo 6		2.00	16.00	32.00	
		3.00	16.00	48.00	
TD-05		Tramo 7	2.00	16.00	32.00
			3.00	16.00	48.00
	Tramo 8	1.00	16.00	16.00	
		3.00	16.00	48.00	
		Tramo 9	3.00	16.00	48.00
		Tramo 10	3.00	16.00	48.00
<b>Interior</b>	TD-06	Interior 1	7.00	16.00	112.00
	TD-07	Interior 2	7.00	16.00	112.00
	TD-08	Interior 3	7.00	16.00	112.00
	TD-09	Interior 4	7.00	16.00	112.00
	TD-10	Interior 5	7.00	16.00	112.00
	TD-11	Interior 6	7.00	16.00	112.00
	TD-12	Interior 7	7.00	16.00	112.00
	TD-13	Interior 8	7.00	16.00	112.00
	TD-14	Interior 9	7.00	16.00	112.00
	TD-15	Interior 10	7.00	16.00	112.00
	TD-16	Interior 11	7.00	16.00	112.00
	TD-17	Interior 12	7.00	16.00	112.00

Nota: Valores de potencia nominal según el tipo de luminaria, cantidad y la necesidad de luminancia requerida para cada zona

Tabla 4.19 Potencia por tramo y tablero Lado Chacas

Zonas	Tablero	Tramos	Cantidad de luminarias	Potencia (W)	Pot. Nom (W)	
Umbral	TD-01	Tramo 1	12.00	274.00	3288.00	
			3.00	16.00	48.00	
		Tramo 2	6.00	232.00	1392.00	
			3.00	16.00	48.00	
Transición	TD-02	Tramo 1	6.00	106.00	636.00	
			3.00	16.00	48.00	
		Tramo 2	6.00	60.20	361.20	
			3.00	16.00	48.00	
	TD-03	Tramo 3	12.00	16.00	192.00	
			3.00	16.00	48.00	
		Tramo 4	6.00	16.00	96.00	
			3.00	16.00	48.00	
	TD-04	Tramo 5	5.00	16.00	80.00	
			3.00	16.00	48.00	
		Tramo 6	3.00	16.00	48.00	
			3.00	16.00	48.00	
		TD-05	Tramo 7	2.00	16.00	32.00
				3.00	16.00	48.00
Tramo 8	1.00		16.00	16.00		
	3.00		16.00	48.00		
TD-06	Tramo 9	1.00	16.00	16.00		
		3.00	16.00	48.00		
	Tramo 10	3.00	16.00	48.00		
		3.00	16.00	48.00		
Interior	TD-06	Interior 1	7.00	16.00	112.00	
	TD-07	Interior 2	7.00	16.00	112.00	
	TD-08	Interior 3	7.00	16.00	112.00	
	TD-09	Interior 4	7.00	16.00	112.00	
	TD-10	Interior 5	7.00	16.00	112.00	
	TD-11	Interior 6	6.00	16.00	96.00	
	TD-12	Interior 7	4.00	16.00	64.00	

Nota: Valores de potencia nominal según el tipo de luminaria, cantidad y la necesidad de luminancia requerida para cada zona

### Dimensionamiento de la sección de conductores

Para el dimensionado de la sección de los conductores que se van a usar en las líneas de alimentación del tablero general a los tableros derivados y de los tableros derivados hacia cada circuito del alumbrado, se tendrá en cuenta la Caída de tensión las cuales están establecidas en la sección 050-102 del CNE, donde se menciona que “la caída de tensión no sea mayor a 2,5%” Ministerio de Energía y Minas (2006) .

Además, considerando un tipo de suministro Monofásico se empleó las siguientes fórmulas para la determinación de la sección del conductor:

Aplicando la ecuación (2.6)

$$I_N = \frac{Pot\ Nom}{Vx\ cos\ \phi}$$

Donde:

- $I_N$ : Corriente Nominal (A)
- Pot. Nom.: Potencia Nominal (W)
- V: Tensión de servicio = 220 V
- Cos  $\Phi$ : Factor de potencia = 0.9

Aplicando la ecuación (2.7)

$$\Delta V = KId \frac{\rho L}{S}$$

Donde:

- K: Monofásico k=2;
- Id: Corriente de diseño
- $\rho$ : Resistencia del conductor, cobre=0.0175 ohm-mm<sup>2</sup>/m
- $\Delta V$ : Caída de tensión admisible hasta 2.5%

Aplicando la ecuación (2.8)

$$\Delta V = KId \frac{\rho L}{S}$$

Donde:

- L: distancia en (m)
- I: Intensidad de corriente en (A)
- $\gamma$ : conductividad del cobre en (m/( $\Omega$ /mm<sup>2</sup>))
- $\Delta V$ : Caída de tensión en (V)

Con los datos de Potencia obtenidos en la Tabla 4.20 y en la Tabla 4.22, aplicando las ecuaciones, se obtiene la sección del conductor que va del tablero general hacia los tableros derivados los cuales se puede apreciar en la Tabla 4.21 para el lado Huaraz y en la Tabla 4.23 para el lado Chacas.

Tabla 4.20 Resultados de los cálculos de la sección de conductor lado Huaraz

Puntos de cálculo	Pot. Nom (W)	Corriente de diseño (A)	Longitud de conductor (m)	Sección de Conductor (mm <sup>2</sup> )	Caída de tensión (%)
De TG-01 a TD-01	3764	23.76	18.4	10	1.39
De TG-01 a TD-02	972.8	6.14	51.6	6	1.68
De TG-01 a TD-03	336	2.12	84.8	4	1.43
De TG-01 a TD-04	192	1.21	118	4	1.14
De TG-01 a TD-05	240	1.52	151.2	4	1.82
De TG-01 a TD-06	112	0.71	206.2	4	1.16
De TG-01 a TD-07	112	0.71	261.2	4	1.47
De TG-01 a TD-08	112	0.71	316.2	4	1.78
De TG-01 a TD-09	112	0.71	371.2	4	2.09
De TG-01 a TD-10	112	0.71	426.2	6	1.60
De TG-01 a TD-11	112	0.71	481.2	6	1.80
De TG-01 a TD-12	112	0.71	536.2	6	2.01
De TG-01 a TD-13	112	0.71	591.2	6	2.22
De TG-01 a TD-14	112	0.71	646.2	6	2.42
De TG-01 a TD-15	112	0.71	701.2	10	1.58
De TG-01 a TD-16	112	0.71	756.2	10	1.70
De TG-01 a TD-17	112	0.71	811.2	10	1.83

Notas:

1. Valores obtenidos de corriente de diseño, sección de conductor y caída de tensión aplicando las ecuaciones (2.6), (2.7) y (2.8)
2. Valores de longitud del conductor para cada tablero de distribución según su ubicación según la zona del túnel.

Con el cálculo obtenido de la sección del conductor en la tabla anterior, se realiza la selección del tipo de conductor el cual es el RZ1-K 0,6/1KV y tubería a emplear de PVC corrugado flexible 25 mm, según criterio de diseñador, para mayor detalle se muestra la siguiente tabla a continuación.

Tabla 4.21 Selección de conductores para los tableros derivados lado Huaraz

Puntos de cálculo	Sección de conductor (mm <sup>2</sup> )	Conductor a emplear		Tuberías		
De TG-01 a TD-01	10	2x10mm <sup>2</sup> 0,6/1KV	+ 1x2.5mm <sup>2</sup>	RZ1-K	PVC corrugado flexible	25 mm
De TG-01 a TD-02	6	2x6mm <sup>2</sup> 0,6/1KV	+ 1x2.5mm <sup>2</sup>	RZ1-K	PVC corrugado flexible	20 mm
De TG-01 a TD-03	4	2x4mm <sup>2</sup> 0,6/1KV	+ 1x2.5mm <sup>2</sup>	RZ1-K	PVC corrugado flexible	20 mm
De TG-01 a TD-04	4	2x4mm <sup>2</sup> 0,6/1KV	+ 1x2.5mm <sup>2</sup>	RZ1-K	PVC corrugado flexible	20 mm
De TG-01 a TD-05	4	2x4mm <sup>2</sup> 0,6/1KV	+ 1x2.5mm <sup>2</sup>	RZ1-K	PVC corrugado flexible	20 mm
De TG-01 a TD-06	4	2x4mm <sup>2</sup> 0,6/1KV	+ 1x2.5mm <sup>2</sup>	RZ1-K	PVC corrugado flexible	20 mm
De TG-01 a TD-07	4	2x4mm <sup>2</sup> 0,6/1KV	+ 1x2.5mm <sup>2</sup>	RZ1-K	PVC corrugado flexible	20 mm
De TG-01 a TD-08	4	2x4mm <sup>2</sup> 0,6/1KV	+ 1x2.5mm <sup>2</sup>	RZ1-K	PVC corrugado flexible	20 mm
De TG-01 a TD-09	4	2x4mm <sup>2</sup> 0,6/1KV	+ 1x2.5mm <sup>2</sup>	RZ1-K	PVC corrugado flexible	20 mm
De TG-01 a TD-10	6	2x6mm <sup>2</sup> 0,6/1KV	+ 1x2.5mm <sup>2</sup>	RZ1-K	PVC corrugado flexible	20 mm
De TG-01 a TD-11	6	2x6mm <sup>2</sup> 0,6/1KV	+ 1x2.5mm <sup>2</sup>	RZ1-K	PVC corrugado flexible	20 mm
De TG-01 a TD-12	6	2x6mm <sup>2</sup> 0,6/1KV	+ 1x2.5mm <sup>2</sup>	RZ1-K	PVC corrugado flexible	20 mm
De TG-01 a TD-13	6	2x6mm <sup>2</sup> 0,6/1KV	+ 1x2.5mm <sup>2</sup>	RZ1-K	PVC corrugado flexible	20 mm
De TG-01 a TD-14	6	2x6mm <sup>2</sup> 0,6/1KV	+ 1x2.5mm <sup>2</sup>	RZ1-K	PVC corrugado flexible	20 mm
De TG-01 a TD-15	10	2x10mm <sup>2</sup> 0,6/1KV	+ 1x2.5mm <sup>2</sup>	RZ1-K	PVC corrugado flexible	25 mm
De TG-01 a TD-16	10	2x10mm <sup>2</sup> 0,6/1KV	+ 1x2.5mm <sup>2</sup>	RZ1-K	PVC corrugado flexible	25 mm
De TG-01 a TD-17	10	2x10mm <sup>2</sup> 0,6/1KV	+ 1x2.5mm <sup>2</sup>	RZ1-K	PVC corrugado flexible	25 mm

Notas:

1. Conductor a emplear según el cálculo obtenido de la sección del calibre del conductor.
2. Tubería de protección a utilizar según la sección del calibre del conductor.

De igual manera para el lado Chacas, se procede a determinar la corriente de diseño, la sección del conductor y la caída de tensión de los tableros de distribución de los circuitos.

Tabla 4.22 Resultados de los cálculos de la sección de conductor lado Chacas

Puntos de calculo	Pot. Nom (W)	Corriente de diseño (A)	Longitud de conductor (m)	Sección de conductor (mm <sup>2</sup> )	Caída de tensión (%)
De TG-02 a TD-01	4776	30.15	21.5	10	2.06
De TG-02 a TD-02	1093	6.90	54.7	6	2.00
De TG-02 a TD-03	384	2.42	87.9	4	1.69
De TG-02 a TD-04	224	1.41	121.1	4	1.36
De TG-02 a TD-05	256	1.62	154.3	4	1.98
De TG-02 a TD-06	112	0.71	209.3	4	1.17
De TG-02 a TD-07	112	0.71	264.3	4	1.48
De TG-02 a TD-08	112	0.71	319.3	4	1.79
De TG-02 a TD-09	112	0.71	374.3	4	2.10
De TG-02 a TD-10	112	0.71	429.3	6	1.61
De TG-02 a TD-11	96	0.61	484.3	6	1.55
De TG-02 a TD-12	64	0.40	534.3	6	1.14

Notas:

1. Valores obtenidos de corriente de diseño, sección de conductor y caída de tensión aplicando las ecuaciones (2.6), (2.7) y (2.8)
2. Valores de longitud del conductor para cada tablero de distribución según su ubicación según la zona del túnel.

Con el cálculo obtenido de la sección del conductor en la tabla anterior, se realiza la selección del tipo de conductor y tubería a emplear según criterio de diseñador, el cual se muestra la siguiente tabla a continuación.

Tabla 4.23 Selección de conductores para los tableros derivados lado Chacas

Puntos de cálculo	Sección de Conductor (mm <sup>2</sup> )	Conductor a emplear	Tuberías
De TG-02 a TD-01	10	2x10mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 25 mm
De TG-02 a TD-02	6	2x6mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
De TG-02 a TD-03	4	2x4mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
De TG-02 a TD-04	4	2x4mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
De TG-02 a TD-05	4	2x4mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
De TG-02 a TD-06	4	2x4mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
De TG-02 a TD-07	4	2x4mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
De TG-02 a TD-08	4	2x4mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
De TG-02 a TD-09	4	2x4mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm

Puntos de cálculo	Sección de Conductor (mm <sup>2</sup> )	Conductor a emplear	Tuberías
De TG-02 a TD-10	6	2x6mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
De TG-02 a TD-11	6	2x6mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
De TG-02 a TD-12	6	2x6mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm

Notas:

1. Conductor a emplear según el cálculo obtenido de la sección del calibre del conductor.
2. Tubería de protección a utilizar según la sección del calibre del conductor.

Obtenido los valores para del cálculo de los conductores para cada tablero de distribución, es necesario determinar los circuitos eléctricos que tendrá cada tablero de distribución, para ello se muestra la siguiente tabla.

Tabla 4IV.24 Potencia por circuito de cada tablero derivado lado Huaraz

Tablero de Distribución	Circuito	Descripción de la luminaria	Cantidad de luminarias	Potencia (W)	Pot. Nom (W)
TD-01	C-01	TAG 2 / 5234 / 128 LEDs 700mA (274W)	12	274	3288
	C-02	TAG 2 / 5162 / 128 LEDs 600mA (232W)	6	232	1392
	C-03	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	6	16	96
	C-04	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-02	C-01	TAG 1 / 5236 / 48 LEDs 700mA(106W)	6	106	636
	C-02	TAG 1 / 5239 / 48 LEDs 400mA (60.2W)	6	60.2	361.2
	C-03	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	6	16	96
	C-04	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-03	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	15	16	240
	C-02	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	6	16	96
	C-03	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-04	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	8	16	128
	C-02	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	6	16	96
	C-03	Corriente de reserva	1	1000	1000



Tablero de Distribución	Circuito	Descripción de la luminaria	Cantidad de luminarias	Potencia (W)	Pot. Nom (W)
TD-05	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	12	16	192
	C-02	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	3	16	48
	C-03	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-06	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	7	16	112
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-07	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	7	16	112
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-08	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	7	16	112
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-09	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	7	16	112
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-10	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	7	16	112
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-11	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	7	16	112
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-12	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	7	16	112
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-13	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	7	16	112
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-14	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	7	16	112
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-15	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	7	16	112
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-16	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	7	16	112
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-17	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	7	16	112
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000

Nota: Corriente de reserva para futuras instalaciones eléctricas

Realizando el mismo procedimiento para los circuitos eléctricos de los tableros de distribución del lado Chacas, se muestra la siguiente tabla.

Tabla 4.25 Potencia por circuito de cada tablero derivado lado Chacas

Tablero de Distribución	Circuito	Descripción de la luminaria	Cantidad de luminarias	Potencia (W)	Pot. Nom (W)
TD-01	C-01	TAG 2 / 5234 / 128 LEDs 700mA (274W)	10	274	2740
	C-02	TAG 2 / 5162 / 128 LEDs 600mA (232W)	4	232	928
	C-03	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	6	16	96
	C-04	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-02	C-01	TAG 1 / 5236 / 48 LEDs 700mA(106W)	6	106	636
	C-02	TAG 1 / 5239 / 48 LEDs 400mA (60.2W)	4	60.2	240.8
	C-03	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	6	16	96
	C-04	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-03	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	18	16	288
	C-02	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	6	16	96
	C-03	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-04	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	6	16	96
	C-02	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	6	16	96
	C-03	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-05	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	4	16	64
	C-02	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	12	16	192
	C-03	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-06	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	7	16	112
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-07	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	7	16	112
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-08	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	7	16	112
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-09	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	7	16	112
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-10	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	7	16	112
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000

Tablero de Distribución	Circuito	Descripción de la luminaria	Cantidad de luminarias	Potencia (W)	Pot. Nom (W)
TD-11	C-01	CONTELED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	6	16	96
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000
TD-12	C-01	CONTELED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	4	16	64
	C-02	Corriente de reserva	1	1000	1000

Nota: Corriente de reserva para futuras instalaciones eléctricas

Teniendo los datos de potencia de cada circuito por tablero procedemos a determinar la sección del conductor de cada circuito en la tabla a continuación, el procedimiento a seguir es el mismo como lo realizado en la Tabla 4.20 y en la Tabla 4.22

Tabla 4.26 Resultados de los cálculos de la sección de conductores de los circuitos de alumbrado lado Huaraz

Tablero de Distribución	Circuito	Pot. Nom (W)	Corriente de diseño (A)	Longitud de conductor (m)	Sección de Conductor (mm <sup>2</sup> )	Caída de tensión (%)
TD-01	C-01	3288	16.61	41.16	6	1.81
	C-02	1392	7.03	26.18	2.5	1.17
	C-03	96	0.48	30.9	2.5	0.1
	C-04	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-02	C-01	636	3.21	37.92	2.5	0.78
	C-02	361	1.82	30.96	2.5	0.36
	C-03	96	0.48	35.98	2.5	0.11
	C-04	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-03	C-01	240	1.21	50.1	2.5	0.39
	C-02	96	0.48	44.63	2.5	0.14
	C-03	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-04	C-01	128	0.65	46.5	2.5	0.19
	C-02	96	0.48	46.5	2.5	0.14
	C-03	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-05	C-01	192	0.97	35.72	2.5	0.22
	C-02	48	0.24	83.09	2.5	0.13
	C-03	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-06	C-01	112	0.57	64.3	2.5	0.23
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-07	C-01	112	0.57	64.3	2.5	0.23
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32

Continuación

Tablero de Distribución	Circuito	Pot. Nom (W)	Corriente de diseño (A)	Longitud de conductor (m)	Sección de conductor (mm <sup>2</sup> )	Caída de tensión (%)
TD-08	C-01	112	0.57	64.3	2.5	0.23
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-09	C-01	112	0.57	64.3	2.5	0.23
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-10	C-01	112	0.57	64.3	2.5	0.23
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-11	C-01	112	0.57	64.3	2.5	0.23
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-12	C-01	112	0.57	64.3	2.5	0.23
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-13	C-01	112	0.57	64.3	2.5	0.23
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-14	C-01	112	0.57	64.3	2.5	0.23
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-15	C-01	112	0.57	64.3	2.5	0.23
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-16	C-01	112	0.57	64.3	2.5	0.23
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-17	C-01	112	0.57	64.3	2.5	0.23
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32

Notas:

1. Valores obtenidos de corriente de diseño, sección de conductor y caída de tensión aplicando las ecuaciones (2.6), (2.7) y (2.8)
2. Valores de longitud del conductor para cada tablero de distribución hacia las luminarias

Con el cálculo obtenido de la sección del conductor en la tabla anterior, se realiza la selección del tipo de conductor y tubería a emplear según criterio de diseñador, el cual se muestra la siguiente tabla a continuación.

Tabla 4.27 Selección de conductores para los circuitos de alumbrado lado Huaraz

Tablero de Distribución	Circuito	Sección de conductor (mm <sup>2</sup> )	Conductor a emplear	Tuberías
TD-01	C-01	6	2x6mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-03	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-04	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-02	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-03	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-04	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-03	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-03	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-04	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-03	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-05	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-03	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-06	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-07	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-08	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-09	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm

Tablero de Distribución	Circuito	Sección de conductor (mm <sup>2</sup> )	Conductor a emplear	Tuberías
TD-10	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-11	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-12	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-13	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-14	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-15	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-16	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-17	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm

## Notas:

1. Conductor a emplear según el cálculo obtenido de la sección del calibre del conductor.
2. Tubería de protección a utilizar según la sección del calibre del conductor.

De igual manera para el lado Chacas, se procede a determinar la corriente de diseño, la sección del conductor y la caída de tensión de los tableros de distribución de los circuitos hacia las luminarias.

Tabla 4.28 Resultados de los cálculos de la sección de conductores de los circuitos de alumbrado lado Chacas

Tablero de Distribución	Circuito	Pot. Nom (W)	Corriente de diseño (A)	Longitud de conductor (m)	Sección de conductor (mm <sup>2</sup> )	Caída de tensión (%)
TD-01	C-01	2740	13.84	43.62	6	1.6
	C-02	928	4.69	33.45	2.5	1
	C-03	96	0.48	35.43	2.5	0.11
	C-04	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-02	C-01	636	3.21	37.52	2.5	0.77
	C-02	241	1.22	37.46	2.5	0.29
	C-03	96	0.48	45.8	2.5	0.14
	C-04	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-03	C-01	288	1.45	55.04	2.5	0.51
	C-02	96	0.48	40.8	2.5	0.13
	C-03	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-04	C-01	96	0.48	51.42	2.5	0.16
	C-02	96	0.48	44.82	2.5	0.14
	C-03	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-05	C-01	64	0.32	56.7	2.5	0.12
	C-02	192	0.97	83.09	2.5	0.51
	C-03	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-06	C-01	112	0.57	64.3	2.5	0.23
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-07	C-01	112	0.57	64.3	2.5	0.23
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-08	C-01	112	0.57	64.3	2.5	0.23
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-09	C-01	112	0.57	64.3	2.5	0.23
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-10	C-01	112	0.57	64.3	2.5	0.23
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-11	C-01	96	0.48	55.61	2.5	0.17
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32
TD-12	C-01	64	0.32	38.66	2.5	0.08
	C-02	1000	5.05	10	2.5	0.32

Notas:

1. Valores obtenidos de corriente de diseño, sección de conductor y caída de tensión aplicando las ecuaciones (2.6), (2.7) y (2.8)
2. Valores de longitud del conductor para cada tablero de distribución hacia las luminarias

Con el cálculo obtenido de la sección del conductor en los tableros de distribución hacia las luminarias a instalar en lado chacas en la tabla anterior, se realiza la selección del tipo de conductor y tubería a emplear según criterio de diseñador, el cual se muestra la siguiente tabla a continuación.

Tabla 4.29 Selección de conductores para los circuitos de alumbrado lado Chacas

Tablero de Distribución	Circuito	Sección de Conductor (mm <sup>2</sup> )	Conductor a emplear	Tuberías
TD-01	C-01	6	2x6mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-03	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-04	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-02	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-03	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-04	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-03	C-01	2.5	2x6mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-03	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-04	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-03	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-05	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-03	2.5	2x6mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-06	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-07	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-08	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm



Tablero de Distribución	Circuito	Sección de conductor (mm <sup>2</sup> )	Conductor a emplear	Tuberías
TD-09	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x6mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-10	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-11	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
TD-12	C-01	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm
	C-02	2.5	2x2.5mm <sup>2</sup> + 1x2.5mm <sup>2</sup> RZ1-K 0,6/1KV	PVC corrugado flexible 20 mm

Notas:

1. Conductor a emplear según el cálculo obtenido de la sección del calibre del conductor.
2. Tubería de protección a utilizar según la sección del calibre del conductor.

### Diseño para interruptor termomagnéticos de cada corriente

Para el cálculo de la llave Termomagnética se tomó en base a la corriente de diseño de cada línea de alimentación en el tablero general y en los circuitos de alumbrado de los tableros derivados, para ello se aplica la ecuación (2.6).

$$I_N = \frac{Pot\ Nom}{Vx\ cos\ \phi}$$

Donde:

- $I_N$ : Corriente Nominal (A)
- Pot. Nom.: Potencia Nominal (W)
- V: Tensión de servicio = 220 V
- Cos  $\Phi$ : Factor de potencia = 0.9

A continuación, en la siguiente tabla se muestra la capacidad obtenida en Ampere del dispositivo de protección para cada circuito de los tableros de distribución en el lado Huaraz el cual cuenta con el tablero general TG-01.

Tabla 4.30 Interruptores Termomagnéticas en TG-01

Tablero General	Tableros derivados	Circuito	Descripción	Diferencia de potencial (V)	Pot. Nom (W)	Capacidad de llave (A)	ITM (A)
TG-01	TD-01	C-100	Zona umbral tramo 1 y 2	220	3764	21.4	25
	TD-02	C-200	Zona de transición tramo 1 y 2	220	972.8	5.5	20
	TD-03	C-300	Zona de transición tramo 3 y 4	220	336	1.9	20
	TD-04	C-400	Zona de transición tramo 5 y 6	220	192	1.1	20
	TD-05	C-500	Zona de transición tramo 7, 8, 9 y 10	220	240	1.4	20
	TD-06	C-600	Zona interior 1	220	112	0.6	20
	TD-07	C-700	Zona interior 2	220	112	0.6	20
	TD-08	C-800	Zona interior 3	220	112	0.6	20
	TD-09	C-900	Zona interior 4	220	112	0.6	20
	TD-10	C-1000	Zona interior 5	220	112	0.6	20
	TD-11	C-1100	Zona interior 6	220	112	0.6	20
	TD-12	C-1200	Zona interior 7	220	112	0.6	20
	TD-13	C-1300	Zona interior 8	220	112	0.6	20
	TD-14	C-1400	Zona interior 9	220	112	0.6	20
	TD-15	C-1500	Zona interior 10	220	112	0.6	20
	TD-16	C-1600	Zona interior 11	220	112	0.6	20
	TD-17	C-1700	Zona interior 12	220	112	0.6	20

Notas:

1. Capacidad de la llave en ampere se obtiene aplicando la ecuación (2.6)
2. El valor de ITM en ampere, debe ser superior al valor de la capacidad de la corriente de diseño.

De igual manera, en la siguiente tabla se muestra la capacidad obtenida en Ampere del dispositivo de protección para cada circuito de los tableros de distribución en el lado Chacas el cual cuenta con el tablero general TG-02.

Tabla 4.31 Interruptores Termomagnéticas en TG-02

Tablero General	Tableros derivados	Circuito	Descripción	Diferencia de potencial (V)	Pot. Nom (W)	Capacidad de llave (A)	ITM (A)
TG-02	TD-01	C-100	Zona umbral tramo 1 y 2	220	4776	27.1	32
	TD-02	C-200	Zona de transición tramo 1 y 2	220	1093.2	6.2	20
	TD-03	C-300	Zona de transición tramo 3 y 4	220	384	2.2	20
	TD-04	C-400	Zona de transición tramo 5 y 6	220	224	1.3	20

Continuación

Tablero General	Tableros derivados	Circuito	Descripción	Diferencia de potencial (V)	Pot. Nom (W)	Capacidad de llave (A)	ITM (A)
TG-02	TD-05	C-500	Zona de transición tramo 7, 8, 9 y 10	220	256	1.5	20
	TD-06	C-600	Zona interior 1	220	112	0.6	20
	TD-07	C-700	Zona interior 2	220	112	0.6	20
	TD-08	C-800	Zona interior 3	220	112	0.6	20
	TD-09	C-900	Zona interior 4	220	112	0.6	20
	TD-10	C-1000	Zona interior 5	220	112	0.6	20
	TD-11	C-1100	Zona interior 6	220	96	0.5	20
	TD-12	C-1200	Zona interior 7	220	64	0.4	20

Notas:

1. Capacidad de la llave en ampere se obtiene aplicando la ecuación (2.6)
2. El valor de ITM en ampere, debe ser superior al valor de la capacidad de la corriente de diseño.

De igual manera, es necesario realizar el cálculo de los dispositivos de protección en los tableros de distribución que alimentan los circuitos de alumbrado, para el lado Huaraz, tenemos los siguientes valores en la tabla a continuación.

Tabla 4.32 Interruptores Termomagnéticas en los tableros derivados lado Huaraz

Tablero General	Circuito	Descripción	Diferencia de potencial (V)	Pot. Nom (W)	Capacidad de llave (A)	ITM (A)
TD-01	C-01	TAG 2 / 5234 / 128 LEDs 700mA (274W)	220	3288	18.7	20
	C-02	TAG 2 / 5162 / 128 LEDs 600mA (232W)	220	1392	7.9	16
	C-03	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	96	0.5	16
	C-04	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-02	C-01	TAG 1 / 5236 / 48 LEDs 700mA(106W)	220	636	3.6	16
	C-02	TAG 1 / 5239 / 48 LEDs 400mA (60.2W)	220	361.2	2.1	16
	C-03	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	96	0.5	16
	C-04	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-03	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	240	1.4	16
	C-02	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	96	0.5	16
	C-03	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-04	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	128	0.7	16
	C-02	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	96	0.5	16
	C-03	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16

Tablero General	Circuito	Descripción	Diferencia de potencial (V)	Pot. Nom (W)	Capacidad de llave (A)	ITM (A)
TD-05	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	192	1.1	16
	C-02	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	48	0.3	16
	C-03	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-06	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	112	0.6	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-07	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	112	0.6	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-08	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	112	0.6	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-09	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	112	0.6	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-10	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	112	0.6	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-11	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	112	0.6	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-12	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	112	0.6	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-13	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	112	0.6	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-14	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	112	0.6	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-15	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	112	0.6	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-16	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	112	0.6	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-17	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	112	0.6	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16

## Notas:

1. Capacidad de la llave en ampere se obtiene aplicando la ecuación (2.6)
2. El valor de ITM en ampere, debe ser superior al valor de la capacidad de la corriente de diseño.

En el lado Chacas, el cálculo de los dispositivos de protección en los tableros de distribución que alimentan los circuitos de alumbrado, se visualizan en la siguiente tabla.

Tabla 4.33 Interruptores Termomagnéticas en los tableros derivados lado Chacas

Tablero General	Circuito	Descripción	Diferencia de potencial (V)	Pot. Nom (W)	Capacidad de llave (A)	ITM (A)
TD-01	C-01	TAG 2 / 5234 / 128 LEDs 700mA (274W)	220	2740	15.6	20
	C-02	TAG 2 / 5162 / 128 LEDs 600mA (232W)	220	928	5.3	16
	C-03	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	96	0.5	16
	C-04	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-02	C-01	TAG 1 / 5236 / 48 LEDs 700mA(106W)	220	636	3.6	16
	C-02	TAG 1 / 5239 / 48 LEDs 400mA (60.2W)	220	240.8	1.4	16
	C-03	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	96	0.5	16
	C-04	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-03	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	288	1.6	16
	C-02	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	96	0.5	16
	C-03	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-04	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	96	0.5	16
	C-02	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	96	0.5	16
	C-03	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-05	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	64	0.4	16
	C-02	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	192	1.1	16
	C-03	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-06	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	112	0.6	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-07	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	112	0.6	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-08	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	112	0.6	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-09	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	112	0.6	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16

Continuación

Tablero General	Circuito	Descripción	Diferencia de potencial (V)	Pot. Nom (W)	Capacidad de llave (A)	ITM (A)
TD-10	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	112	0.6	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-11	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	96	0.5	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16
TD-12	C-01	CONTILED 1 / 5103 / 16 LEDs 350mA (16W)	220	64	0.4	16
	C-02	Corriente de reserva	220	1000	5.7	16

Notas:

1. Capacidad de la llave en ampere se obtiene aplicando la ecuación (2.6)
2. El valor de ITM en ampere, debe ser superior al valor de la capacidad de la corriente de diseño.

### Sistema de puesta a Tierra

Se colocó los pozos a tierra para cada tablero general y luego dependiendo de la carga de cada tablero derivado se coloca un pozo a tierra por cada dos o tres tableros derivados, las cuales se podrá apreciar en el diagrama unifilar de los planos eléctricos que están en el anexo de los planos eléctricos

La resistencia está dada por la ecuación (2.9)

$$R = \frac{\rho L}{S}$$

Donde:

- R: Resistencia (ohm)
- p: Resistividad del suelo (ohm -m)
- L: Prof. Del Pozo (m)
- S: Sección del Pozo (m2)

Figura N° 4.21 Resistividad de varios tipos de suelo

NATURALEZA DEL TERRENO	Resistividad en $\Omega \cdot m$
Terrenos Pantanosos	De algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba Húmeda	5 a 100
Arcilla Plástica	50 a 100
Marga y Arcillas Compactas	100 a 200
Margas del jurásico	30 a 40
Arena Arcillosa	50 a 500
Arena Silíceo	200 a 3000
Suelo Pedregoso Cubierto de Césped	300 a 500
Suelo Pedregoso Desnudo	1,500 a 3,000
Calizas Blandas	100 a 300
Calizas Compactas	1,000 a 5,000
Calizas Agrietadas	500 a 1,000
Pizarras	50 a 300
Granito y Gres procedentes de Alteraciones	1,500 a 10,000
Roca Ígnea	5,000 a 15,000

Fuente: Tomado de "La Resistividad del suelo en función de la frecuencia" de Sanz, Duque y Gómez (2010 pág. 2)

Según la siguiente tabla extraída de la regla 330-130 Tabla 24 CNE

Figura N° 4.22 Mínima resistencia de aislamiento para instalaciones

Tensión nominal de la instalación	Tensión de ensayo en corriente continua [V]	Resistencia de aislamiento [M $\Omega$ ]
Muy baja tensión de seguridad	250	$\geq 0,25$
Muy baja tensión de protección		
Inferior o igual a 500 V, excepto los casos anteriores	500	$\geq 0,5$
Superior a 500 V	1 000	$\geq 1,0$

Fuente: Tomado del "Código Nacional de Electricidad" de MINEM (2006)

Para un terreno Arena Arcilloso según la Figura N° 4.24 la resistividad oscila entre <50 – 500> (ohm-m), consideramos 500 (ohm -m) en el peor de los casos para una resistencia aparente

Longitud para la profundidad de pozo de 2.40 m

Considerando una sección proporcional aproximada a la longitud de la profundidad del pozo se consideró una sección de (2m X 2m) = 4 m<sup>2</sup>

Usando los datos se obtiene una resistencia R = 300 ohmios

la resistencia sugerida según la regla 330-130 Tabla 24 CNE nombrada en la

Figura N° 4.22 es de 0.25 ohmios por lo que se bajara la resistividad del terreno mediante aditivos como cemento conductivo, bentonita sódica y otros aditivos químicos

Para determinar la sección del electrodo de cobre que se colocara en el pozo a tierra se hizo uso de la ecuación (2.10)

$$R = \frac{\rho_e}{2\pi L} * \ln \left( \frac{2L}{a} \right)$$

Donde:

- R: Resistencia (ohm)
- $\rho_e$ : Resistividad del suelo (ohm -m)
- L: Prof. Del Pozo (m)
- a: Sección del electrodo (m<sup>2</sup>)

Del cálculo anterior se tiene que:

R: Resistencia (ohm) = 300 ohmios

$\rho_e$ : Resistividad del suelo (ohm -m) = 500 (ohm -m)

L: Prof. Del Pozo (m) = 2.40 m

Reemplazando en la formula se tiene que la sección del electrodo de cobre es:

a = 0.000565 m<sup>2</sup>

por lo que el radio del electrodo de cobre en milímetros es:

r = 13.81 mm

comercialmente se recomienda usar la varilla de cobre de 3/4" x 2.4 m

### **Cálculo de la potencia nominal**

Para el cálculo de la potencia nominal, se deberá tener en cuenta la potencia del equipo, el cual se obtiene a partir de las fichas técnicas, la cantidad de luminarias requeridas para la red de alumbrado, los cuales se obtuvieron del resultado de la simulación para obtener los niveles de luminancia por cada zona del túnel.

### **Determinación de la potencia nominal de las luminarias prendidas durante el día lado Huaraz**

Teniendo en cuenta el tipo de la luminaria seleccionada para la iluminación del túnel durante el día, se tiene la potencia requerida, el cual es de 6.848 KW según el detalle de la Tabla 4.34



Tabla 4.34 Potencia nominal de luminarias durante el día del lado Huaraz

Zonas	Tramo	Tipo de luminarias	Cantidad	Potencia (W)	Pot. Nom. (W)
Umbral (Lth)	Tramo 1	Luminaria 1	10.00	274.00	2740.00
	Tramo 2	Luminaria 2	4.00	232.00	928.00
Transición (Ltr)	Tramo 1	Luminaria 3	6.00	106.00	636.00
	Tramo 2	Luminaria 4	4.00	60.20	240.80
	Tramo 3	Luminaria 5	13.00	16.00	208.00
	Tramo 4	Luminaria 5	8.00	16.00	128.00
	Tramo 5	Luminaria 5	7.00	16.00	112.00
	Tramo 6	Luminaria 5	5.00	16.00	80.00
	Tramo 7	Luminaria 5	5.00	16.00	80.00
	Tramo 8	Luminaria 5	4.00	16.00	64.00
	Tramo 9	Luminaria 5	3.00	16.00	48.00
	Tramo 10	Luminaria 5	3.00	16.00	48.00
Interior (Lin)	Tramo 1	Luminaria 5	96.00	16.00	1536.00
Total			168.00		6848.80

Notas:

1. Tipo de luminarias según lo descrito en la Tabla 4.13 Lista de luminarias
2. Durante el día se tiene la mayor potencia nominal de la red de alumbrado LED

### Cálculo de la potencia nominal de las luminarias prendidas durante la noche lado Huaraz

Teniendo en cuenta el tipo de la luminaria, para que este encendido durante la noche y pueda funcionar de manera óptima, la potencia requerida será de 1.92 KW según el detalle de la Tabla 4.35.

Tabla 4.35 Potencia nominal de luminarias durante la noche del lado Huaraz

Zonas	Tramo	Tipo de Luminarias	Cantidad	Potencia (W)	Pot. Nom. (W)
Umbral (Lth)	Tramo 1	Luminaria 5	3	16	48
	Tramo 2	Luminaria 5	3	16	48
Transición (Ltr)	Tramo 1	Luminaria 5	3	16	48
	Tramo 2	Luminaria 5	3	16	48
	Tramo 3	Luminaria 5	3	16	48
	Tramo 4	Luminaria 5	3	16	48
	Tramo 5	Luminaria 5	3	16	48
	Tramo 6	Luminaria 5	3	16	48
	Tramo 7	Luminaria 5	3	16	48
	Tramo 8	Luminaria 5	3	16	48

Continuación

Zonas	Tramo	Tipo de Luminarias	Cantidad	Potencia (W)	Pot. Nom. (W)
Transición (Ltr)	Tramo 9	Luminaria 5	3	16	48
	Tramo 10	Luminaria 5	3	16	48
Interior (Lin)	Tramo 1	Luminaria 5	84	16	1344
<b>Total</b>			<b>120</b>		<b>1920</b>

Notas:

1. Tipo de luminarias según lo descrito en la Tabla 4.13 Lista de luminarias
2. Durante la noche se tiene la menor potencia nominal de la red de alumbrado LED

### Determinación de la potencia nominal de las luminarias prendidas durante el día lado Chacas

Teniendo en cuenta el tipo de la luminaria elegido, para que este encendido durante el día y pueda funcionar de manera óptima, la potencia requerida será de 7.26 KW según el detalle de la

Tabla 4.36.

Tabla 4.36 Potencia nominal de luminarias durante el día del lado Chacas

Zonas	Tramo	Luminarias	Cantidad	Potencia (W)	Pot. Nom. (W)
<b>Umbral (Lth)</b>	Tramo 1	Luminaria 1	12	274	3288
	Tramo 2	Luminaria 2	6	232	1392
<b>Transición (Ltr)</b>	Tramo 1	Luminaria 3	6	106	636
	Tramo 2	Luminaria 4	6	60.2	361.2
	Tramo 3	Luminaria 5	15	16	240
	Tramo 4	Luminaria 5	9	16	144
	Tramo 5	Luminaria 5	8	16	128
	Tramo 6	Luminaria 5	6	16	96
	Tramo 7	Luminaria 5	5	16	80
	Tramo 8	Luminaria 5	4	16	64
	Tramo 9	Luminaria 5	4	16	64
	Tramo 10	Luminaria 5	3	16	48
<b>Interior (Lin)</b>	Tramo 1	Luminaria 5	57	16	912
<b>Total</b>			<b>141</b>		<b>7453.2</b>

Notas:

1. Tipo de luminarias según lo descrito en la Tabla 4.13 Lista de luminarias
2. Durante el día se tiene la mayor potencia nominal de la red de alumbrado LED

### Determinación de la potencia nominal de las luminarias prendidas durante la noche lado Chacas

Teniendo en cuenta el tipo de la luminaria elegido, para que este encendido durante la noche y pueda funcionar de manera óptima, la potencia requerida será de 1.29 KW según el detalle de la Tabla 4.37.

Tabla 4.37 Potencia nominal de luminarias durante la noche del lado Chacas

				(W)	(W)
<b>Umbral (Lth)</b>	Tramo 1	Luminaria 5	3.00	16.00	48.00
	Tramo 2	Luminaria 5	3.00	16.00	48.00
<b>Transición (Ltr)</b>	Tramo 1	Luminaria 5	3.00	16.00	48.00
	Tramo 2	Luminaria 5	3.00	16.00	48.00
	Tramo 3	Luminaria 5	3.00	16.00	48.00
	Tramo 4	Luminaria 5	3.00	16.00	48.00
	Tramo 5	Luminaria 5	3.00	16.00	48.00
	Tramo 6	Luminaria 5	3.00	16.00	48.00
	Tramo 7	Luminaria 5	3.00	16.00	48.00
	Tramo 8	Luminaria 5	3.00	16.00	48.00
	Tramo 9	Luminaria 5	3.00	16.00	48.00
	Tramo 10	Luminaria 5	3.00	16.00	48.00
<b>Interior (Lin)</b>	Tramo 1	Luminaria 5	45.00	16.00	720.00
<b>Total</b>			81.00		1296.00

Notas:

1. Tipo de luminarias según lo descrito en la Tabla 4.13 Lista de luminarias
2. Durante la noche se tiene la menor potencia nominal de la red de alumbrado LED

En resumen, según las tablas la potencia nominal durante el día es mucho mayor debido a que la luminancia en el exterior por ser de día es alta, por lo que para una mejor adaptación visual del conductor al entrar al túnel la luminancia por cada zona vendrá a ser de mayor a menor iluminancia, en cambio durante la noche la luminancia exterior es mínima, por lo que la luminancia dentro del túnel será mínimo y constante a lo largo del túnel. La comparación de la potencia nominal de día y de noche además de estar separado por cada lado del túnel se aprecia en la siguiente Tabla 4.38.

Tabla 4.38 Total de potencia nominal en KW de luminarias

<b>Lados</b>	<b>Potencia en el día</b>	<b>Potencia en la noche</b>
Huaraz	6.85 KW	1.92 KW
Chacas	7.45 KW	1.3 KW
Total	14.30 KW	3.22 KW

Nota: La red de alumbrado LED presenta mayor potencia nominal durante el día que la noche

### **Determinación del consumo de energía**

Debido a que la potencia nominal en las luminarias del túnel no es constante durante las 24 horas, es necesario encontrar el valor para cuando estas se encuentren en el menor consumo por operación, el cual se da durante la noche al reducir los niveles de luminancia como se menciona en el punto 2.3.14, por ello se regulan las intensidades del nivel de iluminación para adaptarlas a las necesidades.

A efectos del estudio se puso dos horarios según detalle

- Horario diurno: 6:00 horas – 18:00 horas
- Horario nocturno: 18:00 horas – 6:00 horas del día siguiente

A continuación, se detalla la potencia nominal de cada equipo en horario diurno y nocturno, lo cual nos permitirá obtener el consumo de energía en KWh donde se aprecia en la Tabla 4.39 el consumo de energía en el lado Huaraz de 105.2 KWh al día, lo que en un mes corresponde 3156 KWh, de igual forma para el consumo de energía en el lado Chacas en la Tabla 4.40 se obtiene el valor de 105 KWh que corresponde a 3150 KWh al mes.

Tabla 4.39 Consumo de energía eléctrica de equipos durante el día del lado Huaraz

Hora	Luminaria 1 (W)	Luminaria 2 (W)	Luminaria 3 (W)	Luminaria 4 (W)	Luminaria 5 (W)	Consumo en KWh
12:00:00 a. m.	0	0	0	0	1920.00	1.92
01:00:00 a. m.	0	0	0	0	1920.00	1.92
02:00:00 a. m.	0	0	0	0	1920.00	1.92
03:00:00 a. m.	0	0	0	0	1920.00	1.92
04:00:00 a. m.	0	0	0	0	1920.00	1.92
05:00:00 a. m.	0	0	0	0	1920.00	1.92
06:00:00 a. m.	2740.00	928.00	636.00	240.80	2304.00	6.85
07:00:00 a. m.	2740.00	928.00	636.00	240.80	2304.00	6.85
08:00:00 a. m.	2740.00	928.00	636.00	240.80	2304.00	6.85
09:00:00 a. m.	2740.00	928.00	636.00	240.80	2304.00	6.85
10:00:00 a. m.	2740.00	928.00	636.00	240.80	2304.00	6.85
11:00:00 a. m.	2740.00	928.00	636.00	240.80	2304.00	6.85
12:00:00 p. m.	2740.00	928.00	636.00	240.80	2304.00	6.85
01:00:00 p. m.	2740.00	928.00	636.00	240.80	2304.00	6.85
02:00:00 p. m.	2740.00	928.00	636.00	240.80	2304.00	6.85
03:00:00 p. m.	2740.00	928.00	636.00	240.80	2304.00	6.85
04:00:00 p. m.	2740.00	928.00	636.00	240.80	2304.00	6.85
05:00:00 p. m.	2740.00	928.00	636.00	240.80	2304.00	6.85
06:00:00 p. m.	0	0	0	0	1920.00	1.92
07:00:00 p. m.	0	0	0	0	1920.00	1.92
08:00:00 p. m.	0	0	0	0	1920.00	1.92
09:00:00 p. m.	0	0	0	0	1920.00	1.92
10:00:00 p. m.	0	0	0	0	1920.00	1.92
11:00:00 p. m.	0	0	0	0	1920.00	1.92
Total						105.23

Notas:

1. Tipo de luminarias según lo descrito en la Tabla 4.13 Lista de luminarias
2. El consumo (KWh) se obtiene de las potencias nominales por parte de las luminarias de la red de alumbrado LED durante una hora

Tabla 4.40 Consumo de energía eléctrica de equipos durante el día del lado Chacas

Hora	Luminaria 1 (W)	Luminaria 2 (W)	Luminaria 3 (W)	Luminaria 4 (W)	Luminaria 5 (W)	Consumo en KWh
12:00:00 a. m.	0	0	0	0	1296.00	1.29
01:00:00 a. m.	0	0	0	0	1296.00	1.29
02:00:00 a. m.	0	0	0	0	1296.00	1.29
03:00:00 a. m.	0	0	0	0	1296.00	1.29
04:00:00 a. m.	0	0	0	0	1296.00	1.29
05:00:00 a. m.	0	0	0	0	1296.00	1.29
06:00:00 a. m.	3288.00	1392.00	636.00	361.20	1776.00	7.45
07:00:00 a. m.	3288.00	1392.00	636.00	361.20	1776.00	7.45
08:00:00 a. m.	3288.00	1392.00	636.00	361.20	1776.00	7.45
09:00:00 a. m.	3288.00	1392.00	636.00	361.20	1776.00	7.45
10:00:00 a. m.	3288.00	1392.00	636.00	361.20	1776.00	7.45
11:00:00 a. m.	3288.00	1392.00	636.00	361.20	1776.00	7.45
12:00:00 p. m.	3288.00	1392.00	636.00	361.20	1776.00	7.45
01:00:00 p. m.	3288.00	1392.00	636.00	361.20	1776.00	7.45
02:00:00 p. m.	3288.00	1392.00	636.00	361.20	1776.00	7.45
03:00:00 p. m.	3288.00	1392.00	636.00	361.20	1776.00	7.45
04:00:00 p. m.	3288.00	1392.00	636.00	361.20	1776.00	7.45
05:00:00 p. m.	3288.00	1392.00	636.00	361.20	1776.00	7.45
06:00:00 p. m.	0	0	0	0	1296.00	1.29
07:00:00 p. m.	0	0	0	0	1296.00	1.29
08:00:00 p. m.	0	0	0	0	1296.00	1.29
09:00:00 p. m.	0	0	0	0	1296.00	1.29
10:00:00 p. m.	0	0	0	0	1296.00	1.29
11:00:00 p. m.	0	0	0	0	1296.00	1.29
<b>Total</b>						<b>104.99</b>

Notas:

1. Tipo de luminarias según lo descrito en la Tabla 4.13 Lista de luminarias
2. El consumo (KWh) se obtiene de las potencias nominales por parte de las luminarias de la red de alumbrado LED durante una hora

En la Figura N° 4.23 y la Figura N° 4.24 se muestra el comportamiento de la demanda de energía en el lado Huaraz y Chacas respectivamente

Figura N° 4.23 Consumo de energía eléctrica de equipos en el del lado Huaraz

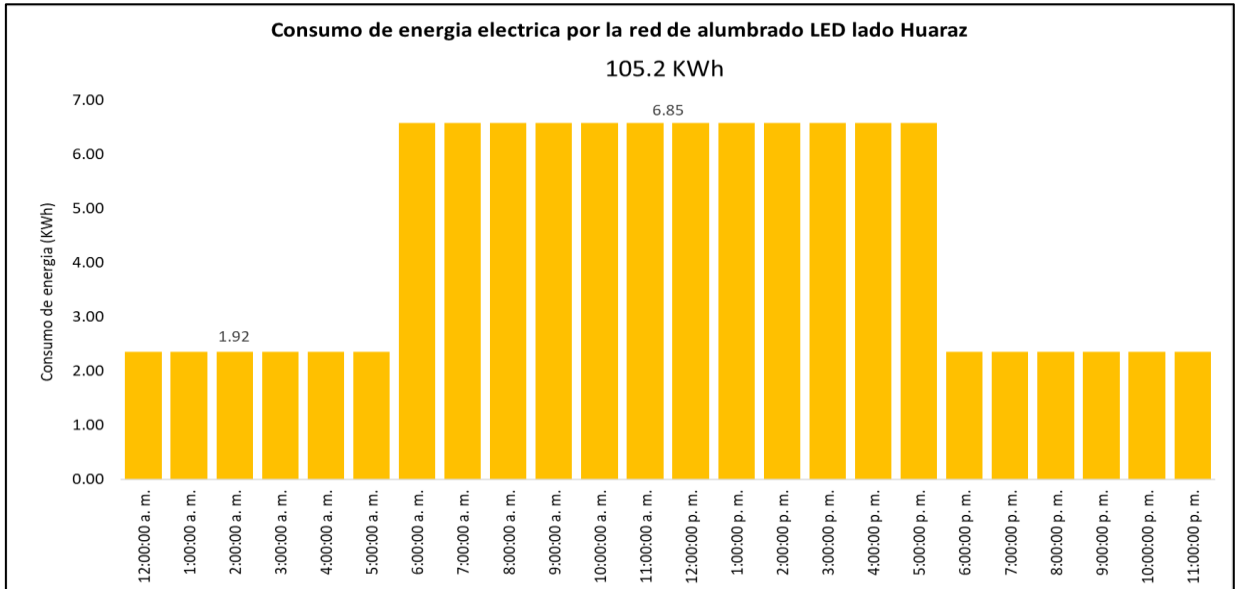
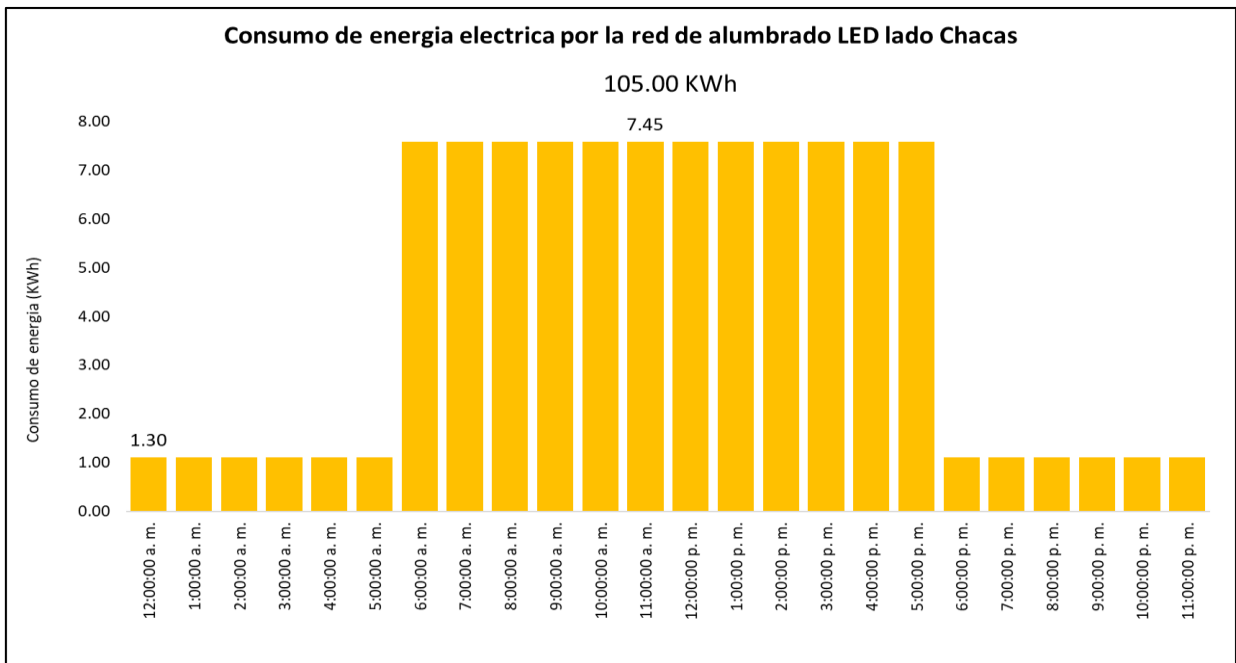


Figura N° 4.24 Consumo de energía eléctrica de equipos en el del lado Chacas



### 4.6.3 Etapa III: Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Debido a que la zona del proyecto cuenta con potencial solar como se detalló en el punto 4.6.1, se debe determinar las posibles ubicaciones para los generadores fotovoltaicos, a partir de ello determinaremos la selección de los módulos fotovoltaicos, baterías, controladores e inversor para las instalaciones del lado Huaraz y del lado Chacas.

#### Ubicación de los generadores fotovoltaicos.

A fin de reducir las pérdidas por efecto jule que se originarían de tener una sola instalación estamos planteando tener dos generadores fotovoltaicos uno ubicado hacia la ciudad de chacas y el otro ubicado hacia la ciudad Huaraz.

Figura N° 4.25 Ubicación Geográfica del Túnel



Fuente: Tomado de Google Earth



Respecto al lado chacas se cuenta con 750 m<sup>2</sup>, ver detalle y ubicación en la siguiente figura.

Figura N° 4.26 Área disponible lado Chacas



Fuente: Tomado de Google Earth

Respecto al lado Huaraz se cuenta con 440 m<sup>2</sup>, ver detalle y ubicación en la siguiente figura.

Figura N° 4.27 Área disponible lado Huaraz



Fuente: Tomado de Google Earth

### Ángulo de inclinación de los módulos fotovoltaicos

Debido a que el montaje de los módulos fotovoltaicos será de tipo fijo, es necesario determinar el ángulo de inclinación que tendrán los módulos para poder obtener una óptima captación de la incidencia solar, en este parámetro es necesario saber la latitud donde se realizara la instalación.

En el punto 4.4 tenemos como dato la latitud ( $\Phi$ ) de  $9.12^\circ$ .

Reemplazando en la ecuación (2.12):

$$\begin{aligned}\beta_{opt} &= \varphi + 10^\circ \\ \beta_{opt} &= 9.12^\circ + 10^\circ \\ \beta_{opt} &= 19.12^\circ\end{aligned}$$

Por lo que podemos deducir que el ángulo óptimo de inclinación es de  $20^\circ$

### Orientación de los módulos fotovoltaicos

Según lo indicado al final del punto 2.3.8.1 dado que el proyecto se encuentra en el hemisferio sur, los módulos fotovoltaicos deben ser orientados hacia el norte.

Por lo que nuestro ángulo óptimo de inclinación de los módulos fotovoltaicos es de  $20^\circ$  con orientación hacia el norte.

### Estimación de la radiación recibida en el emplazamiento de la instalación

Para este punto es necesario estimar la radiación que incide en el módulo fotovoltaico instalado al ángulo de elevación obtenido en el punto anterior, para ello elegimos de la base de datos de los últimos 5 años el menor valor de  $4.2 \text{ KWh/m}^2/\text{día}$  radiación sobre la superficie horizontal, para mayor detalle verificar el punto 4.6.1

Reemplazando los valores de ángulo óptimo de inclinación y el valor de radiación sobre superficie horizontal en la ecuación (2.13).

$$G_{dm}(\beta_{opt}) = \frac{G_{dm}(0)}{(1 - 4,46 \times 10^{-4} \times \beta_{opt}) - (1,19 \times 10^{-4} \times \beta_{opt}^2)}$$

$$G_{dm}(\beta_{opt}) = \frac{4.2}{(1 - 4,46 \times 10^{-4} \times 20) - (1,19 \times 10^{-4} \times 20^2)}$$

$$G_{dm}(\beta_{opt}) = 4.45 \text{ KWh/m}^2/\text{dia}$$

Por lo que la radiación incidida en el módulo fotovoltaico con un ángulo de inclinación de 20° es de 4.45 KWh/m2/día.

### **Potencia nominal del sistema fotovoltaico**

La potencia nominal será obtenida a partir de la demanda por consumo de energía eléctrica ( $L_{dm}$ ) por parte del sistema de alumbrado LED, el cual fue calculado en la parte del punto 4.6.1; el factor de seguridad el cual es un valor que permite cubrir la energía que se puede perder debido a las perdidas en el sistema.

### **Estimación del factor de seguridad**

Son las perdidas energéticas asociadas a la temperatura de operación, rendimiento y perdidas en el inversor, caída de tensión, etc. Diaz y Carmona (2010).

Tabla 4.41 Estimación de posibles pérdidas en sistema fotovoltaico

<b>Parámetro</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Angulares y espectrales	3
Polvo y suciedad	3-6
Temperatura	5-14
Diferencia entre módulos	2
Inter conexionado y cableado	3
No seguimiento y umbrales de arranque	3
Rendimiento de inversores	6

Fuente: Díaz y Carmona (2010 pág. 159).

A partir de los valores mencionados en la tabla, podemos estimar pérdidas de 20 % para el sistema, por lo que es necesario considerar el factor de seguridad con un valor de 1.20

### **Irradiancia**

Los autores Diaz y Carmona (2010) mencionan el valor de la irradiancia en condiciones de estándares ( $I_{STC}$ ) es de 1000 W/m2, lo que es equivalente a 1 KW/m2.

El consumo se obtuvo al final del punto 4.6.2 se obtuvo los consumos de energía del lado Huaraz y Lado Chacas con un valor de 105.2 KWh.

Reemplazando valores en la ecuación (2.14):

$$P_{G,nom} = \frac{F_{SG} \times L_{dm}}{(G_{dm}(\beta_{opt})/I_{STC})}$$

$$P_{G,nom} = \frac{1.20 \times 105.2}{(4.45/1)}$$

$$P_{G,nom} = 28.369 \text{ KWp}$$

Por lo que la potencia nominal del sistema fotovoltaico es de 28.37 KWp.

### **Selección y determinación de la cantidad de módulos fotovoltaicos**

Actualmente existen variedades de módulos fotovoltaicos, según Bloomberg New Energy Finance (BNEF) una entidad dedicada a la investigación y análisis en la toma de decisiones en energías renovables, posiciona las mejores marcas para la realización de proyectos de generación de energía solar en el primer trimestre del 2022, destacando LONGi, Jinko Solar y JA solar como las 3 primeras.

Para la elaboración de esta investigación se seleccionó la marca JA solar, del cual se presenta los datos técnicos del modelo en la siguiente tabla.

Tabla 4.42 Datos técnicos del módulo fotovoltaico

<b>Datos técnicos</b>		
Marca	JA SOLAR	
Modelo	JAM72S30	
Potencia Pico	535	Wp
Tipo	Monocrystalino	
Vmpp	41.31	V
Impp	12.90	A
Voc	49.30	V
Isc	13.72	A

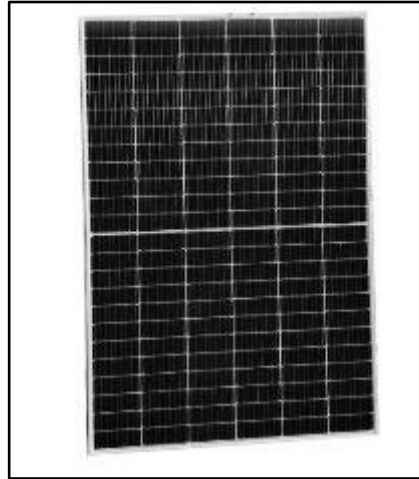
Fuente: JA solar (2021)

Donde

- Vmpp: Voltaje correspondiente al punto ideal de operación
- Impp: Corriente correspondiente al punto ideal de operación
- Voc: Tensión en circuito abierto
- Isc: Corriente en cortocircuito

Nota: La ficha técnica con las especificaciones técnicas al detalle se aprecia en el Anexo 36

Figura N° 4.28 Modulo fotovoltaico JA SOLAR 535/MR



Fuente: Tomado de JA solar (2021)

### **Número de módulos fotovoltaicos**

Para determinar la cantidad de los módulos, lo determinaremos a partir del cociente de la potencia nominal del sistema fotovoltaico y la potencia pico del módulo fotovoltaico elegido, el cual se menciona en la Tabla 4.42

Reemplazando valores en la ecuación (2.15)

$$N_p = \frac{P_{G,nom} (Wp)}{\text{Potencia pico del modulo FV (Wp)}}$$

$$N_p = \frac{28370}{535}$$

$$N_p = 53.02 \text{ unidades}$$

Debido a que el resultado muestra valores con decimales, debemos aproximarlos al entero mayor, en este caso 54, para asegurar la potencia entregada por el generador para que sea igual o superior a la prevista del diseño. Diaz y Carmona (2010).

### Selección del controlador

La selección de este dispositivo depende de la cantidad de corriente que sea capaz de generar los módulos fotovoltaicos, para ello aplicamos la ecuación (2.16).

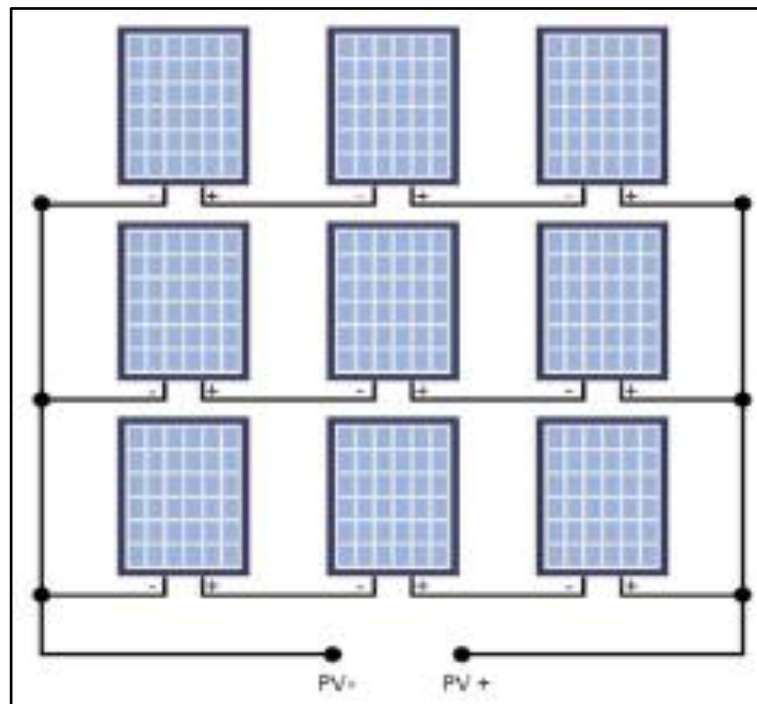
$$I_{G,max} = N_p \times I_{SC}$$
$$I_{G,max} = 54 \times 13.79$$
$$I_{G,max} = 744.66 \text{ A}$$

Debido a que la corriente es elevada para un solo controlador, deberá dividirse los arreglos fotovoltaicos de manera equitativa con el propósito de contar con una cantidad controladores que puedan soportar la intensidad de corriente

La cantidad de módulos fotovoltaicos necesarios para la instalación es de 54, los autores estamos proponiendo utilizar arreglos fotovoltaicos que consisten en 3x3, por lo tanto, para cumplir con los 54 módulos fotovoltaicos calculados debemos contar 6 arreglos 3x3.

De esta manera por cada arreglo se tiene:

Figura N° 4.29 Módulos Fotovoltaicos 3x3



Fuente: Tomado de Must solar (2019)

Datos del módulo fotovoltaico

$$I_{sc} = 13.79 \text{ A}$$

$$I_{sc_{3x3}} = 41.37 \text{ A}$$

$$V_{mpp} = 41.47 \text{ V}$$

$$V_{mpp_{3x3}} = 124.41 \text{ V}$$

Por tanto, volviendo a aplicar la ecuación (2.13)

$I_{G,max} = N_p \times I_{sc}$ , el cual se puede expresar de la siguiente manera

$$I_{G,max} = N_p \times I_{sc_{3x3}},$$

Donde ahora  $N_p$  es la cantidad cadenas (3)

$$I_{G,max} = 3 \times 13.79$$

$$I_{G,max} = 41.37 \text{ A}$$

Por tanto, se debe elegir 6 controladores (uno por cada arreglo el cual pueda operar a una intensidad mayor a 41.37 A y 124.41 V).

Figura N° 4.30 Controlador MPPT 150/85



Fuente: Tomado de Victron Energy (2021)

Tabla 4IV.43 Controlador MPPT 150/85

Datos técnicos		
Marca	Victron Energy	
Modelo	MPPT 150/85	
Voltaje nominal	48	V
Capacidad Max.	4900	W
Tensión Max.	150	V
Corriente de carga	85	A

Fuente: Victron Energy (2021)

## Capacidad y selección del banco de baterías

### Capacidad del banco de baterías

#### Días de autonomía

Para estimar los días de autonomía, para que el sistema fotovoltaico pueda seguir generando energía eléctrica en caso de ausencia de radiación solar o inconvenientes en los generadores, los autores estamos estimando que solo es necesario un día, debido que la locación del túnel es cercana a la capital de la región (1 hora y media de Huaraz) donde se cuenta con personal para la inspección y reparación de componentes en caso de averías.

#### Capacidad del banco de baterías (WA)

Con los valores calculados del consumo de energía eléctrica por parte de la red de alumbrado LED al final del punto 4.6.1; el día de autonomía mencionado en el punto anterior y la profundidad de descarga de la batería seleccionada, procederemos a realizar su cálculo respectivo

Reemplazando valores en la ecuación (2.17):

$$C_{B,nom} = \frac{L_{dm} \times F_{SB}}{PD_{max}}$$

$$C_{B,nom} = \frac{105200 \times 1}{0.85}$$

$$C_{B,nom} = 123764.7 \text{ WA}$$

Reemplazando el valor obtenido de la ecuación (2.17) en la ecuación (2.18):

$$C_{B,nom}(Ah) = \frac{C_{B,nom}(WA)}{T_S}$$

$$C_{B,nom}(Ah) = \frac{123764.7}{48}$$

$$C_{B,nom}(Ah) = 2578.43 \text{ Ah}$$

Por lo que el banco de baterías del modelo seleccionado debe contar con una capacidad mayor a 2578.43 Ah.



### Selección de la batería

Según la web Cambio energético (2022) dedica a la venta de sistemas fotovoltaicos es España, las mejores baterías son de la marca BYD, Pylontech, Enphase y Cegasa, destacando la segunda marca debido a que su modelo US5000 cuenta con mejor capacidad útil de 4.56 KWh, máxima corriente de salida con 75 A y con una vida útil de 6000 ciclos.

En el mercado nacional se cuenta con la marca PylonTech con el modelo US5000, por lo que se selecciona para el dimensionamiento del banco de baterías.

Debido a que la instalación fotovoltaica esta diseñada para una tensión de 48 V, es conveniente seleccionar baterías que cuenten con la misma capacidad de tensión, por lo que se está optando por la siguiente:

Tabla 4.44 Datos técnicos de la batería

Datos técnicos		
Marca	Pylontech	
Modelo	US5000	
Voltaje nominal	48	V
Capacidad Nominal	4800	Wh
Capacidad batería	100	Ah
Capacidad disponible	4560	Wh

Fuente: Tomado de Pylontech (2022)

Figura N° 4.31 Batería Pylontech US5000



Fuente: Tomado de Pylontech (2022)

Debido a que la capacidad de batería es de 2578.43 Ah, debemos determinar el número de baterías, para ello de la Tabla 4.44 de datos técnicos de la batería sabemos que es de 100 Ah, por lo que 26 baterías nos dan 2600 Ah.

### **Inversor**

El inversor es el dispositivo que transformara la corriente continua generada en los módulos fotovoltaicos y/o los almacenados en las baterías a corriente alterna para energizar la red de alumbrado LED.

Recordando que la mayor potencia nominal es de 7.45 KW

Aplicando la ecuación (2.19)

$$P_{Inversor} = \frac{P (KW)}{0.96}$$

$$P_{Inversor} = \frac{7.45}{0.96}$$

$$P_{Inversor} = 7.76 KW$$

Por lo que el inversor a seleccionar debe tener la capacidad mayor a 7.76 KW

Figura N° 4.32 Datos técnicos del inversor Multiplus



Fuente: Tomado de Victron Energy (2021)

Tabla 4IV.45 Datos técnicos del inversor

<b>Datos técnicos</b>		
Marca	Victron energy	
Modelo	Multiplus-II	
Tensión nominal	48	V
Potencia de salida 25°C	10000	VA
Eficiencia Máxima	96	%
Frecuencia	60	Hz
Cantidad	1	Und

Fuente: Tomado de Victron Energy (2021)

## **Simulación del sistema fotovoltaico mediante el uso del software PVsyst**

### **7.2**

En el menú inicio debemos dirigirnos a diseño y simulación del proyecto para seleccionar la instalación de tipo independiente, que hace referencia a nuestro sistema tipo aislado, posterior a ello agregamos el nombre del proyecto y seleccionamos la ubicación de la instalación para obtener los datos de incidencia solar. Por último, ingresamos los valores calculados como la orientación, la potencia nominal y el consumo de energía eléctrica. Una vez establecido los parámetros anteriores se ingresa a la opción sistemas para la selección de los componentes en la instalación fotovoltaica.

Para el arreglo de baterías seleccionamos el voltaje de la batería a 48V posterior a ello el software determinara una cantidad de baterías para el sistema, en nuestro caso vamos a seleccionar la batería elegida y manualmente colocamos la cantidad de 26 unidades de baterías Pylontech 100 Ah.

Figura N° 4.33 Dimensionamiento del banco de baterías en PVsyst

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado  %  Voltaje de la batería (usuario)  V

**105 kWh/día** Ingrese autonomía solicitada  día(s)

Capacidad sugerida **2574 Ah**  
Potencia FV sugerida **78957 Wp (nom.)**

Almacenamiento **Punta Olimpica** Respaldo Esquema Simplificado

---

**Procedimiento**

Las sugerencias de pre-dimensionamiento se basan en el meteo mensual y la definición de necesidades del usuario

1. - Pre-dimensionamiento Defina las condiciones de pre-dimensionamiento deseadas (PLOL, autonomía, voltaje de la batería)
2. - Almacenamiento Defina la batería (las casillas de verificación predeterminadas se acercarán al pre-dimensionamiento)
3. - Diseño del conjunto FV Diseñe el conjunto FV (módulo FV) y el modo de control. Se recomienda comenzar con un controlador universal.
4. - Respaldo Defina un grupo electrógeno eventual

---

**Especifique el conjunto de batería**

Ordenar baterías por  voltaje  capacidad  fabricante

La batería seleccionada es una módulo

<input type="text" value="1"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>módulos en series</b>	Número de módulos	<b>26</b>		Voltaje paquete de baterías	<b>48 V</b>
<input type="text" value="26"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>módulos en paralelo</b>				Capacidad global	<b>2600 Ah</b>
		Número de elementos	<b>676</b>		Energía almacenada (80% DOD)	<b>113 kWh</b>
<input type="text" value="100.0"/>	% <b>Estado inicial de desgaste (núm. de ciclos)</b>				Peso total	<b>884 kg</b>
<input type="text" value="100.0"/>	% <b>Estado inicial de desgaste (estático)</b>				Núm. de ciclos a 80% DOD	<b>3000</b>
					Energía total almacenada durante la vida útil de la batería	<b>301 MWh</b>

Fuente: Elaborado por software PVsyst 7.2

De igual manera procedemos a determinar la cantidad de módulos fotovoltaicos según la marca y modelo, además debemos tener en cuenta el ángulo de inclinación.

Figura N° 4.34 Dimensionamiento de los módulos fotovoltaicos en PVsyst

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado  % 
**105 kWh/día** Ingrese autonomía solicitada  día(s)

Voltaje de la batería (usuario)  V 
 Capacidad sugerida **2574 Ah**  
 Potencia FV sugerida **79487 Wp (nom.)**

Almacenamiento **Punta Olimpica** Respaldo Esquema Simplificado

Nombre y orientación del subconjunto  
 Nombre   
 Oriente. **Plano inclinado fijo** Inclinación **20°** Azimut **0°**

**Ayuda de pre-dimensionamiento**  
 Sin dimensionamiento Ingrese potencia planeada   kWp  
 ... o área disponible   m<sup>2</sup>

**Seleccione el módulo FV**  
 Todos los módulos   Potencia  Tecnología  
 JA solar  Si-mono JAM72S30 Desde 2021 Datasheets 2021

Módulos necesarios aproximados de dimensionamiento:  $V_{mpp} (60^{\circ}C)$  **35.7 V**  
 $V_{oc} (-10^{\circ}C)$  **54.2 V**

**Seleccione el modo de control y el controlador**  
 Controlador universal  Convertidor de potencia MPPT  
 Corriente máx. de carga-descarga  
 Modo operativo:  
 Acoplamiento directo  Convertidor MPPT  Convertidor CC-CC  
 MPPT 1000 W 48 V 658 A 142 A Universal controller with MPPT conve G

Los parámetros de funcionamiento del controlador universal se ajustará automáticamente de acuerdo con las propiedades del sistema.

**Diseño del conjunto FV**  
**Número de módulos y cadenas**  
 Mód. en serie   debe ser/estar: Sin restricciones  
 Núm. de cadena   entre 13 y 21  
**Núm. de módulos 54 Área 139 m<sup>2</sup>**

Condiciones de operación:  
 $V_{mpp} (60^{\circ}C)$  107 V  
 $V_{mpp} (20^{\circ}C)$  125 V  
 $V_{oc} (-10^{\circ}C)$  163 V  
 Irradia. plano **1000 W/m<sup>2</sup>**  
 $I_{mpp} (STC)$  233 A  
 $I_{sc} (STC)$  250 A  
 $I_{sc} (en STC)$  247 A

Potencia de funcionamiento máx. **31.2 kW**  
 (en 1000 W/m<sup>2</sup> y 50°C)  
**Potencia nom. conjunto (STC) 28.9 kWp**

Fuente: Elaborado por software PVsyst 7.2

Del software podemos obtener el área de la instalación el cual es de 139 m<sup>2</sup>, debido que es un área menor de los obtenidos de los lados Huaraz y Chacas, podemos concluir que se cuenta con el área requerida para las instalaciones fotovoltaicas.

El software también permite obtener los resultados a partir de la selección de los componentes para la instalación, de los cuales para cada generador fotovoltaico del lado Huaraz y Chacas se obtiene lo siguiente.

Figura N° 4.35 Resultados del dimensionamiento fotovoltaico en PVsyst

PV Array Characteristics			
<b>PV module</b>		<b>Battery</b>	
Manufacturer	JAsolar	Manufacturer	Pylontech
Model	JAM72S30	Model	US5000 40 V
(Custom parameters definition)		Technology	Lithium-ion, NMC
Unit Nom. Power	535 Wp	Nb. of units	26 in parallel
Number of PV modules	54 units	Discharging min. SOC	10.0 %
Nominal (STC)	28.89 kWp	Stored energy	111.5 kWh
Modules	18 Strings x 3 In series	<b>Battery Pack Characteristics</b>	
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Voltage	48 V
Pmpp	26.26 kWp	Nominal Capacity	2600 Ah (C10)
U mpp	112 V	Temperature	External ambient temperature
I mpp	235 A	<b>Battery Management control</b>	
<b>Controller</b>		Threshold commands as	SOC calculation
Universal controller		Charging	SOC = 0.96 / 0.80
Technology	MPPT converter	Discharging	SOC = 0.10 / 0.35
Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.		
<b>Converter</b>			
Maxi and EURO efficiencies	97.0 / 95.0 %		
<b>Total PV power</b>			
Nominal (STC)	29 kWp		
Total	54 modules		
Module area	139 m²		

Fuente: Elaborado por software PVsyst 7.2

Figura N° 4.36 Resultados del dimensionamiento fotovoltaico en PVsyst



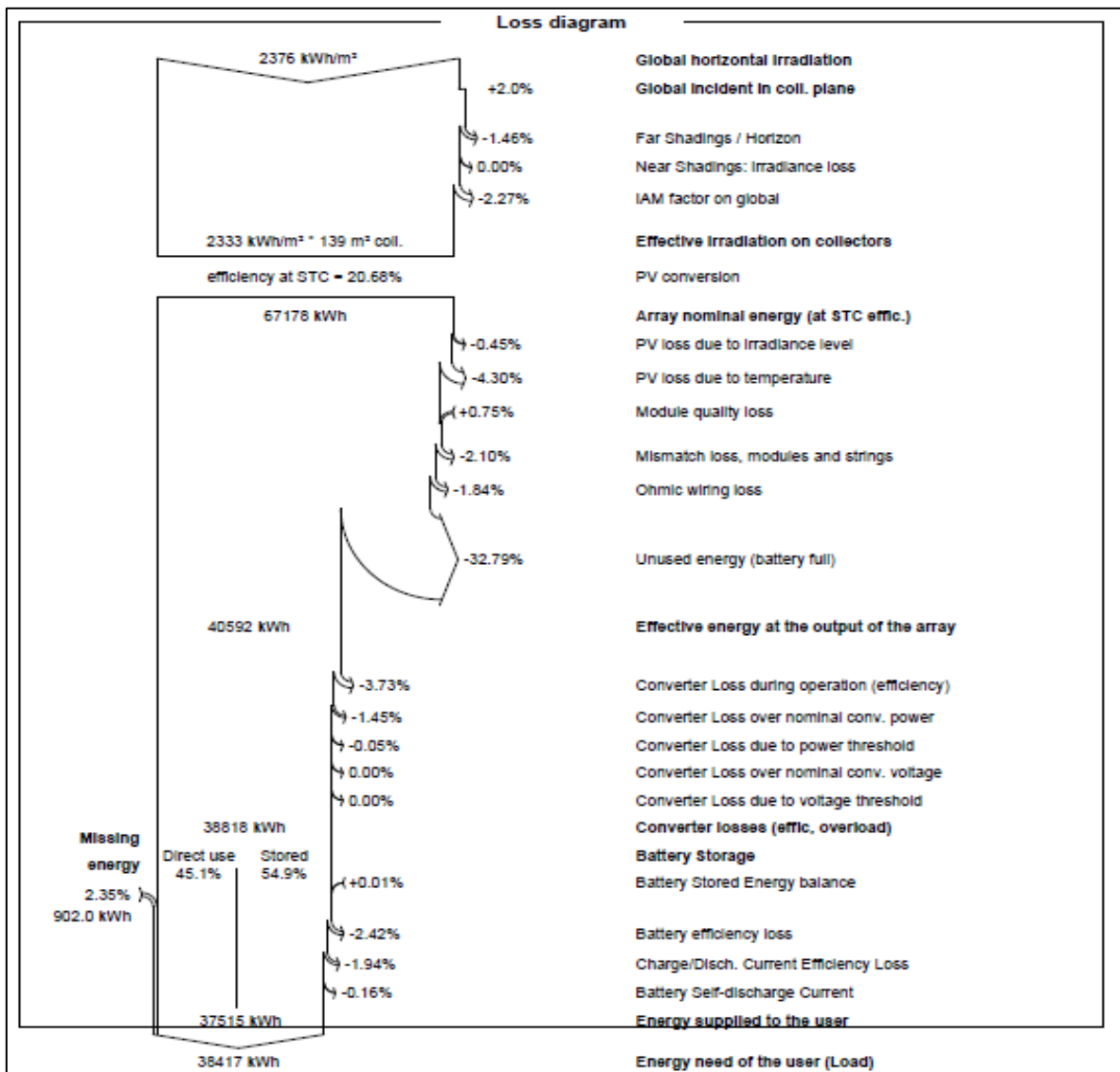
Fuente: Elaborado por software PVsyst 7.2

De las anteriores figuras se tiene como resultado que cada instalación fotovoltaica del lado Huaraz y Chacas, contara con 54 módulos fotovoltaicos que producirán una potencia nominal de 28.9 KWp, los cuales estarán con un ángulo de inclinación de 20° y orientado hacia el norte, 26 baterías conectadas en paralelo y que conforman un banco con capacidad de 2600 Ah.

En los resultados principales se obtiene una producción específica por parte de los generadores fotovoltaicos de 2059 KWh/KWp/año y un performance ratio de 45.25%.

En la siguiente figura se muestran las pérdidas a detalle de cada uno de los generadores fotovoltaicos del lado Huaraz y Chacas.

Figura N° 4.37 Pérdidas Fotovoltaicas obtenidas mediante PVsyst 7.2



Fuente: Elaborado por software PVsyst 7.2

### Cálculo y selección del conductor y dispositivos de protección

En este punto se propone la utilización de conductor tipo de aislamiento XLPE libre de halógenos debido a que presenta ciertas ventajas al de tipo PVC como se mostró en el punto 2.3.20.

Para realizar el cálculo nos basaremos en normativas como la Norma Técnica Peruana NTP 370.301 (2002) y la norma IEC 60364-5-523 (2014), en la que se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El método de instalación para los conductores es un criterio de diseñador.
- Los factores de corrección los cuales nos permiten obtener la corriente máxima del circuito a partir de la temperatura, por grupos de circuitos y por instalación fotovoltaica.
- Según la caída de tensión.

### **Calibre del conductor desde los generadores fotovoltaicos hasta los controladores**

Recordando que los generadores fotovoltaicos cuentan con 54 módulos fotovoltaicos compuesto por 8 arreglos que consisten de 3 módulos fotovoltaicos en serie y 3 paralelo.

Datos del módulo fotovoltaico:

$$I_{sc} = 13.79 A$$

$$I_{sc_{3x3}} = 41.37 A$$

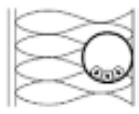
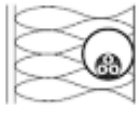
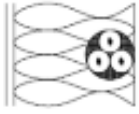
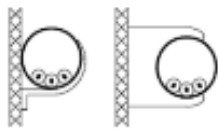
El valor de  $I_{sc_{3x3}}$  permitirá determinar el calibre del conductor

### **Método de instalación**

En la normativa NTP 370.301 (2002), para determinar el factor de corrección en la que debemos establecer un método de la instalación, para los generadores fotovoltaicos se está considerando que los conductores salen dentro de tubería corrugada conduit flexible en dirección hacia la ubicación de los controladores.



Figura N° 4.38 Instrucción por métodos de instalación para obtener la capacidad de corriente nominal.

Item no.	Métodos de instalación	Descripción	Referencia del método de instalación a ser usado para obtener la capacidad de corriente nominal (véase Tabla 2)
1	2	3	4
1	 Local	Conductores aislados o cables unipolar en tubo en una pared <sup>1)</sup>	A1
2	 Local	Cables multipolar en tubo en una pared <sup>1)</sup>	A2
3	 Local	Cable multipolar directamente en una pared <sup>1)</sup>	A1
4		Conductores aislados o cables unipolar dentro de un tubo sobre una pared de madera o mampostería o espaciada menos de 0,3 veces el diámetro del tubo desde la pared.	B1

Fuente: Tomado de “Norma Técnica Peruana NTP 370.301” de Comisión de reglamentos Técnicos y comerciales - INDECOPI (2002)

Por lo que los conductores desde los módulos fotovoltaicos hacia la caja de conexiones DC estarán dentro tuberías para su protección y por tanto le corresponde como referencia a la obtención de la capacidad de corriente nominal “B1”.

### Factores de corrección

Estos factores permiten obtener los valores del calibre de los conductores en las instalaciones eléctricas, según la condición de la temperatura, la cantidad de circuitos y un facto respecto a conductores en instalación fotovoltaica.

#### Factor de corrección por temperatura

Tomando en cuenta la temperatura ambiente de 20°C, se tiene un factor de corrección de 1.08 para un conductor de tipo de aislamiento XLPE.

Figura N° 4.39 Factor de corrección para temperatura ambiente a ser aplicado a la capacidad de corriente nominal

Temperatura ambiente °C	Aislamiento			
	PVC	XLPE o EPR	Mineral *	
			Cubierta de PVC o desnudo y expuesto al contacto 70°C	Desnudo no expuesto al contacto 105°C
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,79	0,87	0,87	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,50	0,71	0,45	0,75
65	-	0,65	-	0,70
70	-	0,58	-	0,65
75	-	0,50	-	0,60
80	-	0,41	-	0,54
85	-	-	-	0,47
90	-	-	-	0,40
95	-	-	-	0,32

\* Para temperaturas ambiente mayores, consulte el fabricante.

Fuente: Tomado de "Norma Técnica Peruana NTP 370.301" de Comisión de reglamentos Técnicos y comerciales - INDECOPI (2002)

por tanto, el nuevo valor de la corriente en este punto es el siguiente:

$$I' = \frac{I_{sc_{3x3}}}{F_{c_{amb}}}$$

$$I' = \frac{41.37}{1.08}$$

$$I' = 38.03 \text{ A}$$

### Factor de corrección por número de circuitos

La cantidad de numero de circuitos dentro de la tubería de protección es de 1 y a su vez se instalarán a la intemperie, según lo mencionado podemos deducir el valor del factor de corrección a partir de la siguiente figura.

Figura N° 4.40 Factor de corrección por número de circuitos

Item	Disposición (en cuanto a cables)	Número de circuitos o cables multipolar												A usarse con capacidades de corriente nominal, referencia
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Agrupados en el aire, sobre una superficie empotrados o encerrados	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	4 a 8 métodos A a F
2	En una capa sobre una pared, piso o bandeja no perforada	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	No más factores de reducción para más de nueve circuitos o cables multipolares			4 a 7 Método C
3	En una capa fijado directamente bajo un techo de madera	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	En una capa sobre una bandeja perforada horizontal o vertical	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				8 a 9 Métodos E y F
5	En una capa sobre un soporte de bandeja de escaleras, o listones, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

Fuente: Tomado de "Norma Técnica Peruana NTP 370.301" de Comisión de reglamentos técnicos y comerciales - INDECOPI (2002)

Por lo que el valor del factor de corrección por el número de circuitos es 1, por tanto, el valor de la corriente sigue siendo el mismo.

$$I'' = \frac{I'}{F C_{N^{\circ} \text{circ.}}}$$

$$I'' = \frac{38.03}{1}$$

$$I'' = 38.03 \text{ A}$$

### Factor de corrección por instalación generadora fotovoltaica

Este factor hace referencia a lo mencionado en la normativa IEC 62548 Photovoltaic (PV) arrays - Design requirements del 2016, esto según lo mencionado por Recio (2019) La protección contra sobre corriente del conjunto de elementos fotovoltaicos solo se requiere para sistemas conectados a baterías o donde otras fuentes de corriente puedan alimentar al conjunto de elementos fotovoltaicos en condiciones de falla considerando que la corriente nominal debe ser mayor al producto de 1.25 y la corriente I".

$$I_{nom} = kxI''$$

$$I_{nom} = 1.3x38.03$$

$$I_{nom} = 49.80 A$$

### Obtención del calibre

Una vez obtenido el valor de la corriente nominal en el arreglo fotovoltaico, procedemos a encontrar el calibre del conductor tipo PVC con las referencias de los datos obtenidos en los pasos anteriores.

A continuación, se muestra el calibre del conductor en la siguiente figura.

Figura N° 4.41 Selección del calibre del conductor de carga según corriente y tipo de aislamiento

Métodos Referenciales en tabla 2	Número de conductor de carga y tipo de aislamiento												
		Tres PVC	Dos PVC		Tres XLPE	Dos XLPE							
A1													
A2	Tres PVC	Dos PVC		Tres XLPE	Dos XLPE								
B1				Tres PVC	Dos PVC		Tres XLPE	Dos XLPE					
B2			Tres PVC	Dos PVC		Tres XLPE	Dos XLPE						
C					Tres PVC		Dos PVC	Tres XLPE		Dos XLPE			
E						Tres PVC		Dos PVC	Tres XLPE	Dos XLPE			
F							Tres PVC		Dos PVC	Tres XLPE	Dos XLPE		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Dimensión mm <sup>2</sup> Cobre													
1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	-	
2,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	-	
4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	-	
6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	-	
10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	-	
16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	-	
25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161	
35	-	-	-	110	117	126	137	147	158	169	185	200	
50	-	-	-	134	141	153	167	179	192	207	225	242	
70	-	-	-	171	179	196	213	229	246	268	289	310	
95	-	-	-	207	216	238	258	278	298	328	352	377	
120	-	-	-	239	249	276	299	322	346	382	410	437	
150	-	-	-	-	285	318	344	371	395	441	473	504	
185	-	-	-	-	324	364	392	424	450	506	542	575	
240	-	-	-	-	380	420	461	500	538	599	641	679	

Es necesario consultar las tablas 4 a 9 para determinar el rango de diámetros de conductores para los cuales son aplicables las capacidades de corriente nominal para cada método de instalación.

Fuente: Tomado de "Norma Técnica Peruana NTP 370.301" de Comisión de reglamentos técnicos y comerciales - INDECOPI (2002)

Por lo que el valor mínimo del calibre del conductor para los arreglos de los generadores fotovoltaicos hacia la caja de conexiones DC donde se ubican los controladores es de 6 mm<sup>2</sup>.

### Calibre del conductor según la caída de tensión.

Aplicando la ecuación (2.8)

$$S = \frac{2xLxI}{\gamma x \Delta V}$$

En este caso se tiene en cuenta que la longitud (L) del conductor es de 6 metros

La conductividad del cobre para 90°C  $\gamma = 45.5$  (m/( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ ))

Para la caída de tensión, IDAE (2011) menciona que los conductores deben ser de cobre con la adecuada sección con el fin de evitar caídas de tensión y posibles calentamientos por lo que sugiere que la caída de tensión sea menor del 1.5%

Por lo que

$$V_{mpp_{3x3}} = 124.41 \text{ V}$$

$$\Delta V_{mpp_{3x3}} = 124.41x \frac{1.5}{100} \text{ V}$$

$$\Delta V_{mpp_{3x3}} = 1.87 \text{ V}$$

$$I_{mpp_{3x3}} = 38.7 \text{ A}$$

Reemplazando valores en la ecuación (2.8).

$$S = \frac{2x6x38.7}{45.5x1.87}$$

$$S = 5.45 \text{ mm}^2$$

El resultado obtenido al ser buscado en la tabla tiende a estar más próximo al valor de 6 mm<sup>2</sup>, por tanto, los conductores de los generadores fotovoltaicos hacia los controladores serán de este calibre.

Además, se deberán considerar protecciones como interruptores termomagnéticos de 50 A.

### Calibre del conductor en el banco de baterías, regulador e inversor

Para el cálculo del conductor en este punto, se tiene que tener en cuenta la intensidad máxima de corriente del regulador a las baterías, el cual cuenta con un valor de 85 A como se mostró en el punto de selección de este dispositivo.

Siguiendo el mismo procedimiento anterior elegimos un factor de corrección por temperatura de ambiente de 20°C según la Figura N° 4.39 el cual es el valor de 1.08.

Por tanto, la corriente en este punto es de

$$I' = \frac{I_{maxReg}}{Fc_{amb}}$$
$$I' = \frac{85}{1.08}$$
$$I' = 78.7 A$$

De igual manera el factor de agrupamiento toma el valor 1 como lo mostrado en la

Figura N° 4.40.

$$I'' = \frac{I'}{Fc_{N^{\circ}circ.}}$$
$$I'' = 78.7 A$$

Para un factor de sobrecarga en los conductores de 125% según

$$I_{controlador} = I'' \times 1.25$$
$$I_{controlador} = 78.7 \times 1.25$$
$$I_{controlador} = 98.4 A$$

Procediendo a determinar el calibre del conductor que pueda presentar una corriente de 98.4 A, se observa la siguiente figura a continuación.

Figura N° 4.42 Selección del calibre del conductor de carga según corriente y tipo de aislamiento

Métodos Referenciales en tabla 2	Número de conductor de carga y tipo de aislamiento											
		Tres PVC	Dos PVC		Tres XLPE	Dos XLPE						
A1												
A2	Tres PVC	Dos PVC		Tres XLPE	Dos XLPE							
B1				Tres PVC	Dos PVC		Tres XLPE		Dos XLPE			
B2			Tres PVC	Dos PVC		Tres XLPE	Dos XLPE					
C					Tres PVC		Dos PVC	Tres XLPE		Dos XLPE		
E						Tres PVC		Dos PVC	Tres XLPE		Dos XLPE	
F							Tres PVC		Dos PVC	Tres XLPE		Dos XLPE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Dimensión mm <sup>2</sup> Cobre												
1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	-
2,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	-
4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	-
6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	-
10	39	42	46	50	55	60	63	70	75	80	86	-
16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	-
25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161
35	-	-	-	110	117	126	137	147	158	169	185	200
50	-	-	-	134	141	153	167	179	192	207	225	242
70	-	-	-	171	179	196	213	229	246	268	289	310
95	-	-	-	207	216	238	258	278	298	328	352	377
120	-	-	-	239	249	276	299	323	346	382	410	437
150	-	-	-	-	285	318	344	371	395	441	473	504
185	-	-	-	-	324	364	392	424	450	506	542	575
240	-	-	-	-	380	420	461	500	538	599	641	679

Es necesario consultar las tablas 4 a 9 para determinar el rango de diámetros de conductores para los cuales son aplicables las capacidades de corriente nominal para cada método de instalación.

Fuente: Tomado de “Norma Técnica Peruana NTP 370.301” de Comisión de reglamentos técnicos y comerciales - INDECOPI (2002)

Por lo que el valor mínimo del calibre del conductor en los controladores, controladores y baterías es de 16 mm<sup>2</sup>.

### Calibre del conductor según la caída de tensión.

Considerando una caída de tensión de 1.5% en la fórmula para una longitud máxima de 3 metros, Aplicando la ecuación (2.8).

$$S = \frac{2xLxI}{\gamma x \Delta V}$$

$$S = \frac{2x3x85}{45.5x0.72}$$

$$S = 15.56 \text{ mm}^2$$

El resultado obtenido al ser buscado en la tabla tiende a estar más próximo al valor de 16 mm<sup>2</sup>, por tanto, los conductores adecuados corresponden a este

calibre y se recomienda fusibles de 80 A entre las baterías y el controlador, se recomienda fusibles de 140 A entre las baterías y el inversor.

### Calibre del conductor en la salida del inversor (AC)

Debido a que la corriente máxima de salida del inversor es de hasta 100 A, según el método de instalación para intensidades de este valor le corresponde un conductor de tipo XLPE un calibre de 25 mm<sup>2</sup>

Figura N° 4.43 Selección del calibre Método de instalación para conductores enterrados conductores XLPE

Área de sección transversal nominal del conductor mm <sup>2</sup>	Método de instalación de la tabla 2					
	A1	A2	B1	B2	C	D
	2	3	4	5	6	7
Cobre						
1,5	19	18,5	23	22	24	26
2,5	26	25	31	30	33	34
4	35	33	42	40	45	44
6	45	42	54	51	58	56
10	61	57	75	69	80	73
16	81	76	100	91	107	95
25	106	99	133	119	138	121
35	131	121	164	146	171	146
50	158	145	198	175	209	173
70	200	183	253	221	269	213
95	241	220	306	265	328	252
120	278	253	354	305	382	287
150	318	290	-	-	441	324
185	362	329	-	-	506	363
240	424	386	-	-	599	419
300	486	442	-	-	693	474

NOTA: En las columnas 3, 5, 6 y 7 se asume conductores circulares para secciones hasta e inclusive 16 mm<sup>2</sup>. Valores para dimensiones mayores están relacionados a la forma de los conductores y puede ser aplicado a conductores circulares.

Fuente: Tomado de "Norma Técnica Peruana NTP 370.301" de Comisión de reglamentos técnicos y comerciales - INDECOPI (2002)

El cual se puede validar mediante la caída de tensión, aplicando la ecuación (2.8)

$$S = \frac{2xLxI}{\gamma x \Delta V}$$

Donde  $\Delta V$  es el valor de 1.5% de 220 V

$$\Delta V = 220x \frac{1.5}{100}$$

$$\Delta V = 3.3 V$$



Además, considerando una longitud del conductor de 15 metros, reemplazamos los valores en la siguiente fórmula

$$S = \frac{2 \times 15 \times 100}{45.5 \times 3.3}$$

$$S = 20 \text{ mm}^2$$

Por lo que el calibre más próximo y recomendado es de 25 mm<sup>2</sup> en AC para este conductor.

#### 4.6.3.1 Etapa IV: Evaluación económica

##### Inversión

Para la evaluación económica del presente trabajo de investigación se determinó el costo de inversión, en base a los precios de cada uno de los componentes de los sistemas fotovoltaicos y de la red de alumbrado LED. los cuales se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 4.46 Inversión de los sistemas fotovoltaicos

Sistema fotovoltaico				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total
Controlador 100V/85A	12	Und	833.71	10004.52
Inversor 10KVA	2	Und	5263.16	10526.32
Batería 100 AH litio	52	Und	2229.23	115919.96
Módulos Fotovoltaicos 535 Wp	108	Und	210.00	22680.00
Estructura (inc. Accesorios de montaje)	2	Und	3737.66	7475.32
Cable Solar XLPE Rojo 6 mm <sup>2</sup>	100	m	2.12	212.00
Cable Solar XLPE Negro 6 mm <sup>2</sup>	100	m	2.12	212.00
Cable solar XLPE Rojo 16 mm <sup>2</sup>	50	m	4.90	245.00
Cable solar XLPE Negro 16 mm <sup>2</sup>	50	m	4.90	245.00
Llave termomagnética 63 A	12	Und	22.77	273.19
Fusible 80 A	24	Und	6.24	149.87
Fusible 100 A	4	Und	8.32	33.28
Porta Fusible	24	Und	21.94	526.61
Protección sobretensiones	26	Und	67.94	1766.44
Conectores 16 mm <sup>2</sup>	24	Und	8.50	204.00
Tablero derivado 400x300x200	24	Und	81.88	1965.12
Tubería PVC Conduit corrugado 1/2"	150	m	0.70	105.00
<b>Total</b>				<b>172,543.63</b>

Notas:

1. Precio en dólares americanos
2. Precios incluyen IGV

De la tabla se obtiene la inversión total de los sistemas fotovoltaicos es decir tanto del lado Huaraz como del lado Chacas teniendo como resultado la inversión de USD 172,543.63

De igual manera se tiene la siguiente inversión para la red de alumbrado LED conformado por los circuitos del lado Huaraz y Chacas.

Tabla 4.47 Inversión de la red de alumbrado LED

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Precio total
Luminaria TAG 2 274 W	22.00	Und	1,167.00	25,674.00
Luminaria TAG 2 232 W	10.00	Und	1,155.22	11,552.20
Luminaria TAG 1 106 W	12.00	Und	774.08	9,288.96
Luminaria TAG 1 60.2 W	10.00	Und	702.10	7,021.00
Luminaria CONTILED 16 W	255.00	Und	177.00	45,135.00
Tablero General 800x1000x250 mm	2.00	Und	151.63	303.25
Tablero derivado 400x300x200	29.00	Und	81.82	2,372.76
Caja de paso	21.00	Und	4.05	84.96
Interruptor Termomagnético 2x63A	2.00	Und	12.18	24.36
Interruptor Termomagnético 2x32A	2.00	Und	7.70	15.40
Interruptor Termomagnético 2x25A	3.00	Und	6.84	20.53
Interruptor Termomagnético 2x20A	28.00	Und	6.84	191.65
Interruptor Termomagnético 2x16A	41.00	Und	6.84	280.64
Interruptor Diferencial 63 A	2.00	Und	35.85	71.70
Interruptor Diferencial 32 A	2.00	Und	28.26	56.52
Interruptor Diferencial 25 A	27.00	Und	28.26	763.08
Relé Temporizador on delay y off delay	14.00	Und	28.44	398.13
Cable 25 mm RZ1-K 0,6/1KV	15.00	m	28.93	433.89
Cable 10 mm RZ1-K 0,6/1KV	2308.50	m	5.92	13,657.16
Cable 6 mm RZ1-K 0,6/1KV	4319.98	m	2.76	11,915.67
Cable 4 mm RZ1-K 0,6/1KV	3039.20	m	1.99	6,047.47
Cable 2.5 mm RZ1-K 0,6/1KV	2467.38	m	1.48	3,641.43
Bandeja metálica porta cables 200X100X1.2 - L2.4m	3831.61	m	21.28	81,555.73
<b>Total</b>				<b>220,505.49</b>

Notas:

1. Precio en dólares americanos
2. Precios incluyen IGV

De la tabla se obtiene la inversión total de la red de alumbrado LED es decir tanto del circuito del lado Huaraz como del circuito de lado Chacas teniendo como resultado la inversión de USD 220,505.49.

Para las puestas a tierras se está considerando la siguiente inversión de USD 3237.28, el cual se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 4.48 Inversión en sistemas de puestas a tierra

<b>Sistema de puestas a tierra</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>Unidad</b>	<b>PU</b>	<b>PT</b>
Varilla de cobre 3/4" x 2.4 m	16.00	Und	101.86	1629.76
Conector de cobre de 3/4"	16.00	Und	4.83	77.28
Cemento Conductivo x 25Kg	16.00	Und	34.44	551.04
Bentonita Sódica Tierra Gel x 30 kg	16.00	Und	6.36	101.76
Caja Registro de Concreto	16.00	Und	12.74	203.84
Gel Conductivo x 5 kg Para Pozo a Tierra	16.00	Und	42.10	673.60
Total				3237.28

Notas:

1. Precio en dólares americanos
2. Precios incluyen IGV

En la siguiente tabla a continuación se muestra el monto total de la inversión.

Tabla 4.49 Inversión total

<b>Descripción</b>	<b>Inversión</b>
Sistemas fotovoltaicos	172,438.63
Red de alumbrado LED	220,505.49
Sistemas de puestas a tierra	3237.28
Total	396,181.4

Notas:

1. Precio en dólares americanos
2. Precios incluyen IGV

Por tanto, se concluye que el monto total de la inversión es de USD 396,181.4.

### **Costo de operación**

Para la operación de este sistema se ha considerado a un técnico operador y de mantenimiento a tiempo parcial que será personal de la región Ancash por lo tanto no tendrá costo.

### **Ingresos por operación**

La energía total producida al año por el sistema fotovoltaico 210.23 KWh según el detalle de la tabla

Tabla 4.50 Demanda total de la red de alumbrado LED

<b>Descripción</b>	<b>Consumo en KWh</b>
Demanda de la red de alumbrado LED lado Huaraz	105.23
Demanda de la red de alumbrado LED lado Chacas	105.00
Demanda de la red de alumbrado LED total	210.23

Por lo tanto, en los 20 años de operación se van a producir 1534.7 MWh. Aplicando la ecuación (2.20)

$$\text{Costo por KWh} = \frac{\text{Inversión total}}{\text{Energía generada en } t \text{ años}}$$

$$\text{Costo por KWh} = 258.17 \text{ USD/MWh}$$

Por lo tanto, en los 20 años de operación se van a producir 1534.7 MWh. Dividiendo el monto total de inversión y operación entre la cantidad de energía nos da un costo de producción (LCOE) de 258.17 USD/MWh

### **Ingresos por venta de carbono (como recomendación)**

Según el autor Valdiviezo (2021), menciona los parámetros a tener cuenta el cálculo del CO2 emitido y reducido según el Institute for sustainability Analysis and strategy (IINAS) mediante el programa Global Emission Model for integrated Systems (GEMIS) se establece la emisión de CO2 mediante módulos fotovoltaicos monocristalinos para la producción de energía eléctrica un valor de 0.135 Kg/KWh y una reducción de CO2 de 0.428 Kg/KWh.

El consumo de energía por parte de la red de alumbrado LED es constante y al día se tiene 210.23 KWh como se vio en el análisis del costo por generación de energía, por lo que multiplicando por 365 días se obtendrá el consumo anual siendo este un valor de 76733.95 KWh.

$$CO2_{emitido} = 76733.95 \times 0.135$$

$$CO2_{emitido} = 10359.08 \text{ Kg/año}$$

Lo que es equivalente en toneladas

$$CO2_{emitido} = 10.359 \text{ TN/Año}$$

Calculando la reducción de CO2 por la generación de energía mediante módulos fotovoltaicos.

$$CO2_{reducida} = 76733.95 \times 0.428$$

$$CO2_{reducida} = 32842.13 \text{ Kg/año}$$

Lo que es equivalente en toneladas

$$CO2_{reducida} = 32.84 \text{ TN/año}$$

El ministerio de economía y finanzas del Perú (2020) estableció el precio social por disminución en emisiones de carbono, el cual permite que se incorpore para la evaluación y viabilidad económica por disminuir o aumentar las emisiones por CO2, este valor es de 7.17 USD/TNCo2.

Por tanto, del valor obtenido del CO2 reducido se tiene que, al año se producen los siguientes ingresos por venta de carbonos.

$$VentaCO2_{reducida} = 32.84 \times 7.17$$

$$VentaCO2_{reducida} = 235.46 \text{ USD/año}$$

Para 20 años de tiempo de vida útil de los sistemas fotovoltaicos se obtendría hasta 4709.25 USD de ingresos por reducir emisiones de CO2.

### **Vida útil de los componentes**

Debido a que los componentes del sistema fotovoltaico y de la red de alumbrado LED presentan una vida útil, hay que estimar futuras inversiones para el reemplazo de los mismos y así garantizar la generación de energía y los niveles de luminancia en el túnel hasta un plazo de 20 años. La obtención de la vida útil se da por parte de los fabricantes de cada componente, los cuales se muestran en la siguiente tabla

Tabla 4.51 Vida útil de componentes en años

<b>Componentes</b>	<b>Vida útil en años</b>
Módulos fotovoltaicos	25
Controladores	10
Inversores	10
Baterías de Litio	15
Luminarias LED	11

Nota: Obtenido de fichas técnicas del fabricante

En el caso de las luminarias LED, solo las luminarias tipo 5 (Contiled 16W) se establecieron para operar las 24 horas, según lo detallado en la Etapa II de dimensionamiento de la red de alumbrado LED, por lo que este tipo de luminaria debe ser reemplazada en el año 11, en el caso de las luminarias tipo 1,2,3 y 4 estas operaran solo 12 horas al día, por lo que su tiempo de vida útil se extiende hasta el año 22 para ser reemplazadas, debido a que el presente proyecto solo se prevé 20 años, solo tendremos en consideración el reemplazo de las luminarias tipo 5.

### **Flujo de caja**

Para determinar el flujo de caja, es necesario conocer los ingresos y egresos que se darán según la vida útil de los componentes para reemplazar, a continuación, se muestra el flujo de caja en la siguiente tabla para un periodo de 20 años de operación de los generadores fotovoltaicos.

Tabla 4.52 Flujo de caja en un periodo de evaluación de 20 años (primera parte)

<b>Años</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>Ingresos</b>											
<b>Venta de bonos de carbono</b>	0.00	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46
<b>Total de ingresos</b>	0.00	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46
<b>Egresos</b>											
<b>Reemplazo Módulos fotovoltaicos</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Reemplazos controladores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10004.52
<b>Reemplazo de baterías</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Reemplazo de inversores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10526.32
<b>Reemplazo de luminarias LED</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total de gastos</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20530.84
<b>Margen</b>	0.00	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	-20295.38
<b>Inversión</b>	396181.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Flujo de caja</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	396181.40	395945.94	395710.48	395475.02	395239.56	395004.10	394768.64	394533.18	394297.72	394062.26	414357.64

Notas:

1. Precio en dólares americanos
2. Periodo de evaluación 20 años

Tabla 4.53 Flujo de caja en un periodo de evaluación de 20 años (segunda parte)

<b>Años</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>Ingresos</b>										
<b>Venta de bonos de carbono</b>	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46
<b>Total de ingresos</b>	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46
<b>Egresos</b>										
<b>Reemplazo de Módulos fotovoltaicos</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Reemplazo de controladores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Reemplazo de baterías</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	115919.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Reemplazo de inversores</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Reemplazo de luminarias LED</b>	38250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total de gastos</b>	38250.00	0.00	0.00	0.00	115919.96	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Margen</b>	-38014.54	235.46	235.46	235.46	-	235.46	235.46	235.46	235.46	235.46
					115684.50					
<b>Inversión</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Flujo de caja</b>	-452372.18	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		452136.72	451901.26	451665.80	567350.30	567114.84	566879.38	566643.92	566408.46	566173.00

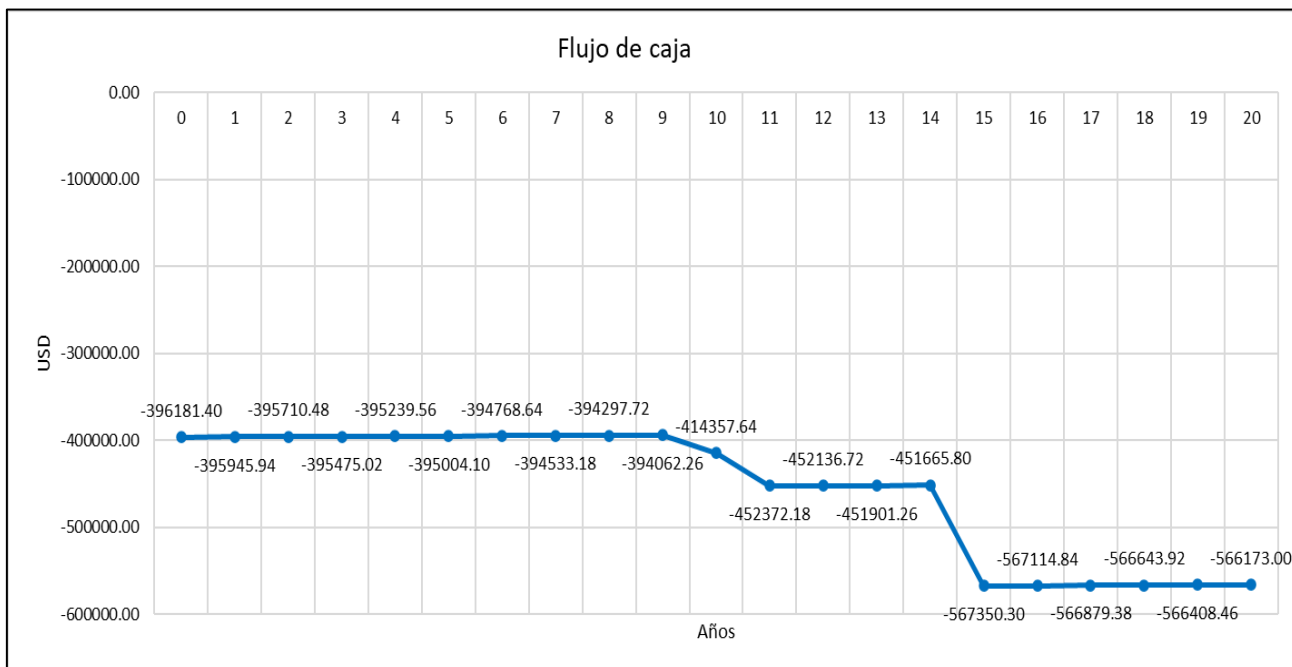
Notas:

1. Precio en dólares americanos
2. Periodo de evaluación 20 años



Según los resultados del flujo de caja obtenidos en un periodo de evaluación de 20 años, se presenta la siguiente imagen para una mejor interpretación del flujo de caja.

Figura N° 4.44 Flujo de caja



Como se observa en la anterior imagen la curva generada por el flujo de caja del proyecto no llega a superar el eje horizontal el cual representaría la recuperación de la inversión, debido que no se tienen ingresos por venta de energía, además los componentes tienen altos costos de adquisición, lo cual no permite generar ahorros dentro del periodo establecido, por lo que esta investigación es más orientada al beneficio social y no al económico.

### Valor neto actual (VAN)

Este valor es obtenido por medio de la inversión inicial y el flujo de caja de la rentabilidad del proyecto, en este caso para un periodo de 20 años y un tipo de interés definido.

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

Siendo  $I_0$  la inversión del proyecto,  $V_t$  los flujos de caja para cada periodo el cual se denomina "t", el número de periodos representado por n y una tasa de retorno representado por k.

Tasa interna de retorno (TIR): Tasa de descuento que genera que el valor del VAN sea igual a cero.

Estimando valores para K=10% se muestra la siguiente tabla con los valores

Tabla 4.54 VAN cuando K=10%

<b>Año</b>	<b>Egresos (USD)</b>	<b>Ingresos por venta de bonos</b>	<b>Margen</b>	<b>Factor de descuento</b>	<b>Valor actual</b>	<b>Acumulado</b>
0	-396181.40	0.00	-396181.40	1.00	-396181.40	-396181.40
1	0.00	235.46	235.46	0.91	259.01	-395922.39
2	0.00	235.46	235.46	0.83	284.91	-395637.49
3	0.00	235.46	235.46	0.75	313.40	-395324.09
4	0.00	235.46	235.46	0.68	344.74	-394979.35
5	0.00	235.46	235.46	0.62	379.21	-394600.14
6	0.00	235.46	235.46	0.56	417.13	-394183.01
7	0.00	235.46	235.46	0.51	458.84	-393724.17
8	0.00	235.46	235.46	0.47	504.73	-393219.44
9	0.00	235.46	235.46	0.42	555.20	-392664.23
10	20530.84	235.46	-20295.38	0.39	-52640.98	-445305.21
11	38250.00	235.46	-38014.54	0.35	-108459.92	-553765.13
12	0.00	235.46	235.46	0.32	738.97	-553026.16
13	0.00	235.46	235.46	0.29	812.87	-552213.28
14	0.00	235.46	235.46	0.26	894.16	-551319.13
15	115919.96	235.46	-115684.50	0.24	-483242.87	-1034561.99
16	0.00	235.46	235.46	0.22	1081.93	-1033480.06
17	0.00	235.46	235.46	0.20	1190.13	-1032289.93
18	0.00	235.46	235.46	0.18	1309.14	-1030980.80
19	0.00	235.46	235.46	0.16	1440.05	-1029540.74
20	0.00	235.46	235.46	0.15	1584.06	-1027956.69

Notas:

1. Montos en dólares americanos
2. VAN de -\$1027956.69 cuando K=10%

De igual manera para K= 3% se muestra la siguiente tabla con los valores

Tabla 4.55 VAN cuando K=3%

Año	Egresos (USD)	Ingresos por venta de bonos (USD)	Margen (USD)	Factor de descuento	Valor actual (USD)	Acumulado (USD)
0	-396181.40	0.00	-396181.40	1.00	-396181.40	-396181.40
1	0.00	235.46	235.46	0.97	242.52	-395938.88
2	0.00	235.46	235.46	0.94	249.80	-395689.08
3	0.00	235.46	235.46	0.92	257.29	-395431.78
4	0.00	235.46	235.46	0.89	265.01	-395166.77
5	0.00	235.46	235.46	0.86	272.96	-394893.81
6	0.00	235.46	235.46	0.84	281.15	-394612.66
7	0.00	235.46	235.46	0.81	289.59	-394323.07
8	0.00	235.46	235.46	0.79	298.27	-394024.80
9	0.00	235.46	235.46	0.77	307.22	-393717.57
10	20530.84	235.46	-20295.38	0.74	-27275.29	-420992.86
11	38250.00	235.46	-38014.54	0.72	-52621.01	-473613.88
12	0.00	235.46	235.46	0.70	335.71	-473278.17
13	0.00	235.46	235.46	0.68	345.78	-472932.39
14	0.00	235.46	235.46	0.66	356.15	-472576.23
15	115919.96	235.46	-115684.50	0.64	-180232.68	-652808.91
16	0.00	235.46	235.46	0.62	377.84	-652431.07
17	0.00	235.46	235.46	0.61	389.18	-652041.89
18	0.00	235.46	235.46	0.59	400.85	-651641.03
19	0.00	235.46	235.46	0.57	412.88	-651228.15
20	0.00	235.46	235.46	0.55	425.27	-650802.89

Notas:

1. Montos en dólares americanos
2. VAN de -\$650802.89 cuando K=3%

Debido a que en el análisis del VAN los valores obtenidos son negativos, no es posible determinar el valor de TIR.

En conclusión, tenemos que la implementación del sistema fotovoltaico en el lado Huaraz y lado Chacas y la red de alumbrado LED desde un punto de vista económico no es rentable, debido a los altos costos de implementación y el reemplazo de los mismos componentes cada cierto tiempo como se vio en el diagrama de rentabilidad del proyecto.

## V. RESULTADOS

### 5.1 Resultados Descriptivos

#### 5.1.1 Etapa I: Resultados del potencial solar

Realizando la comparación entre la base datos de Meeonorm y NASA POWER, se puede concluir que, en el peor de los escenarios, la incidencia solar en la zona del proyecto es de 4.20 KWh/m<sup>2</sup>/día y en un escenario favorable se puede obtener niveles de hasta 7.25 KWh/m<sup>2</sup>/día.

#### 5.1.2 Etapa II: Resultados de la demanda de la red de alumbrado

##### División del túnel

En el punto 4.6.2 se explicó el motivo por el cual es conveniente realizar una división del túnel, los cuales son los siguientes:

- Lado Huaraz (Sentido de Norte a Sur)
- Lado Chacas (Sentido de Sur a Norte)

##### Luminancia por zonas del túnel

En este punto determinamos la clase del túnel punta olímpica el cual se obtuvo a partir de memoria descriptiva, también se obtuvo la distancia de parada para este tipo de túnel, a continuación, se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 5.1 Características del Túnel punta Olímpica

<b>Características del túnel punta olímpica</b>	
Sentido	Bidireccional
Intensidad de trafico	Bajo
Tipo de trafico	Mixto
Velocidad de tránsito (km/hora)	30
Clase de túnel	2
Distancia de parada (m)	23.5

Establecido la clase del túnel y calculada la distancia de parada, se determinó los valores de luminancia de cada zona del túnel punta olímpica dividida en los lados Huaraz y Chacas, en el cual se obtuvieron los siguientes resultados detallados en la Tabla 5.2 y la Tabla 5.3 Niveles de luminancia en el lado Chacas

Tabla 5.2 Niveles de luminancia en el lado Huaraz

<b>Zona</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Longitud acumulada (m)</b>	<b>Luminancia (cd/m<sup>2</sup>)</b>
Acceso	0	0	4200
Umbral 1	11.75	11.75	126
Umbral 2	11.75	23.5	50.55
Transición 1	16.66	40.16	18.04
Transición 2	16.66	56.82	9.99
Transición 3	16.66	73.48	6.59
Transición 4	16.66	90.14	4.77
Transición 5	16.66	106.8	3.67
Transición 6	16.66	123.46	2.94
Transición 7	16.66	140.12	2.43
Transición 8	16.66	156.78	2.05
Transición 9	16.66	173.44	1.76
Transición 10	16.66	190.1	1.54
Interior	501.9	692	1.5

Nota: Longitud en zona de transición obtenido aplicando la ecuación (2.5)

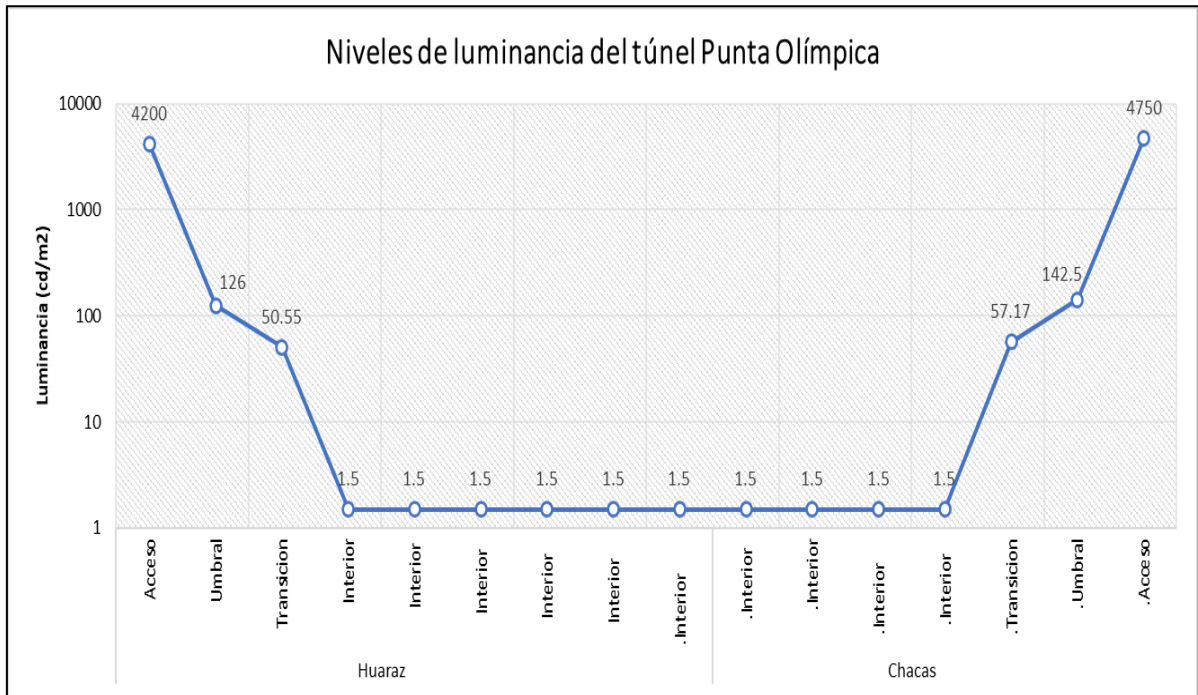
De la misma manera que en el lado Huaraz, se obtuvieron los siguientes resultados en el lado Chacas los cuales se muestran en la siguiente tabla a continuación.

Tabla 5.3 Niveles de luminancia en el lado Chacas

<b>Zona</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Longitud acumulada (m)</b>	<b>Luminancia (cd/m<sup>2</sup>)</b>
Acceso	0	0	4750
Umbral 1	11.75	11.75	142.5
Umbral 2	11.75	23.5	56.98
Transición 1	16.66	40.16	20.41
Transición 2	16.66	56.82	11.30
Transición 3	16.66	73.48	7.45
Transición 4	16.66	90.14	5.40
Transición 5	16.66	106.8	4.15
Transición 6	16.66	123.46	3.32
Transición 7	16.66	140.12	2.74
Transición 8	16.66	156.78	2.32
Transición 9	16.66	173.44	1.99
Transición 10	16.66	190.1	1.74
Interior	501.9	692	1.50

Nota: Longitud en zona de transición obtenido aplicando la ecuación (2.5)

Figura N° 5.1 Niveles de luminancia en el túnel Punta Olímpica

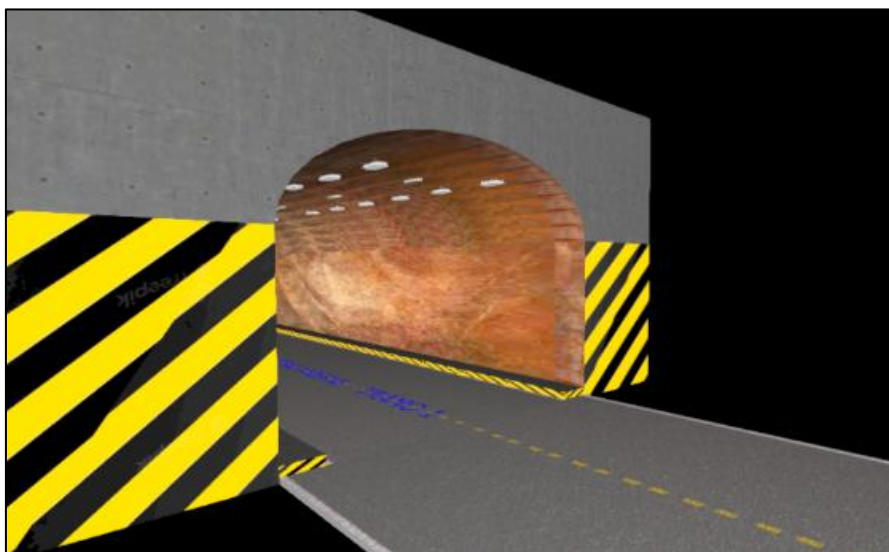


### Selección y distribución de luminarias

#### Simulación en DIALux evo

Para la realización de la simulación en el DIALux evo se hizo el modelado en 3D basado en las dimensiones del túnel para así tener una simulación más precisa, para ello se utilizó el catálogo virtual de luminarias con aplicación en iluminación de túneles.

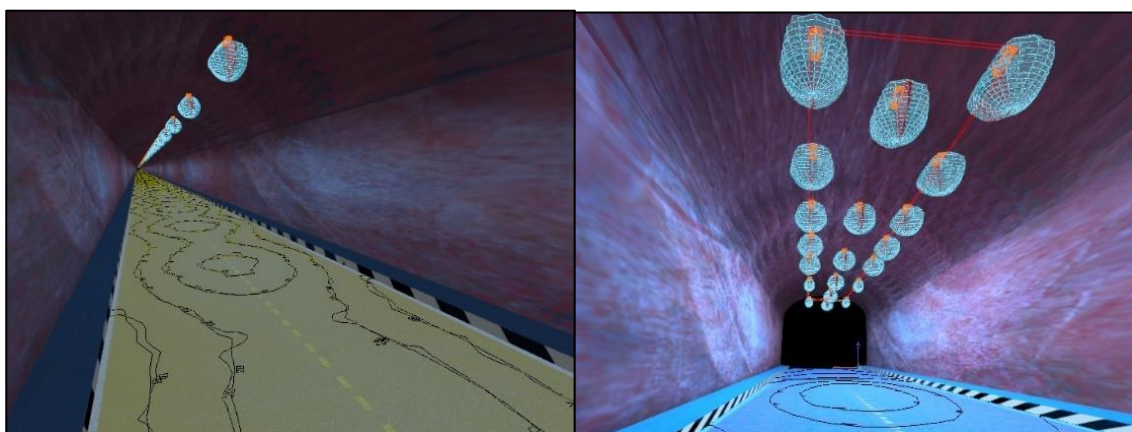
Figura N° 5.2 3D del túnel Punta Olímpica Zona Umbral tramo 1 y 2



Fuente: elaboración Propia extraído del Dialux

Debido a que el túnel es muy largo y que el cálculo está separado por zonas y tramos, se optó por hacer la simulación de la misma manera por zonas y tramos Y de esa manera tener un mejor control y manejo del software.

Figura N° 5.3 3D del túnel Punta Olímpica Zona interior y zona de transición



Fuente: elaboración Propia extraído del Dialux

Luego de hacer el 3D y en base a la selección de luminarias, se insertó las luminarias en el DIALux evo, también se tuvo en cuenta el cálculo del nivel de luminancia ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) para así determinar la distribución correcta en el software. Los resultados de la simulación en comparación con los cálculos respecto a la luminancia se aprecian en la Tabla 5.4 y la Tabla 5.5.

Tabla 5.4 Comparación de la luminancia calculada con la luminancia obtenida de la simulación del software DIALux evo en el lado Huaraz

Zona		Longitud (m)	Turno	Cálculo de luminancia ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )	Luminancia obtenida en Dialux ( $\text{cd}/\text{m}^2$ )	Cantidad de Luminarias	Potencia de Luminarias (W)
<b>Zona de acceso (L20)</b>		0		0	0	0	0
<b>Zona de Umbral (Lth)</b>	Tramo 1	11.75	Día	126	129	10	274
			Noche	1.5	1.54	3	16
	Tramo 2	11.75	Día	50	69.6	4	232
			Noche	1.5	1.54	3	16
<b>Zona de transición (Ltr)</b>	Tramo 1	16.66	Día	18.04	20.5	6	106
			Noche	1.5	1.77	3	16
	Tramo 2	16.66	Día	9.99	10.5	4	60.2
			Noche	1.5	1.77	3	16
	Tramo 3	16.66	Día	6.59	7.01	13	16
			Noche	1.5	1.77	3	16

## Continuación

Zona	Longitud (m)	Turno	Cálculo de luminancia (cd/m <sup>2</sup> )	Luminancia obtenida en Dialux (cd/m <sup>2</sup> )	Cantidad de Luminarias	Potencia de Luminarias (W)	
<b>Zona de transición (Ltr)</b>	Tramo 4	Día	4.77	5.2	8	16	
		Noche	1.5	1.77	3	16	
	Tramo 5	Día	3.67	3.86	7	16	
		Noche	1.5	1.77	3	16	
	Tramo 6	Día	2.94	3.1	5	16	
		Noche	1.5	1.77	3	16	
	Tramo 7	Día	2.43	2.83	5	16	
		Noche	1.5	1.77	3	16	
	Tramo 8	Día	2.05	2.44	4	16	
		Noche	1.5	1.77	3	16	
	Tramo 9	Día	1.76	1.77	3	16	
		Noche	1.5	1.77	3	16	
	Tramo 10	Día	1.54	1.77	3	16	
		Noche	1.5	1.77	3	16	
	<b>Zona interior (Lin)</b>	Tramo 1	Día	1.5	1.54	90	16
			Noche	1.5	1.54	90	16

Tabla 5.5 Comparación de la luminancia calculada con la luminancia obtenida de la simulación del software DIALux evo en el lado Chacas.

Zona	Longitud (m)	Turno	Cálculo de luminancia (cd/m <sup>2</sup> )	Luminancia obtenida en Dialux (cd/m <sup>2</sup> )	Cantidad de Luminarias	Potencia de Luminarias (W)
<b>Zona interior (Lin)</b>	Tramo 1	Día	1.5	1.54	40	16
		Noche	1.5	1.54	40	16
<b>Zona de transición (Ltr)</b>	Tramo 10	Día	1.74	1.87	3	16
		Noche	1.5	1.77	3	16
	Tramo 9	Día	1.99	2.23	4	16
		Noche	1.5	1.77	3	16
	Tramo 8	Día	2.32	2.44	4	16
		Noche	1.5	1.77	3	16
	Tramo 7	Día	2.74	2.83	5	16
		Noche	1.5	1.77	3	16
	Tramo 6	Día	3.32	3.7	6	16
		Noche	1.5	1.77	3	16
	Tramo 5	Día	4.15	4.44	8	16
		Noche	1.5	1.77	3	16



Zona	Longitud (m)	Turno	Cálculo de luminancia (cd/m <sup>2</sup> )	Luminancia obtenida en Dialux (cd/m <sup>2</sup> )	Cantidad de Luminarias	Potencia de Luminarias (W)
Zona de transición (Ltr)	Tramo 4	Día	5.4	6.24	9	16
		Noche	1.5	1.77	3	16
	Tramo 3	Día	7.45	8.04	15	16
		Noche	1.5	1.77	3	16
	Tramo 2	Día	11.3	11.9	6	60.2
		Noche	1.5	1.77	3	16
	Tramo 1	Día	20.41	22	6	106
		Noche	1.5	1.77	3	16
Zona de Umbral (Lth)	Tramo 2	Día	56.98	75.3	6	232
		Noche	1.5	1.54	3	16
	Tramo 1	Día	142.5	150	12	274
		Noche	1.5	1.54	3	16
Zona de acceso (L20)	0		0	0	0	0

Como se aprecia en las tablas el resultado de luminancia obtenido en el software DIALux evo son mayores a los cálculos obtenidos según la normativa, el cual nos confirma que la selección y distribución de luminarias elegidas son las correctas para esta investigación.

### Cálculo de la potencia nominal de la red de alumbrado LED

Una vez seleccionado las luminarias para cada tramo del túnel e identificado la cantidad de las mismas, calculamos la potencia nominal de la red de alumbrado, el cual es dividida en un circuito durante el día y otro para la noche.

En el lado Huaraz se obtuvo 6.85 KW y en el lado Chacas 7.45 KW, que son las potencias generadas durante el día cuando se requiere mayores niveles de luminancia, a continuación, se detalla los resultados en la siguiente tabla:

Tabla 5.6 Potencia nominal en los lados Huaraz y Chacas

Lados	Potencia en el día	Potencia en la noche
Huaraz	6.85	1.92
Chacas	7.45	1.30
Total	14.30	3.22

Notas:

1. Potencia nominal en KW
2. Potencia nominal mayor durante el día que en la noche

## Cálculo del consumo de la red de alumbrado LED

Para realizar este cálculo, se determinó un horario para las luminarias que funcionan durante el día y la noche siendo el resultado de este procedimiento en el lado Huaraz de 105.2 KWh y de 105.0 KWh en el lado Chacas.

Tabla 5.7 Consumo de energía eléctrica en los lados Huaraz y Chacas

Lados	Consumo en el día	Consumo en la noche	Total (KWh)
Huaraz	82.200	23.040	105.230
Chacas	89.434	15.552	105.000

Notas:

1. Consumo en KWh
2. Consumo de energía mayor durante el día que en la noche

### 5.1.3 Etapa III: Resultados del dimensionamiento del sistema fotovoltaico

#### Dimensionamiento Fotovoltaico

Debido que el túnel fue dividido en dos lados para reducir pérdidas por caída de tensión, tratando de equilibrar los consumos de energía, se dimensionara como consumos iguales tanto para el lado Huaraz y el lado Chacas para obtener la misma cantidad de componentes en la instalación fotovoltaica.

#### Sistema fotovoltaico

Según los cálculos realizados en esta investigación, considerando la ubicación geográfica, la menor incidencia de radiación en las zonas de ubicación de los módulos fotovoltaicos y el consumo demandado por la Red de alumbrado de cada lado del túnel, se obtuvieron los siguientes resultados:

##### Zona Huaraz

- El ángulo de elevación de los módulos fotovoltaicos es de 20° con orientación hacia el norte.
- La tensión nominal del sistema es de 48 V.
- La potencia nominal de generación es de 28.9 KWp.
- Los generadores fotovoltaicos están conformados por un total de 54 módulos fotovoltaicos, con una potencia pico de 535 Wp cada uno.
- Se tiene 6 arreglos fotovoltaicos, de los cuales cada uno está conformado por 3 módulos fotovoltaicos conectados en serie y 3 módulos fotovoltaicos en paralelo.

- Se contará con 26 baterías de 100 Ah conectadas en paralelo para almacenar energía para un día de autonomía.
- Se contará con 6 controladores, 1 por cada arreglo fotovoltaico.
- Se contará con un inversor de capacidad de 10 KVA.
- El área requerida para la instalación es de 139 m2.

### **Zona Chacas**

- El ángulo de elevación de los módulos fotovoltaicos es de 20° con orientación hacia el norte.
- La tensión nominal del sistema es de 48 V.
- La potencia de generación es de 28.9 KWp.
- Los generadores fotovoltaicos están conformados por un total de 54 módulos fotovoltaicos, con una potencia pico de 535 Wp cada uno.
- Se tiene 6 arreglos fotovoltaicos, de los cuales cada uno está conformado por 3 módulos fotovoltaicos conectados en serie y 3 módulos fotovoltaicos en paralelo.
- Se contará con 26 baterías de 100 Ah conectadas en paralelo para almacenar energía para un día de autonomía.
- Se contará con 6 controladores, 1 por cada arreglo fotovoltaico.
- Se contará con un inversor de capacidad de 10 KVA.
- El área requerida para la instalación es de 139 m2.

Por lo que cantidad de componentes para el sistema fotovoltaico en cada lado del túnel (Huaraz y Chacas) se detalla a continuación:

Tabla 5.8 Total de componentes para cada sistema fotovoltaico

<b>Lado</b>	<b>Lado Huaraz</b>	<b>Lado Chacas</b>
Componentes principales	Cantidad	Cantidad
Módulos fotovoltaicos (unidades)	54	54
Baterías (unidades)	26	26
Controlador (unidades)	6	6
Inversor (Unidades)	1	1
Área requerida (m2)	139	139

Fuente: Elaboración propia con valores tomados del PVsyst 7.2

#### **5.1.4 Etapa IV: Resultados de evaluación económica**

##### **Inversión**

Se realizó la elaboración del presupuesto en base al costo de los componentes de la instalación de los sistemas fotovoltaicos y de la red de alumbrado LED teniendo como resultado una inversión total de USD 396,181.4.

##### **Costo por la generación de energía eléctrica**

se obtuvo que la cantidad de energía generada al año es de 7673 MWh, tomando lo hallado como referencia de energía generada en promedio al año, en 20 años se tendría 1534.7 MWh.

Tomado la relación entre la inversión total y la energía generada en los próximos 20 años obtuvimos el costo por MWh del sistema fotovoltaico, el cual nos indica que, para la elaboración de esta investigación, el costo de la energía tendría un valor de 258.17 USD/MWh

##### **Flujo de caja**

Para el flujo de caja se tuvo en cuenta los ingresos y egresos, para los ingresos se consideró la venta de huella de carbono y los egresos se consideró el reemplazo de componentes por vida útil.

Se observó que el flujo de caja del proyecto no es factible debido a que, los componentes tienen altos costos de inversión y de la misma manera el costo que tendría reemplazarlas no nos permitiría generar ahorros dentro del periodo establecido.

##### **VAN**

Los valores obtenidos del VAN son menores a cero, y estos valores decrecen si se analiza con tasas de interés de retorno (TIR) más altas, por tanto, desde el punto de vista económica, el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico no es viable

## **VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados**

#### **6.1.1 Contrastación de la Hipótesis general**

Para el presente trabajo de investigación se planteó la siguiente hipótesis general.

“Sí se dimensiona un sistema fotovoltaico se obtendrá una propuesta para la generación de energía eléctrica a una red de alumbrado Led en el túnel Punta Olímpica”.

El cual se logra luego de obtener los valores de irradiación solar, los niveles de luminancia, la potencia solar generada por el sistema fotovoltaico y el uso de software donde se validó los componentes seleccionados. De esta manera se logra iluminar el túnel punta Olímpica en una zona que carece de electrificación rural.

Por lo que se prueba que la hipótesis general formulada es válida.

#### **6.1.2 Contrastación de las Hipótesis específicas**

“La obtención de los valores de incidencia solar nos determinará el potencial solar en la zona del proyecto”.

Los cuales se obtuvieron luego de realizar la comparativa de dos bases de datos de registros de incidencia solar de los últimos 5 años, del cual se eligió el menor valor de 4.2 KWh/m<sup>2</sup>/día que cuenta con el potencial solar para realizar el dimensionamiento fotovoltaico y garantizar la generación de energía en un escenario desfavorable.

Por lo que se demuestra que la primera hipótesis específica formulada es válida.

“El cálculo de los niveles de luminancia nos determinará el consumo de energía eléctrica de la red de alumbrado LED”.

Se determinó el consumo de energía del cual se tiene un valor de 105.2 KWh en el lado Huaraz y un valor de 105 KWh del lado Chacas, a partir de los cálculos realizados para determinar los niveles de luminancia necesarios para cada zona del túnel cumpliendo las normativas vigentes respecto a iluminación en túneles

viales y a partir de ello establecer la cantidad de luminarias LED, su respectiva potencia y la cantidad de horas de funcionamiento.

Por lo que se demuestra que la segunda hipótesis específica formulada es válida.

“La determinación de la potencia a generar en el sistema fotovoltaico permitirá que cubra la demanda de consumo de la red de alumbrado LED”.

Se determinó la potencia solar donde los generadores fotovoltaicos del lado Huaraz y lado Chacas cuentan con 28.9 KWp cada uno, con ello se cubre la demanda de consumo de la red de alumbrado LED del túnel Punta Olímpica.

Por lo que se demuestra que la tercera hipótesis específica formulada es válida.

“La simulación mediante software permitirá la validación de la selección de componentes”.

Se validó los componentes seleccionados por la red de alumbrado LED y el sistema fotovoltaico mediante simulación realizada en software como Dialux y PVsyst, de igual manera se valida los resultados obtenidos del cálculo de los niveles de luminancia y el dimensionamiento fotovoltaico.

Por lo que se demuestra que la cuarta hipótesis específica formulada es válida.

## **6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares.**

### **6.2.1 Contrastación de resultados con estudios internacionales**

- El presente trabajo de investigación está de acuerdo respecto al aporte del autor Villagómez (2018) en su investigación titulada “Evaluación de iluminación en los túneles: Cerro Santa Ana, El Carmen, San Eduardo de la ciudad de Guayaquil, basándose en la Normativa Técnica de Carreteras de España “Orden Circular 36/2015” ya que para efectos de estudios de este trabajo de investigación se obtuvieron los niveles de luminancia para el túnel punta olímpica necesarios para cumplir con las normativas vigentes respecto a iluminación de túneles.
- El presente trabajo de investigación está de acuerdo respecto los autores Catagua y Guerrero (2021) en su investigación titulada “Sistema de alumbrado público aplicado mediante energía renovables para la comuna Masa 2, Golfo de Guayaquil” ya que para efectos de estudios de este trabajo

de investigación se realizó el dimensionamiento fotovoltaico para generar energía y así poder satisfacer la demanda de energía eléctrica de una red de alumbrado LED del túnel punta Olímpica.

- El presente trabajo de investigación está de acuerdo respecto al aporte de los autores Oña y Suquillo (2020) en su investigación titulada “Simulación de un sistema de generación fotovoltaico aislado para zonas rurales del Ecuador” ya que para efectos de estudios de este trabajo de investigación se realizó una simulación del dimensionamiento fotovoltaico con el fin de validar los cálculos realizados y la selección de componentes.

### **6.2.2 Contrastación de resultados con estudios nacionales**

- El presente trabajo de investigación está de acuerdo respecto al aporte del autor El autor Anaya (2019) en su investigación titulada “Diseño y evaluación de sistemas fotovoltaicos autónomos para electrificación rural de los tipos 1, 2 y 3 en áreas no conectadas a la red eléctrica en el Perú” debido a que el túnel Punta Olímpica se ubica en una zona rural la cual no está conectada a la red de electrificación y se realiza el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico a partir de los datos meteorológicos de la zona.
- El presente trabajo de investigación está de acuerdo respecto al aporte del autor Guevara (2018) en su investigación titulada “Aprovechamiento de la energía eléctrica y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en el caserío Nuevo Edén – Yambrasbamba – Amazonas” debido a que el dimensionamiento fotovoltaico permite aprovechar la incidencia solar y de esa manera generar energía eléctrica para una red de alumbrado LED del túnel Punta Olímpica.
- El presente trabajo de investigación está de acuerdo respecto al aporte de los autores Montoya y Escobar (2017) en su investigación titulada “Análisis de indicadores de calidad y rendimiento de iluminación con Dialux en el sistema de alumbrado público con tecnología LED para la ciudad de Chimbote” debido a que se valida los niveles de luminancia calculados y la selección de componentes de la red de alumbrado para el túnel punta olímpica realizando la simulación mediante software.

## VII.CONCLUSIONES

Se dimensionó el sistema fotovoltaico como propuesta para la generación de energía eléctrica y poder cubrir la demanda de una red de alumbrado LED, para ello se tienen 2 generadores fotovoltaicos de 28.89 KWp , del cual cada generador cuenta con 54 módulos fotovoltaico con una potencia de 535 Wp cada uno, 6 controladores donde cada uno tiene la capacidad de 150 V y 85 A, 26 baterías con capacidad total de 2600 Ah y 1 inversor de 10 KVA, con ello se logra la iluminación del túnel Punta Olímpica, demostrando la viabilidad técnica, sin embargo, desde el punto de vista económico, no es viable debido a los altos costos de reemplazo de componentes.

Se obtuvo los valores de incidencia solar a partir de dos bases de datos de los últimos 5 años y seleccionando el menor valor de ellos, el cual es de 4.2 KWh/m<sup>2</sup>/día y a partir de ello se determinó el potencial solar para realizar el dimensionamiento fotovoltaico.

Se calculó los niveles de luminancia los cuales son de 4200 desde cd/m<sup>2</sup> hasta 1.5 cd/m<sup>2</sup> en el lado Huaraz, en el lado Chacas se obtuvo valores 4750 desde cd/m<sup>2</sup> hasta 1.5 cd/m<sup>2</sup> y con ello se determinó el consumo de energía eléctrica de la red de alumbrado LED 105.2 KWh en lado Huaraz y 105 KWh en el lado Chacas.

Se determinó la potencia a generar en el sistema fotovoltaico el cual es de 28.89 KWp en cada uno de los generadores fotovoltaicos del lado Huaraz y del lado Chacas con el que se cubre la demanda de consumo de la red de alumbrado LED”.

Se realizó la simulación mediante software para validar la selección de componentes, en el caso de la red de alumbrado LED se utilizó Dialux para la red de alumbrado LED y PVsyst para el sistema fotovoltaico.



## VIII. RECOMENDACIONES

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico es recomendable conocer el lugar del proyecto para determinar las posibles áreas disponibles y los meses de invierno para determinar el potencial solar, para la red de alumbrado LED se debe tener en cuenta las normativas los cuales deben proporcionar los cálculos y niveles adecuados a determinar.

Para la dimensión del sistema fotovoltaico, es conveniente realizarlo en base al menor valor de incidencia solar en la zona del proyecto para garantizar que el sistema genere energía en un escenario desfavorable.

En el cálculo de los niveles de luminancia es recomendable tomar fotografías en las entradas y salidas del túnel y obtener valores más precisos en la zona de acceso con mayor precisión, también para ahorros por consumo de energía, se recomienda la implementación de dispositivos de automatización, sensores de presencia y proximidad de vehículos para el control de encendido, apagado y control de iluminación en las luminarias.

Para determinar la potencia a generar del sistema fotovoltaico es recomendable tener información sobre las áreas disponibles alrededor del proyecto, además conocer las dimensiones de los componentes seleccionados.

Es preferible usar software para validar los cálculos obtenidos y validar los componentes seleccionado, de esta manera se tiene una idea de cómo se vería en la realidad.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### I. Bibliografía

**ADLER, FLORENCIA, y otros. 2013.** *Energía solar fotovoltaica - Instalaciones industriales.* Universidad Nacional de Mar del Plata. Mar del Plata : s.n., 2013.

**AENOR. 2016.** Tienda Aenor. [En línea] 2016. [Citado el: 6 de Junio de 2022.] <https://tienda.aenor.com/norma-iec-62548-2016-25949>.

**ALONSO ABELLA, MIGUEL. 2005.** Escuela de organizacion industrial. [En línea] 2005. [Citado el: 20 de Abril de 2022.] <https://static.eoi.es/savia/documents/componente45335.pdf>.

**ANAYA HUAMAN, MARCOS. 2019.** *Diseño y evaluación de sistemas fotovoltaicos autónomos para electrificación rural de los tipos 1, 2 y 3 en áreas no conectadas a la red eléctrica en el Perú.* Huancayo : Universidad Nacional del centro del Perú, 2019.

**ARENAS SÁNCHEZ, DANNY ANDRES y ZAPATA CASTAÑO, HODMAN STEVEN. 2011.** *Libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones.* Pereira : Universidad Tecnológica de Pereira, 2011.

**BANDA TOMA, ARMANDO RAPHAEL. 2017.** *Estudio de viabilidad técnica y económica de un sistema fotovoltaico autónomo en las instalaciones de la UCSP.* Arequipa : Repositorio Universidad Católica San Pablo, 2017.

**BASSAN, SHY. 2016.** Sciencedirect. [En línea] Julio de 2016. [Citado el: 2022 de Mayo de 01.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0386111216000066>.

**BERNAL TORRES, César Augusto. 2010.** *Metodología de la investigación.* Tercera. Bogotá : Pearson, 2010. 978-958-699-128-5.

**BNAMERICAS. 2022.** bnamericas.com. [En línea] 11 de Enero de 2022. [Citado el: 12 de Junio de 2022.] <https://www.bnamericas.com/es/noticias/las-lecciones-que-puede-sacar-latinoamerica-de-los-megatuneles-europeos>.

**BOWDEN, STUART y HONSBURG, CHRISTIANA. 2019.** *Photovoltaics Education.* [En línea] 2019. [Citado el: 20 de Enero de 2022.] [www.pveducation.org](http://www.pveducation.org).

**CAMBIO ENERGÉTICO. 2022.** Cambio energético. [En línea] 27 de Enero de 2022. [Citado el: 26 de Junio de 2022.] <https://www.cambioenergetico.com/blog/baterias-de-litio-de-bajo-voltaje/>.

**CANSINOS BAJOS, ANTONIO D. 2015.** *Guía de iluminación en túneles e infraestructura subterránea*. MADRID : Consejería de Economía y Hacienda, organización Dirección General de la industria, Energía y Minas, 2015.

**CASTEJÓN, AGUSTÍN y SANTAMARÍA, GERMAN. 2010.** *Instalaciones fotovoltaicas*. Madrid : Editex, 2010. 9788497717496.

**CATAGUA MERA, KEVIN DAVID y GUERRERO SANTANA, GUSTAVO LEONARDO. 2021.** *Sistema de alumbrado publico aplicado mediante energia renovable para la comuna masa 2, Golfo de Guayaquil*. Guayaquil : Universidad Politecnica Salesiana, 2021.

**COMISION DE REGLAMENTOS TÉCNICOS Y COMERCIALES - INDECOPI. 2002.** *Instalaciones electricas en edificios. Seleccion e instalacion de equipos electricos. Capacidad de corriente nominal de conductores en canalizaciones*. Lima : s.n., 2002.

**CONSORCIO VIAL CARHUAZ. 2011.** *Estudio Definitivo del Proyecto Rehabilitación y Mejoramiento de la Carretera Callejón de Huaylas – Chacas – San Luís*. Huaraz : s.n., 2011.

**CRUZ HERNANDEZ, ARELY. 2018.** *Proyecto de factibilidad de una MIPYME de planificacion y organizacion de eventos en la ciudad y puerto de Altamira*. Madero : Repositorio Tecnológico Nacional de México, 2018.

**DIALUX. 2022.** Dialux. [En línea] 2022. [Citado el: 12 de Junio de 2022.] <https://www.dialux.com/es-ES/dialux>.

**DÍAZ CONCORBADO, TOMAS y CARMONA RUBIO, GUADALUPE. 2010.** *Instalaciones Solares Fotovoltaiicas*. Madrid : McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2010.

**ECOMEDIOAMBIENTE. 2014.** Ecomedioambiente. [En línea] 23 de Enero de 2014. [Citado el: 2022 de 01 de 10.] <http://ecomedioambiente.com/energia/tecnologia-led/>.

**ESPINOZA MONTES, CIRO. 2014.** *Metodologia de la investigacion cientifica*. Huancayo : Ciro Espinoza Montes, 2014.

- FACOR. 2021.** Facor.cl. [En línea] Marzo de 2021. [Citado el: 12 de Junio de 2022.] <https://facor.cl/wp-content/uploads/2021/03/Conectores-en-plantas-solares.pdf>.
- FERNANDEZ D., y otros. 2002.** *Energía Solar Fotovoltaico*. Madrid : Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicacion, 2002. 978-84-935049-6-0.
- FIGUEROA MONTAÑO, ARTURO, RAMIREZ SANCHEZ, HERMES ULISES y ÁLCALA GUTIERREZ, JAIME. 2014.** *Introducción a la metodología experimental*. Mexico D.F. : Pearson, 2014.
- FUNDACION ENDESA. 2022.** Fundacionendesa.org. [En línea] 2022. [Citado el: 2022 de Enero de 20.] <https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/instalacion-electrica-domestica>.
- GIGAVISION. 2021.** Gigavision.eu. [En línea] 2021. [Citado el: 02 de 06 de 2022.] <https://gigavision.eu/lighting-technology-comparison/lighting-technology-comparison-2/>.
- GRANDE RUIZ DE LA TORRE, JOSE LUIS. 2014.** *Iluminación con LEDs. Iluminación con LEDs*. Zaragoza : Universidad de Zaragoza, 2014.
- GUEVARA CALDERÓN, BLADIMIR ALEXANDER. 2018.** *Aprovechamiento de la energía solar para la generación de energía eléctrica y reducción de emisiones de CO2 en el caserío Nuevo Eden - Yambrasbamba - Amazonas*. Chiclayo : Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2018.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto. 2014.** *Metodología de la investigación*. México D.F. : McGRAW-HILL / Interamericana de editores, S.A. DE C.V., 2014. 978-1-4562-2396-0.
- HURTADO RODRIGO, JHON. 2017.** *Análisis técnico - económico para la optimización del sistema de iluminación de la Av. Mártires 4 de Noviembre aplicando luminarias con tecnología LED*. Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2017.
- IDAE. 2011.** idae.es. [En línea] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2011. [Citado el: 05 de 14 de 2022.] [https://www.idae.es/sites/default/files/documentos\\_5654\\_FV\\_pliego\\_condiciones\\_tecnicas\\_instalaciones\\_conectadas\\_a\\_red\\_C20\\_Julio\\_2011\\_3498\\_eaaf.pdf](https://www.idae.es/sites/default/files/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498_eaaf.pdf).
- INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIAS EDUCATIVAS Y DE FORMACION DEL PROFESORADO (INTEF). 2018.** intef.es. [En línea]

2018. [Citado el: 15 de Junio de 2022.]  
<http://platea.pntic.mec.es/alabarta/CVE/Soporte/Materiales/formulario.pdf>.

**INTERNACIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION (CIE). 2004.** *Guide for the lighting of road tunnels and underpasses*. Segunda. Vienna : s.n., 2004.

**JA SOLAR. 2021.** Ja Solar. [En línea] 2021. [Citado el: 22 de Enero de 2022.]  
<https://www.jasolar.com//uploadfile/2021/0706/20210706053524693.pdf>.

**LARA LÓPEZ, EVA MARIA, MONDRAGON CRUZ, JESUS ALBERTO y SANTIAGO BAUTISTA, DAVID. 2009.** *Estudio y analisis de ingenieria en el alumbrado publico con luminarias de LED en la periferica del reclusorio norte*. Mexico D.F. : Instituto Politecnico Nacional, 2009.

**LÓPEZ LÓPEZ, JUAN CARLOS. 2015.** *Optimización del consumo eléctrico en el alumbrado de túneles en autovias de alta capacidad mediante actuaciones sobre el entorno. Análisis crítico de la normativa vigente*. Granada : Universidad de Granada, 2015.

**LUJAN MONTOYA, LIONEL STEV DOMINIK y ESCOBAR GIL, OSCAR. 2017.** *Analisis de indicadores de calidad y rendimiento de iluminacion con Dialux en el sistema de alumbrado publico con tecnologia LED para la ciudad de Chimbote*. [aut. libro] Lionel Stev Dominik Lujan Montoya y Oscar Escobar Gil. Santa : Universidad Nacional del Santa, 2017.

**MALDONADO NOGALES, PAUL. 2011.** *Representación gráfica de la posicion solar y una superficie dada para la ciudad de cochabamba - Bolivia*. Lima, Universidad Mayor de San Marcos. Lima : Universidad Mayor de San Marcos, 2011.

**MEZA OROZCO, JHONNY DE JESUS. 2013.** *Evaluacion financiera de proyectos*. Bogota : ECOE Ediciones, 2013. 978-958-648-854-9.

**MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS (MEF). 2020.** *El precio al Carbono*. Lima : Congreso de la República, 2020.

**MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. 2006.** *Código Nacional de Electricidad - Utilización*. Lima : s.n., 2006.

**MINISTERIO DE FOMENTO DE ESPAÑA (MFOM). 2015.** *Orden circular 36/2015 sobre criterios a aplicar en la iluminación de carreteras a cielo abierto y túneles*. Madrid : Ministerio de Fomento, 2015.

- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES DEL PERU. 2016.**  
*Manual de carreteras: Tuneles, muros y obras complementarias.* Lima : s.n., 2016.
- Morales Sanchez , Duban Harley y Ramirez Contreras , Daniel Felipe. 2020.**  
*Propuesta de una metodología para el cálculo del costo nivelado de energía (LCOE) en proyectos de energía de generación de renovable, basado en el flujo de caja financiero.* Bucaramanga : Universidad Autónoma de Bucaramanga , 2020.
- MUST SOLAR. 2019.** Must Solar. [En línea] Junio de 2019. [Citado el: 22 de Enero de 2022.] <https://www.must-solar.es/wp-content/uploads/2019/06/MANUAL-INVERSOR-MUST-PV35-MPPT.pdf>.
- OÑA PILLIZA, CRISTINA ELIZABETH y SUQUILLO LUGMAÑA, ISMAEL FABIAN. 2020.** *Simulación de un sistema de generación fotovoltaico aislado para zonas rurales del Ecuador.* Quito : Escuela Politécnica Nacional, 2020.
- ORBIS TECNOLOGÍA ELÉCTRICA. 2008.** Orbis.es. [En línea] Marzo de 2008. [Citado el: 12 de Junio de 2022.] [https://www.orbis.es/pdf/catalogo\\_detectores\\_movimiento\\_presencia.pdf](https://www.orbis.es/pdf/catalogo_detectores_movimiento_presencia.pdf).
- ORTIZ ANAYA, HECTOR. 2006.** *Análisis financiero aplicado y principios de administración financiera.* Bogota : s.n., 2006. 958-710-162-6.
- PERÚ CONSTRUYE. 2012.** *Carretera Callejón de Huaylas - Chacas - San Luis.* 17, Lima : DIGAMMA SAC, Julio de 2012, Perú construye, págs. 38-39.
- PROCABLES. 2020.** prysmiangroup.com. [En línea] 2020. [Citado el: 12 de Junio de 2022.] <https://co.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/Brochure%20Fotovoltaico.pdf>.
- PRYSMIAN ENERGÍA CABLES Y SISTEMAS DE ARGENTINA. 2008.** Universidad Técnica Nacional. [En línea] 2008. [Citado el: 12 de Junio de 2022.] [https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/7185/mod\\_resource/content/1/Catalogo\\_cables\\_BT.pdf](https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/7185/mod_resource/content/1/Catalogo_cables_BT.pdf).
- PVSYST PHOTOVOLTAIC SOFTWARE. 2021.** PVsyst.com. [En línea] 2021. [Citado el: 2012 de Junio de 2022.] <https://www.pvsyst.com/>.
- PYLONTECH. 2022.** Pylontech.cn. [En línea] 2022. [Citado el: 12 de Junio de 2022.] [https://en.pylontech.com.cn/pro\\_detail.aspx?id=134&cid=23](https://en.pylontech.com.cn/pro_detail.aspx?id=134&cid=23).

**RECIO MAÍLLO, LISARDO. 2019.** prysmianclub.es. *prysmianclub.es*. [En línea] 10 de Setiembre de 2019. [Citado el: 6 de Junio de 2022.] <https://www.prysmianclub.es/calculo-de-lineas-para-una-instalacion-fotovoltaica-de-5-kw-para-autoconsumo/>.

**RECIO MAÍLLO, LISARDO. 2019.** Prysmianclub.es. [En línea] 23 de Setiembre de 2019. [Citado el: 12 de Junio de 2022.] <https://www.prysmianclub.es/calculo-de-lineas-para-una-instalacion-fotovoltaica-de-50-kw-para-autoconsumo-industrial/>.

**RECIO MAÍLLO, LISARDO. 2020.** Prysmianclub.es. [En línea] 13 de Marzo de 2020. [Citado el: 10 de Junio de 2022.] <https://www.prysmianclub.es/no1-calculo-para-obtener-la-seccion-por-caida-de-tension-ejemplo-de-calculo/>.

**RODRIGUEZ MASERO, NATIVIDAD y LOPEZ MANJON, JESUS D. 2016.** *El flujo de caja como determinante de la estructura financiera de las empresas españolas. Un análisis en tiempos de crisis.* Sevilla : Universidad Pablo de Olavide, 2016.

**SALAMANCA ÁVILA, S. 2017.** *Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá.* Bogota : s.n., 2017.

**SÁNCHEZ J., AARÓN, y otros. 2017.** *Aplicaciones fotovoltaicas de la energía solar en los sectores residencial, servicio e industrial.* Coyoacán, 04510, Ciudad de México : Universidad Nacional Autónoma de México, 2017. 978-523-04-1732-3.

**SANZ, JORGE HUMBERTO, DUQUE, EDISON y GÓMEZ ESTRADA, SANTIAGO. 2010.** *La Resisitividad del suelo en funcion de la frecuencia.* 44, Pereira : Scientia Et Technica, 2010, Vol. XVI. 0122-1701.

**SCHRÉDER. 2021.** SCHRÉDER. [En línea] 2021. [https://sp.schreder.com/sites/default/files/2021-03/Schröder\\_TUNNEL\\_SOLUTIONS\\_2021-ES.pdf](https://sp.schreder.com/sites/default/files/2021-03/Schröder_TUNNEL_SOLUTIONS_2021-ES.pdf).

**SECRETARIA DE ENERGÍA - REPUBLICA DE ARGENTINA. 2003.** *Conceptos sobre Energía.* Argentina : República Argentina, 2003.

**SINCHI SINCHI, FREDY MAURICIO. 2017.** *Diseño y determinacion de sistemas de puesta a tierra mediante pruebas de campo con elementos comunes, utilizados en la region, incluyendo Gem y electrodo quimico.* Cuenca : Repositorio Universidad Politecnica Salesiana sede Cuenca, 2017.

- VALDIVIEZO SUPO, KEVIN REYNALDO. 2021.** *Diseño de sistema LED, basado en energía solar, para iluminar ambientes en la Universidad de Piura.* Piura : Repositorio Universidad de Piura, 2021.
- VAN BOMMEL, WOUT. 2015.** *Road Lighting - Fundamentals, Technology and Application.* Switzerland : Springer International Publishing, 2015. 978-3-319-11466-8.
- VICTRON ENERGY. 2021.** [En línea] 2021. [Citado el: 22 de Enero de 2022.] <https://www.victronenergy.com.es/upload/documents/Datasheet-SmartSolar-charge-controller-MPPT-150-70-up-to-150-100-VE.Can-ES.pdf>.
- VICTRON ENERGY español. 2021.** [En línea] 2021. [Citado el: 15 de Junio de 2022.] [https://cdn.shopify.com/s/files/1/0017/8847/7489/files/Victron-MultiPlus-II-inverter-charger-Datasheet\\_805b7201-e935-475b-8376-896ffee9b438.pdf?v=1621214919](https://cdn.shopify.com/s/files/1/0017/8847/7489/files/Victron-MultiPlus-II-inverter-charger-Datasheet_805b7201-e935-475b-8376-896ffee9b438.pdf?v=1621214919).
- VILLAGOMEZ SILVA, DANIEL ALEJANDRO. 2018.** *Evaluación de iluminación en los túneles: Cerro Santa Ana, El Carmen, San Eduardo de la ciudad de Guayaquil, basándose en la Normativa Técnica de Carreteras de España "Orden Circular 36/2015".* Quito : Pontificie Universidad Católica del Ecuador, 2018.
- YUCRA PARICELA, ELBER. 2017..** *Análisis comparativo de HPL (High Power Led) para mejorar la vida útil de alumbrado público.* Puno : Universidad Nacional del altiplano, 2017.



## X. ANEXOS

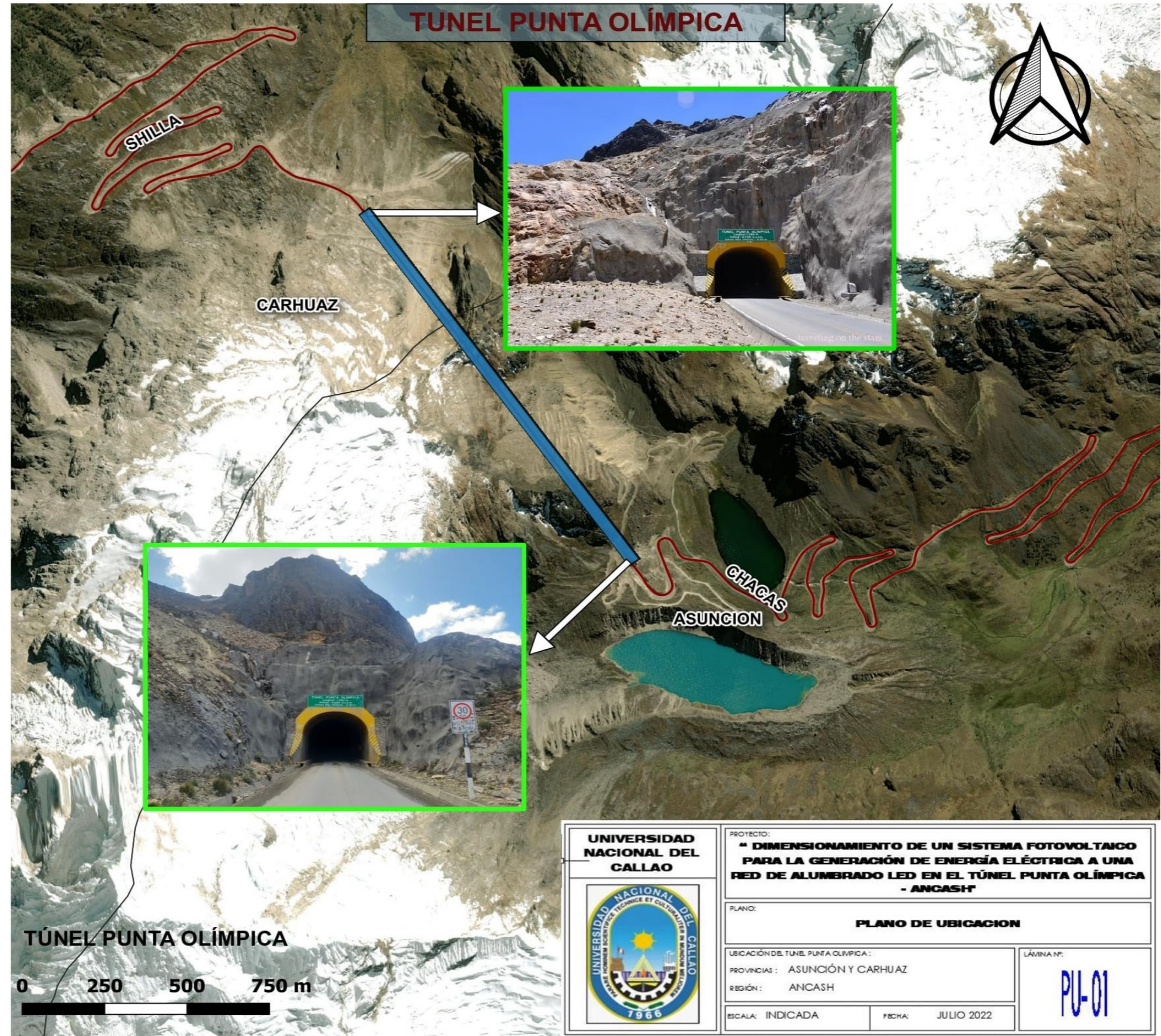
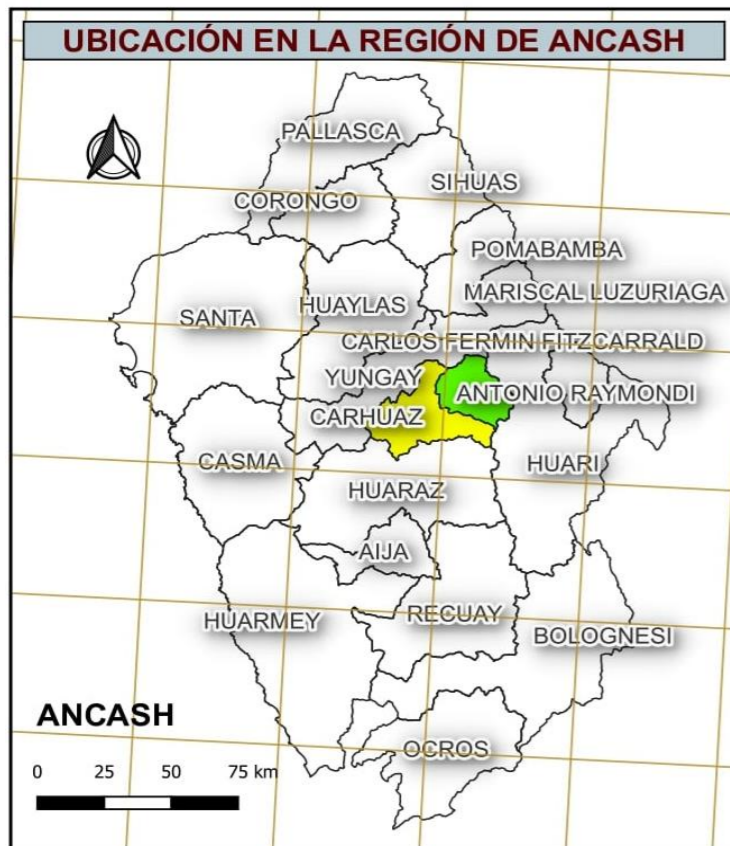
### Anexo 1 Matriz de Consistencia

Realidad problemática	Planteamiento del problema		Hipótesis & variables		Diseño metodológico
	Formulación del problema General	Objetivos General	Hipótesis General	Variables	
El túnel punta olímpica en Ancash, con su trayectoria de 1384 metros de longitud, es el principal punto de comunicación entre las ciudades de San Luis, Carhuaz y Chacas, la cual se conoce como la ruta AN-107 que gran parte del tramo carece de una red eléctrica, la subestación más cercana se encuentra a más de 20 Km de distancia, por lo cual también afecta a los pobladores que habitan en los alrededores a acceder a energía eléctrica.	¿Cómo dimensionar un sistema fotovoltaico como propuesta para la generación de energía eléctrica a una red de alumbrado LED en el túnel Punta Olímpica?	Dimensionar un sistema fotovoltaico como propuesta para la generación de energía eléctrica a una red de alumbrado LED en el túnel Punta Olímpica.	si se dimensiona un sistema fotovoltaico se obtendrá una propuesta para la generación de energía eléctrica a una red de alumbrado Led en el túnel Punta Olímpica	V I Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico	Diseño: No experimental Tipo: Tecnológico Método: Analítico-Sintético Técnica de recolección de datos: Documental y empírica
	<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>		<b>Análisis y procesamiento de datos</b>
	¿Cómo obtener los valores de incidencia solar para determinar el potencial solar en la zona del proyecto?	Obtener los valores de incidencia solar para determinar el potencial solar en la zona del proyecto.	La obtención de valores de incidencia solar nos determinara el potencial solar en la zona del proyecto.	V D Generación de energía eléctrica a una red de alumbrado led	I- Verificación del potencial solar
	¿Cómo calcular los niveles de luminancia para determinar el consumo de energía eléctrica de la red de alumbrado LED?	Calcular los niveles de luminancia para determinar el consumo de energía eléctrica de la red de alumbrado LED.	El cálculo de los niveles de luminancia nos determinara el consumo de energía de la red de alumbrado LED.	<b>Indicadores</b>	II- Determinación de la demanda
	¿Cómo determinar la potencia a generar en el sistema fotovoltaico a fin de cubrir la demanda por consumo de la red de alumbrado LED?	Determinar la potencia a generar en el sistema fotovoltaico a fin de cubrir la demanda de consumo de la red de alumbrado LED.	La determinación de la potencia a generar en el sistema fotovoltaico permitirá que cubra la demanda de consumo de la red de alumbrado LED	V I Radiación solar Potencia solar pico Tensión nominal Capacidad Intensidad Potencia de salida	III- Dimensionamiento Fotovoltaico
¿Cómo realizar la simulación mediante software con el propósito de validar los componentes?	Realizar la simulación mediante software con el propósito de validar los componentes.	La simulación mediante software permitirá la validación de la selección de componentes.	V D Distancia de parada Niveles de luminancia Potencia de equipo Consumo	IV- Evaluación económica	

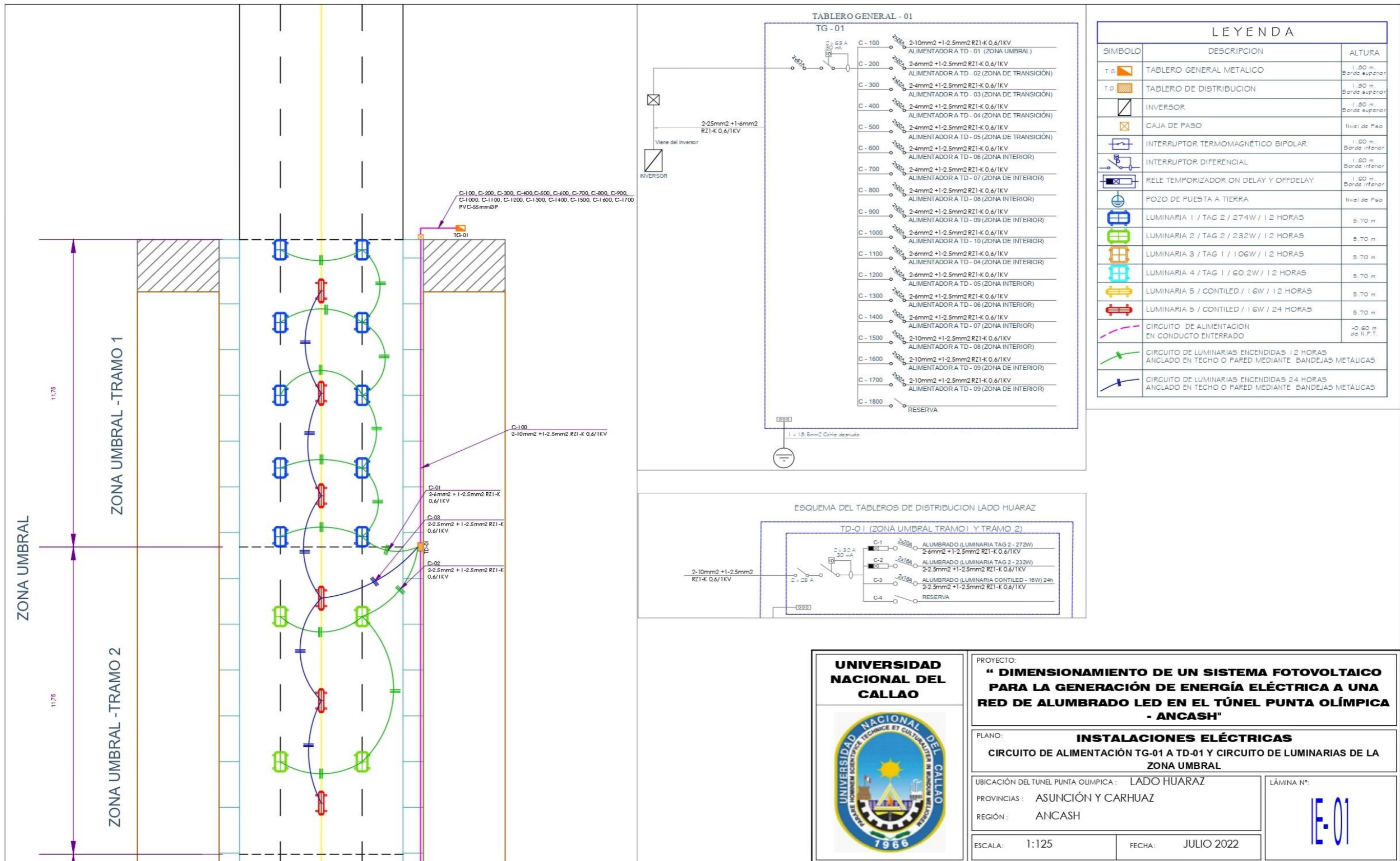
**Notas:**

1. VI: Variable independiente
2. VD: Variable dependiente

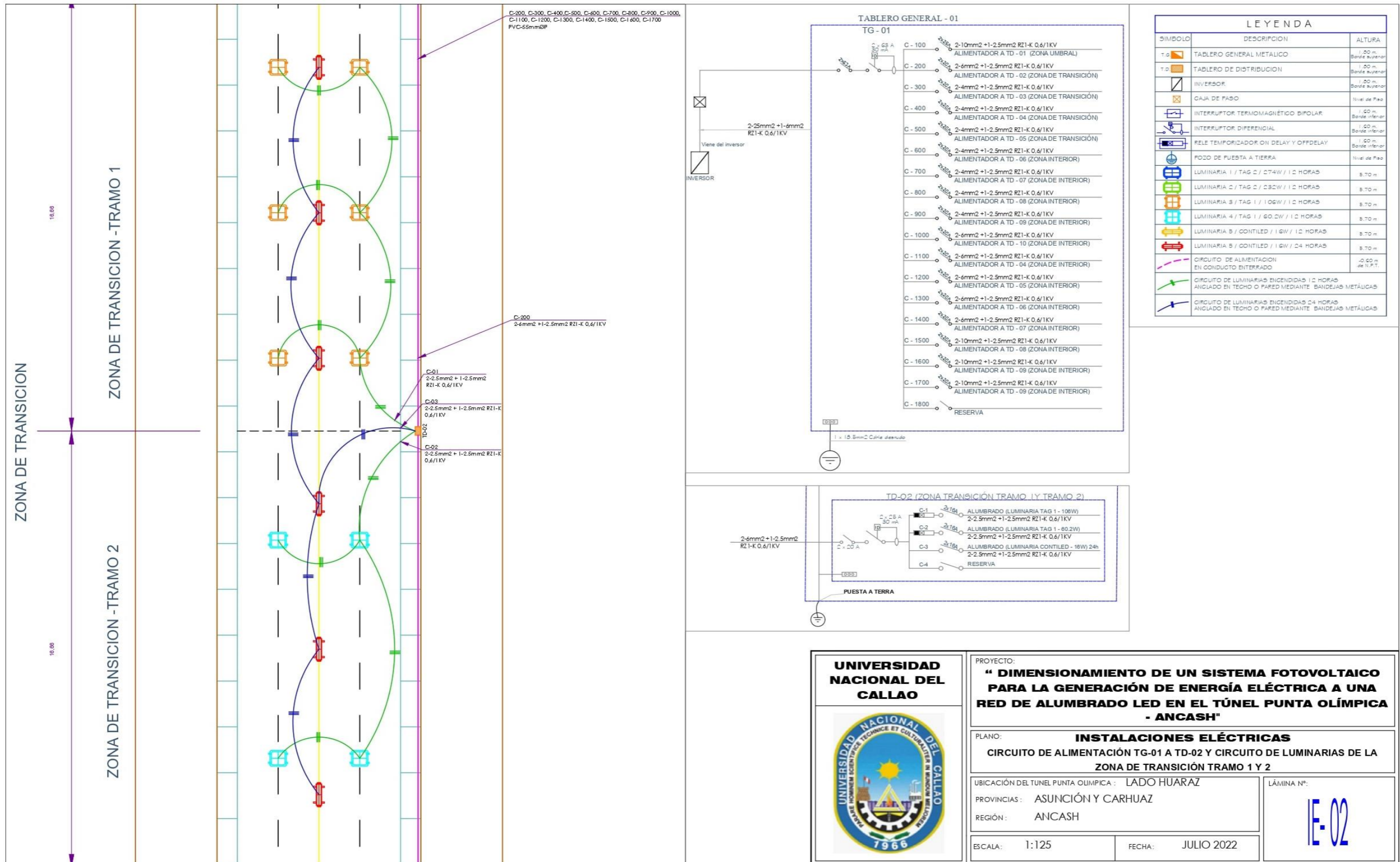
Anexo 2 Plano de ubicación del Túnel Punta Olímpica



Anexo 3. Circuito de alimentación TG-01 a TD-01 y circuito de luminarias de la Zona Umbral



Anexo 4. Circuito de alimentación TG-01 a TD-02 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 1 y 2



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**



PROYECTO:  
**" DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA RED DE ALUMBRADO LED EN EL TÚNEL PUNTA OLÍMPICA - ANCASH"**

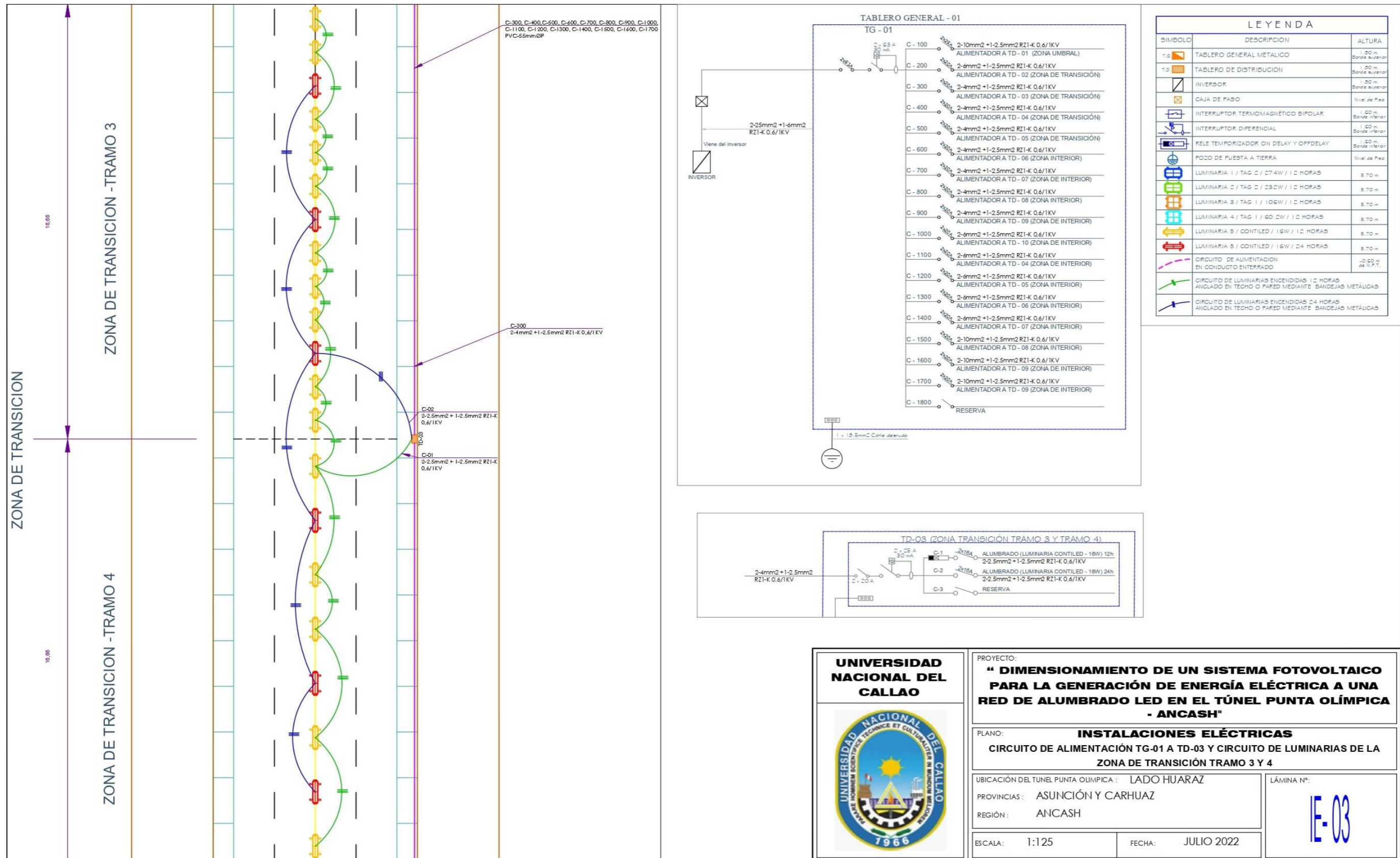
PLANO:  
**INSTALACIONES ELÉCTRICAS**  
**CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN TG-01 A TD-02 Y CIRCUITO DE LUMINARIAS DE LA ZONA DE TRANSICIÓN TRAMO 1 Y 2**

UBICACIÓN DEL TUNEL PUNTA OLÍMPICA : LADO HUARAZ  
 PROVINCIAS : ASUNCIÓN Y CARHUAZ  
 REGIÓN : ANCASH

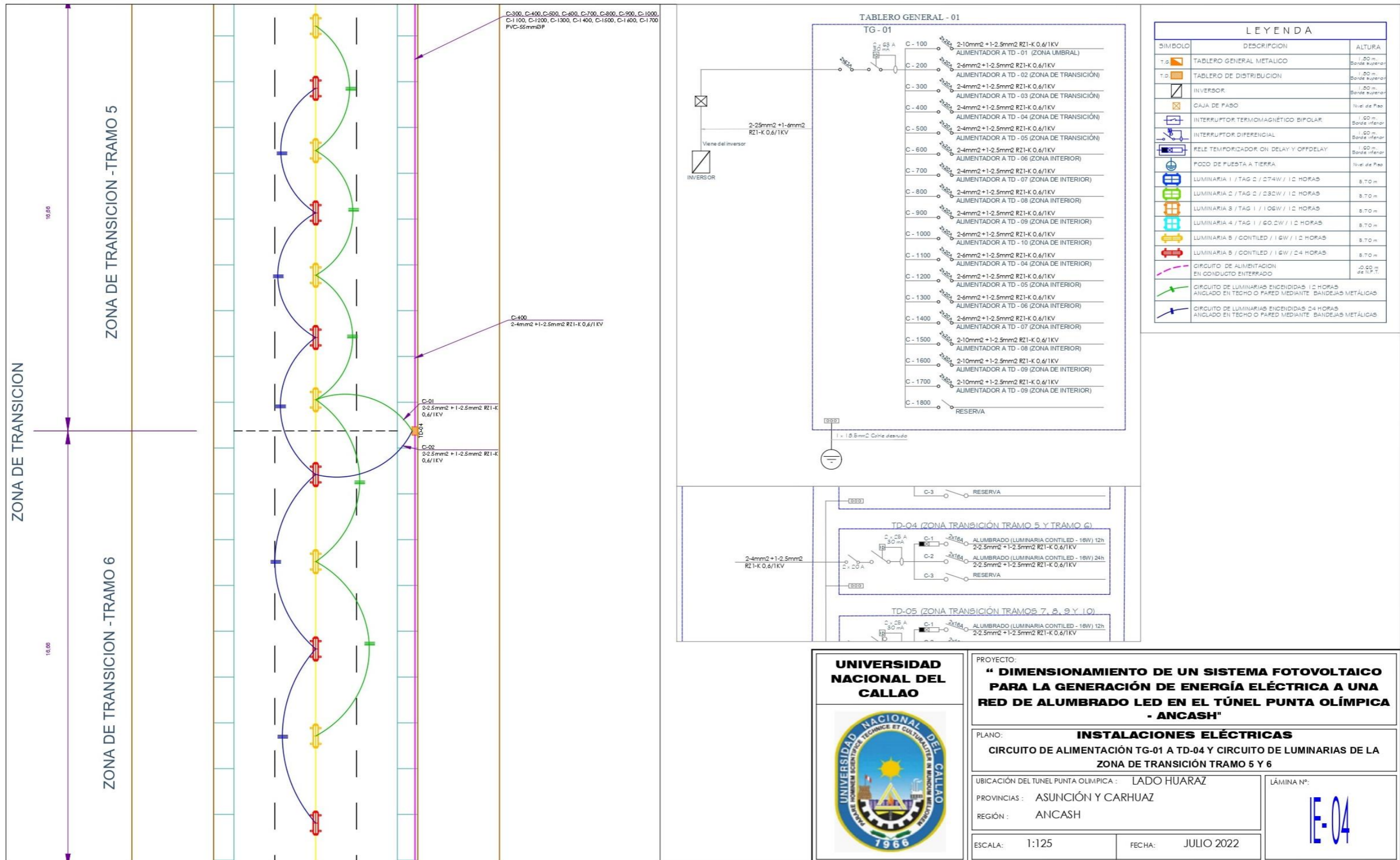
LÁMINA N°:  
**IE-02**

ESCALA: 1:125  
 FECHA: JULIO 2022

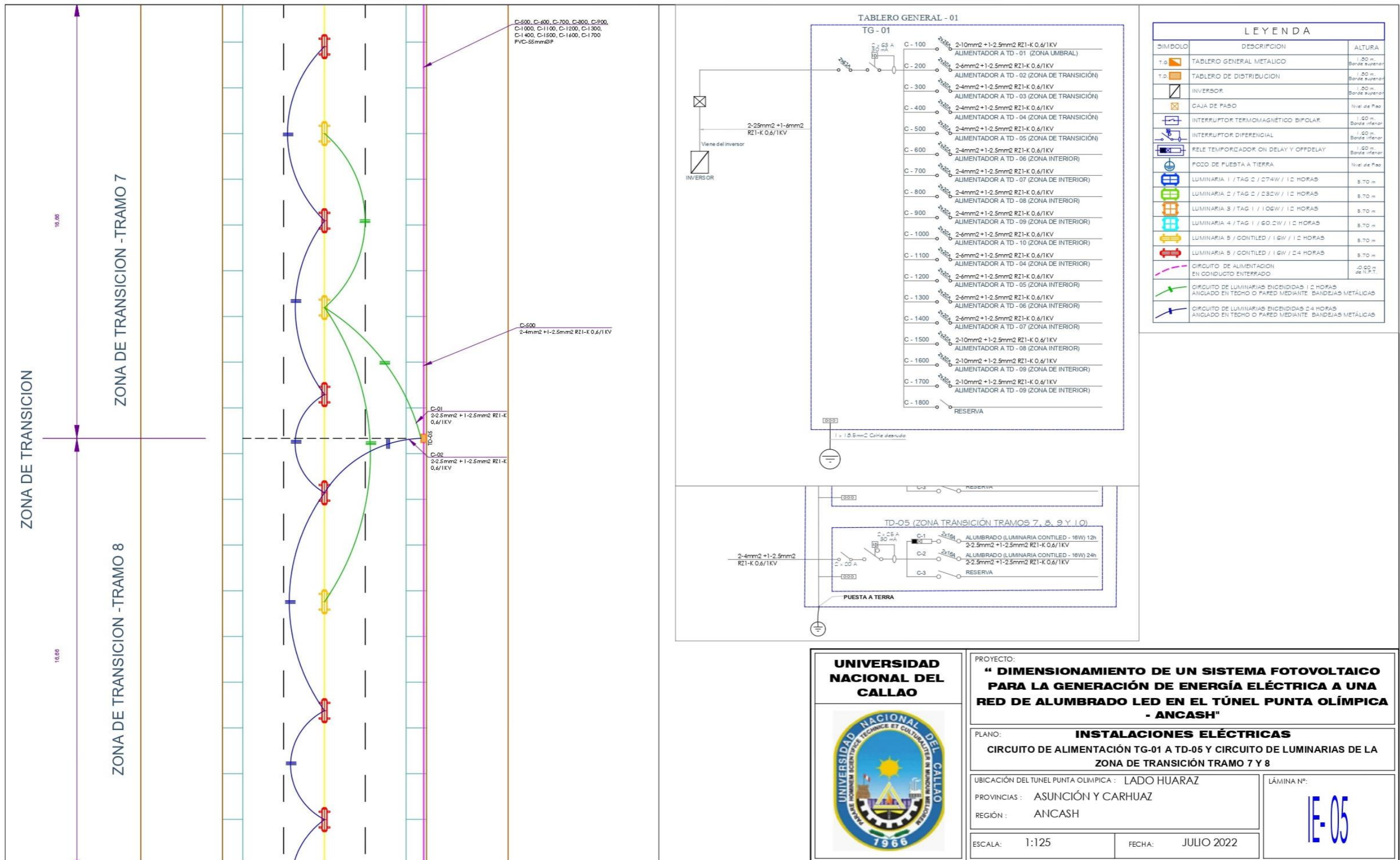
Anexo 5 Circuito de alimentación TG-01 a TD-03 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 3 y 4



Anexo 6 Circuito de alimentación TG-01 a TD-04 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 5 y 6



Anexo 7 Circuito de alimentación TG-01 a TD-05 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 7 y 8



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

PROYECTO: **" DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA A UNA RED DE ALUMBRADO LED EN EL TUNEL PUNTA OLIMPICA - ANCASH"**

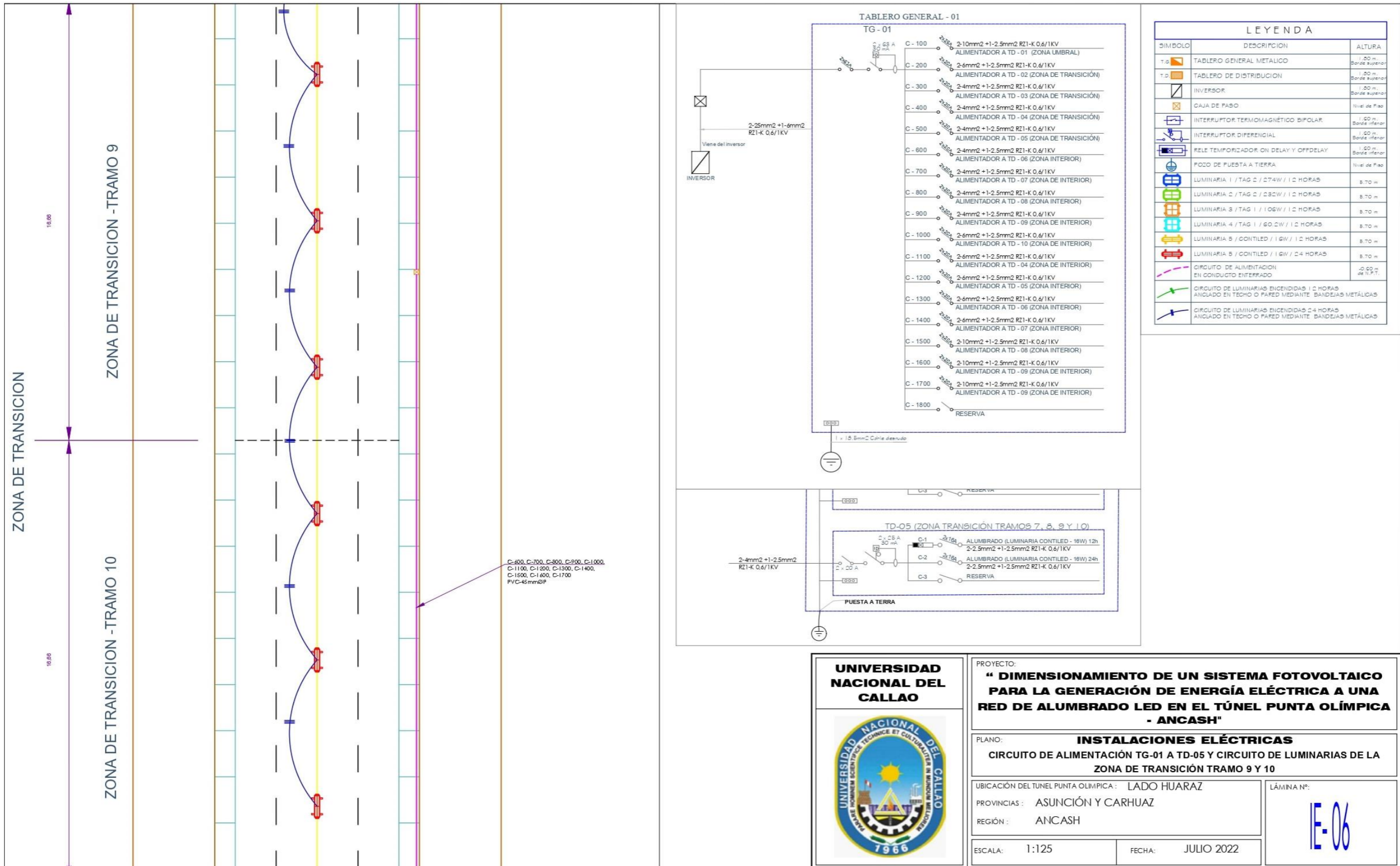
PLANO: **INSTALACIONES ELÉCTRICAS**  
**CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN TG-01 A TD-05 Y CIRCUITO DE LUMINARIAS DE LA ZONA DE TRANSICIÓN TRAMO 7 Y 8**

UBICACIÓN DEL TUNEL PUNTA OLIMPICA : LADO HUARAZ  
PROVINCIA : ASUNCIÓN Y CARHUAZ  
REGIÓN : ANCASH

ESCALA: 1:125  
FECHA: JULIO 2022

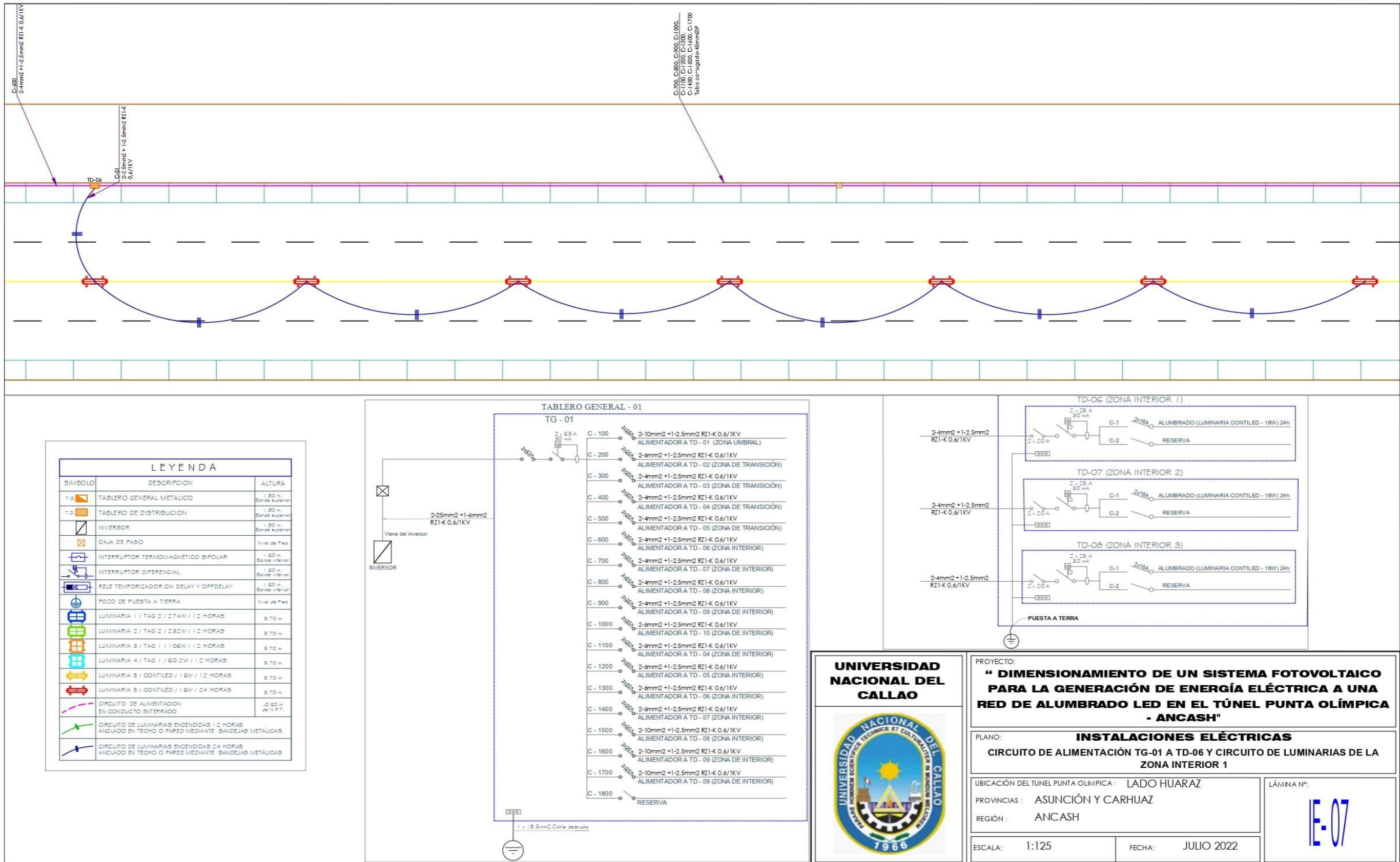
LÁMINA N°:  
**E-05**

Anexo 8 Circuito de alimentación TG-01 a TD-05 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 9 y 10

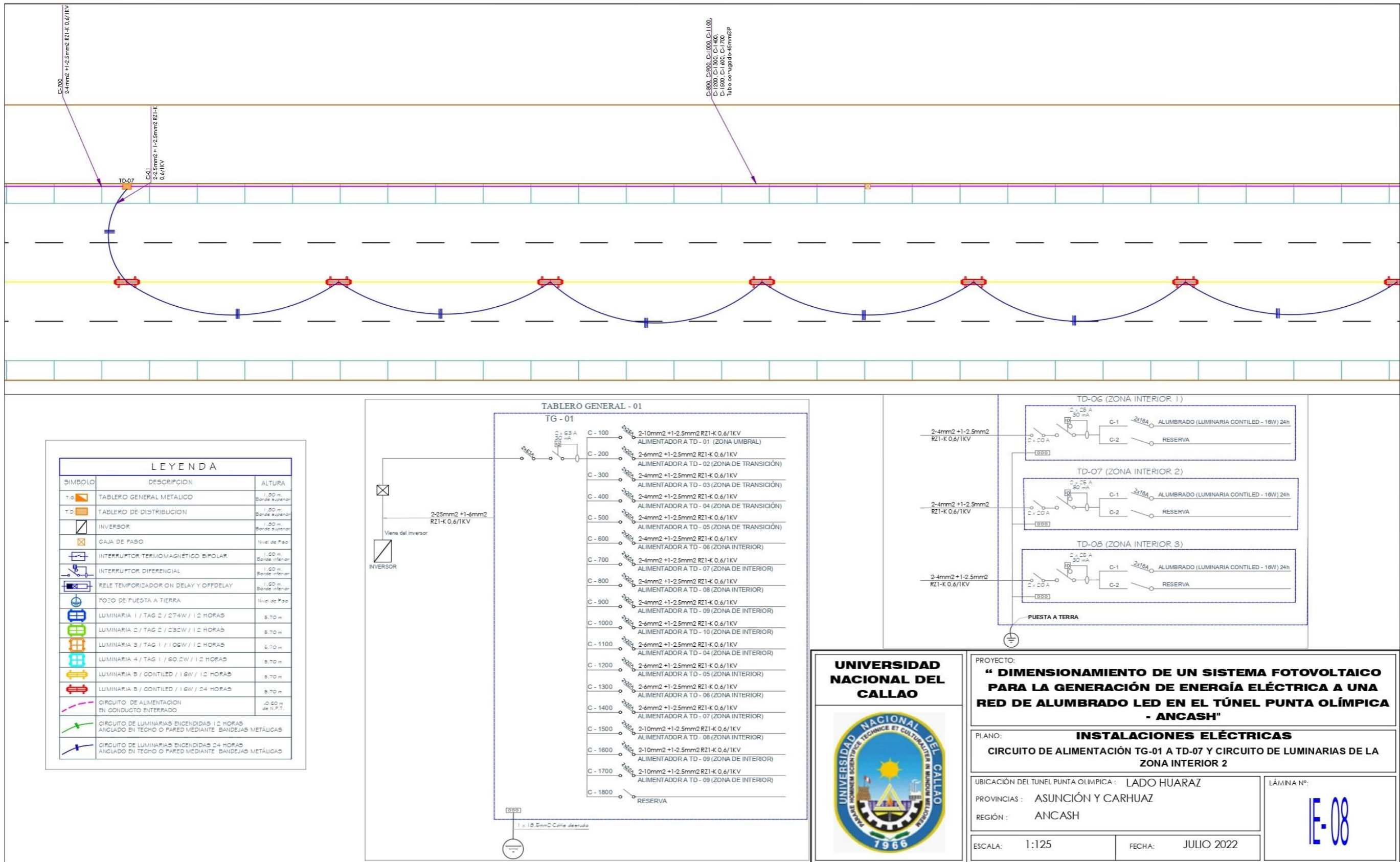




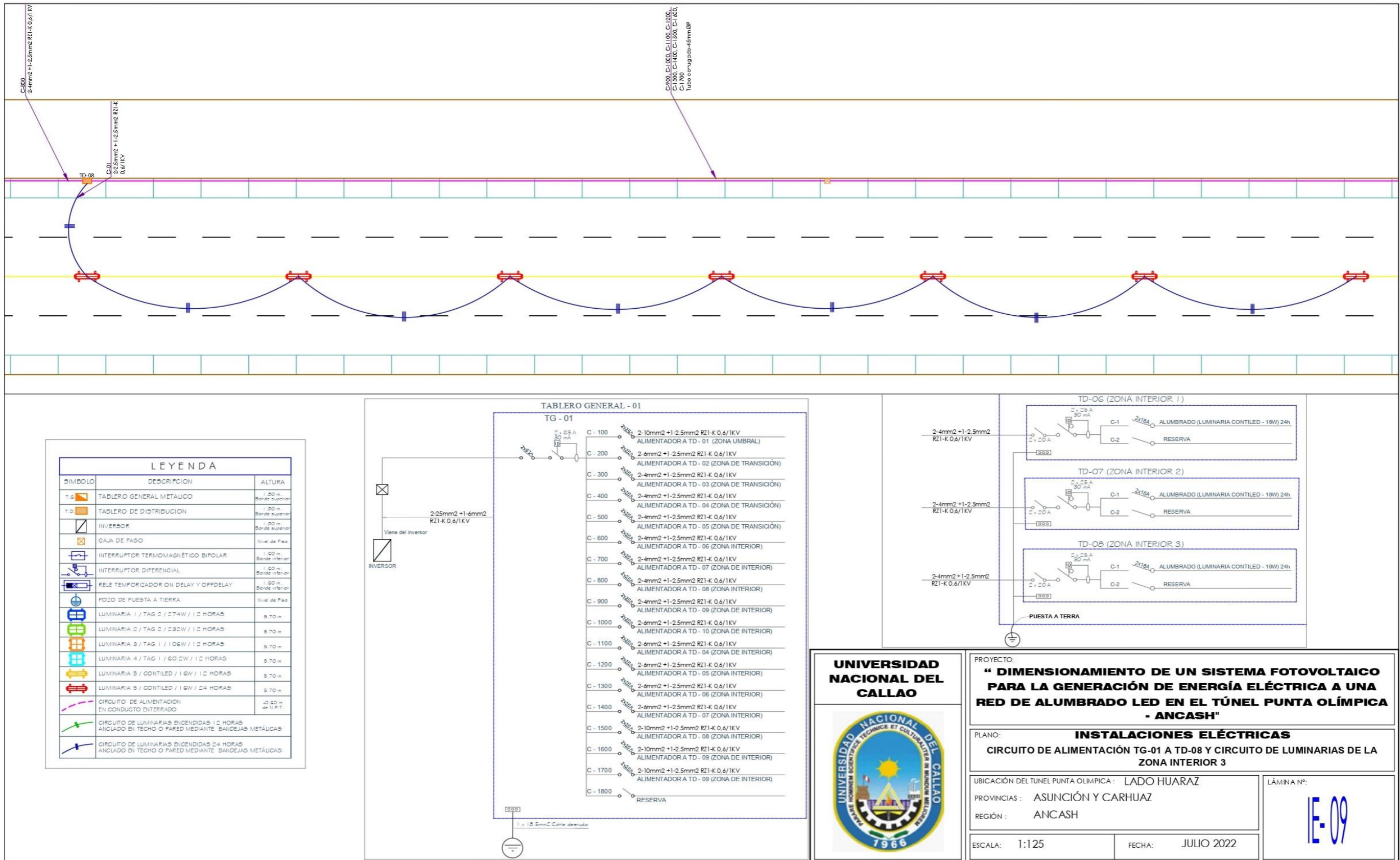
Anexo 9 Circuito de alimentación TG-01 a TD-06 y circuito de luminarias de la Zona interior 1



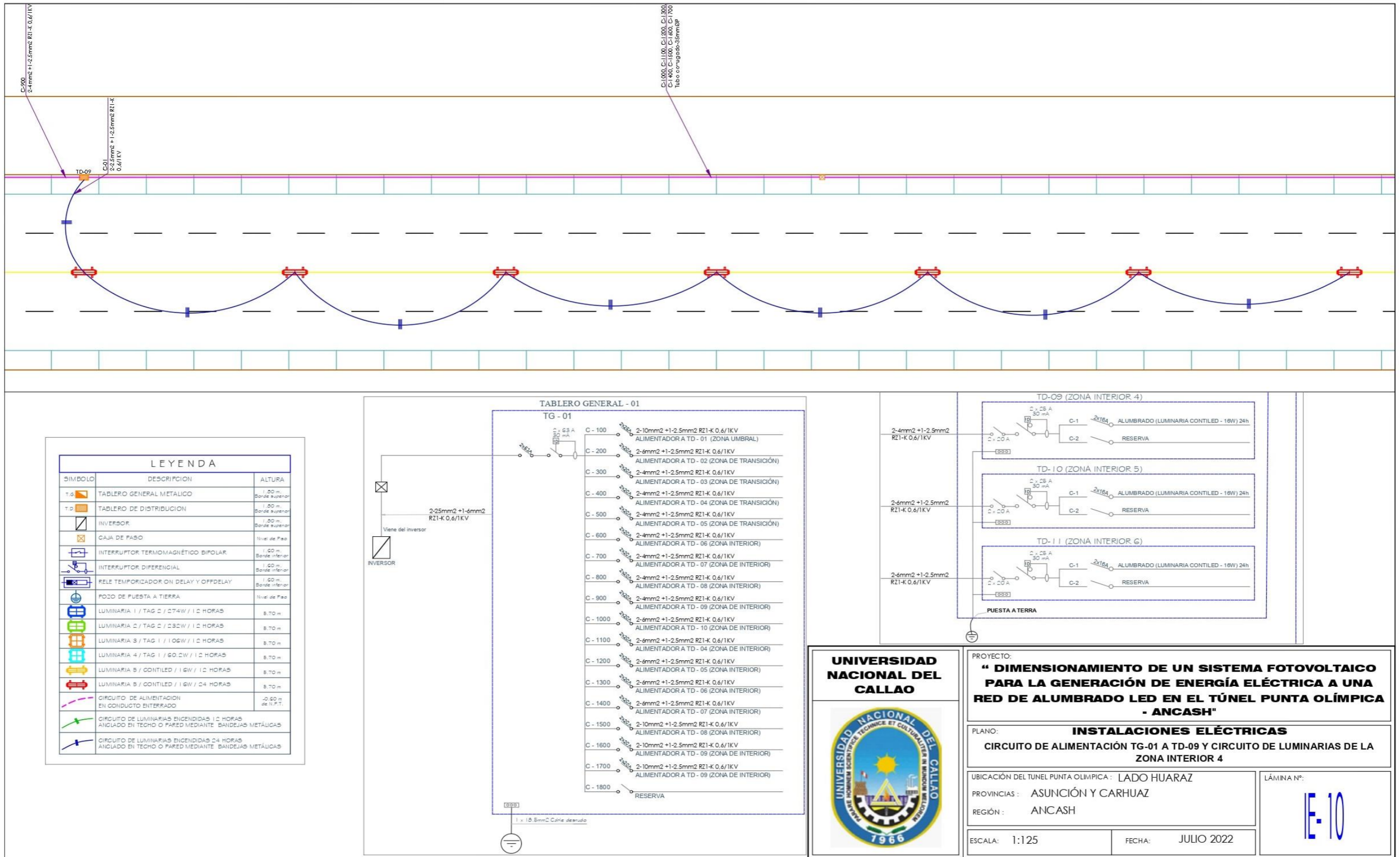
Anexo 10 Circuito de alimentación TG-01 a TD-07 y circuito de luminarias de la Zona interior 2



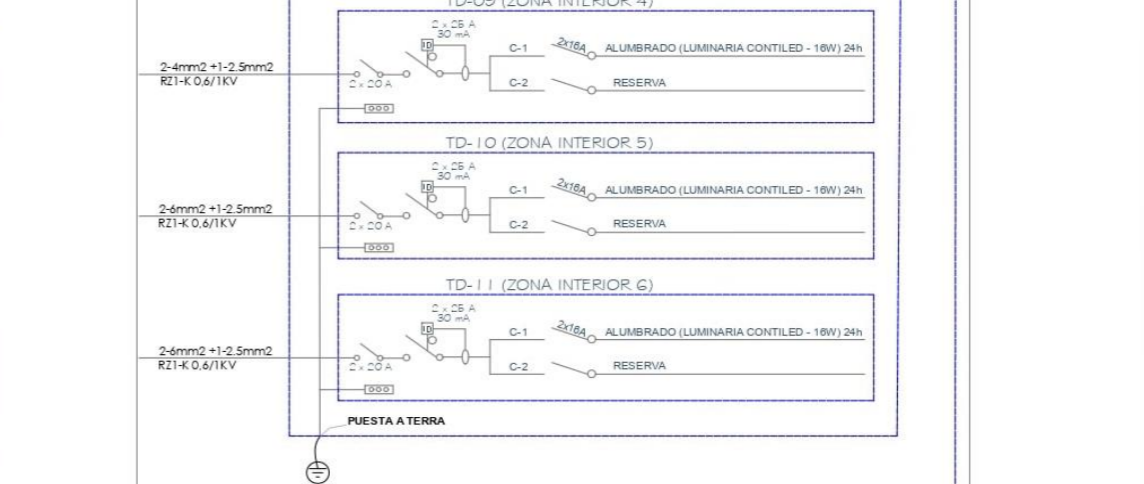
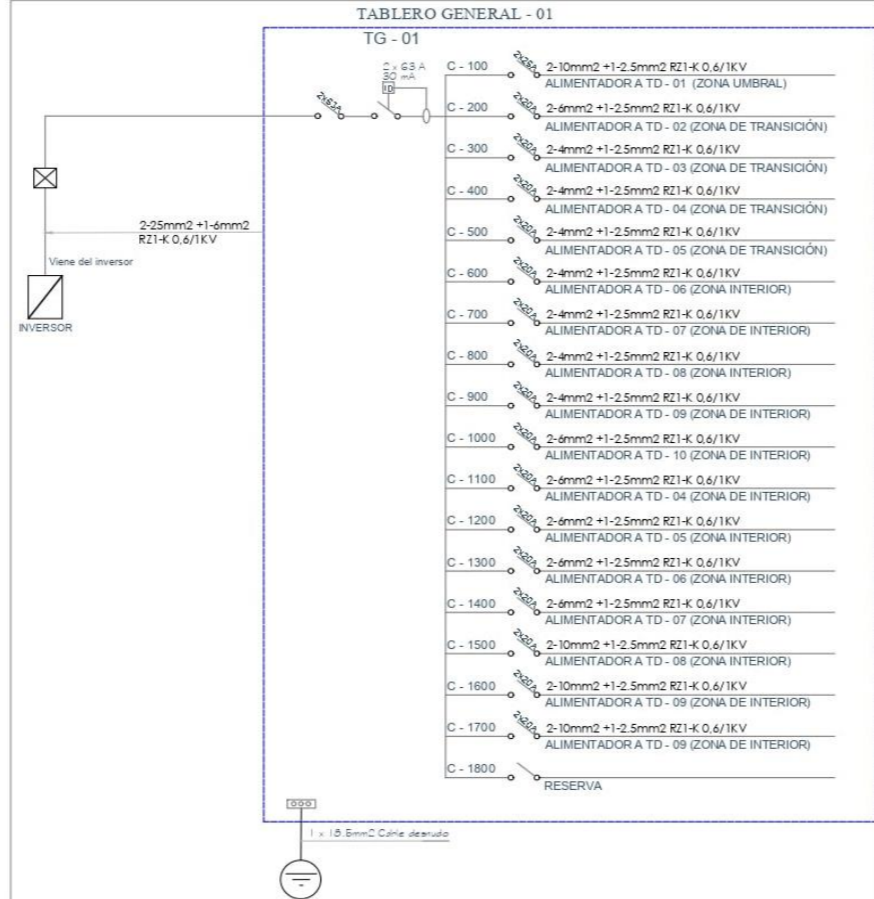
Anexo 11 Circuito de alimentación TG-01 a TD-08 y circuito de luminarias de la Zona interior 3



Anexo 12 Circuito de alimentación TG-01 a TD-09 y circuito de luminarias de la Zona interior 4



LEYENDA		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ALTURA
	TABLERO GENERAL METALICO	1.00 m. Borde superior
	TABLERO DE DISTRIBUCION	Borde superior
	INVERSOR	1.00 m. Borde superior
	CAJA DE PASO	Nivel de Piso
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO BIPOLAR	1.00 m. Borde inferior
	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	Borde inferior
	RELE TEMPORIZADOR ON DELAY Y OFF DELAY	1.00 m. Borde inferior
	POZO DE PUESTA A TIERRA	Nivel de Piso
	LUMINARIA 1 / TAG 2 / 274W / 12 HORAS	8.70 m.
	LUMINARIA 2 / TAG 2 / 232W / 12 HORAS	8.70 m.
	LUMINARIA 3 / TAG 1 / 106W / 12 HORAS	8.70 m.
	LUMINARIA 4 / TAG 1 / 60.2W / 12 HORAS	8.70 m.
	LUMINARIA 5 / CONTILED / 16W / 24 HORAS	8.70 m.
	LUMINARIA 6 / CONTILED / 16W / 24 HORAS	8.70 m.
	CIRCUITO DE ALIMENTACION EN CONDUCTO ENTERRADO	-0.60 m de N.P.T.
	CIRCUITO DE LUMINARIAS ENCENDIDAS 12 HORAS ANCLADO EN TECHO O PARED MEDIANTE BANDEJAS METALICAS	
	CIRCUITO DE LUMINARIAS ENCENDIDAS 24 HORAS ANCLADO EN TECHO O PARED MEDIANTE BANDEJAS METALICAS	



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

PROYECTO: **" DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA RED DE ALUMBRADO LED EN EL TÚNEL PUNTA OLÍMPICA - ANCASH"**

PLANO: **INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

**CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN TG-01 A TD-09 Y CIRCUITO DE LUMINARIAS DE LA ZONA INTERIOR 4**

UBICACIÓN DEL TUNEL PUNTA OLÍMPICA : LADO HUARAZ

PROVINCIAS : ASUNCIÓN Y CARHUAZ

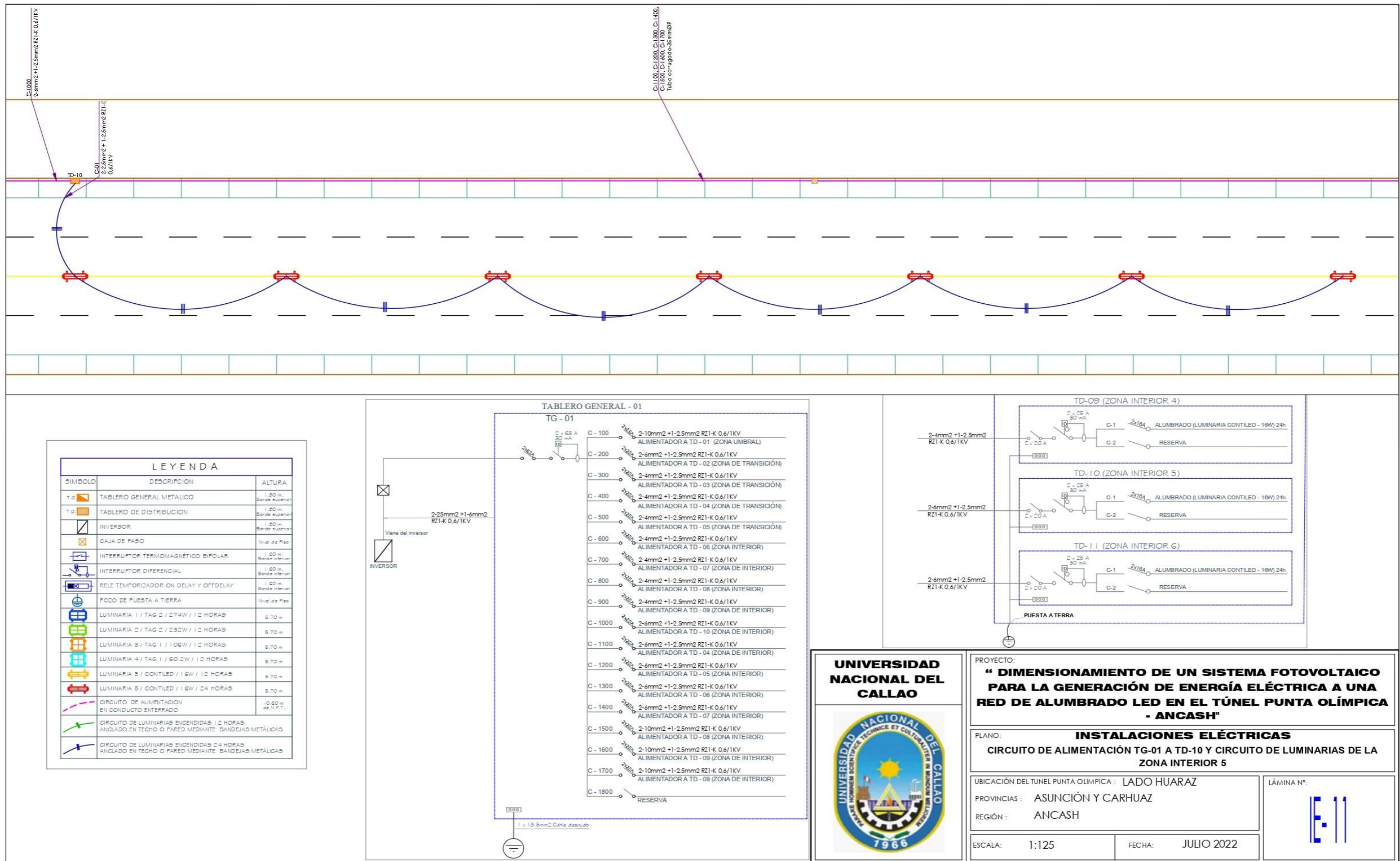
REGIÓN : ANCASH

ESCALA: 1:125

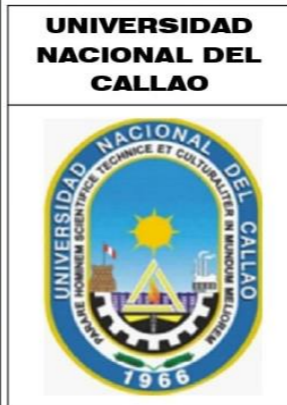
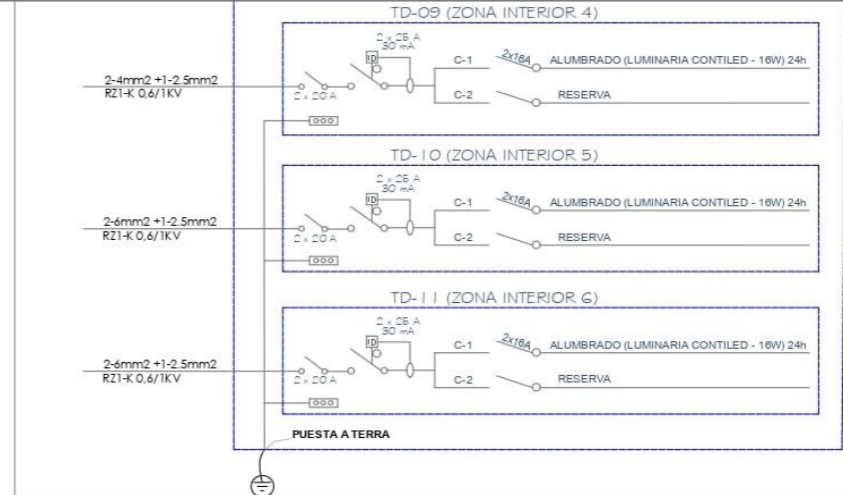
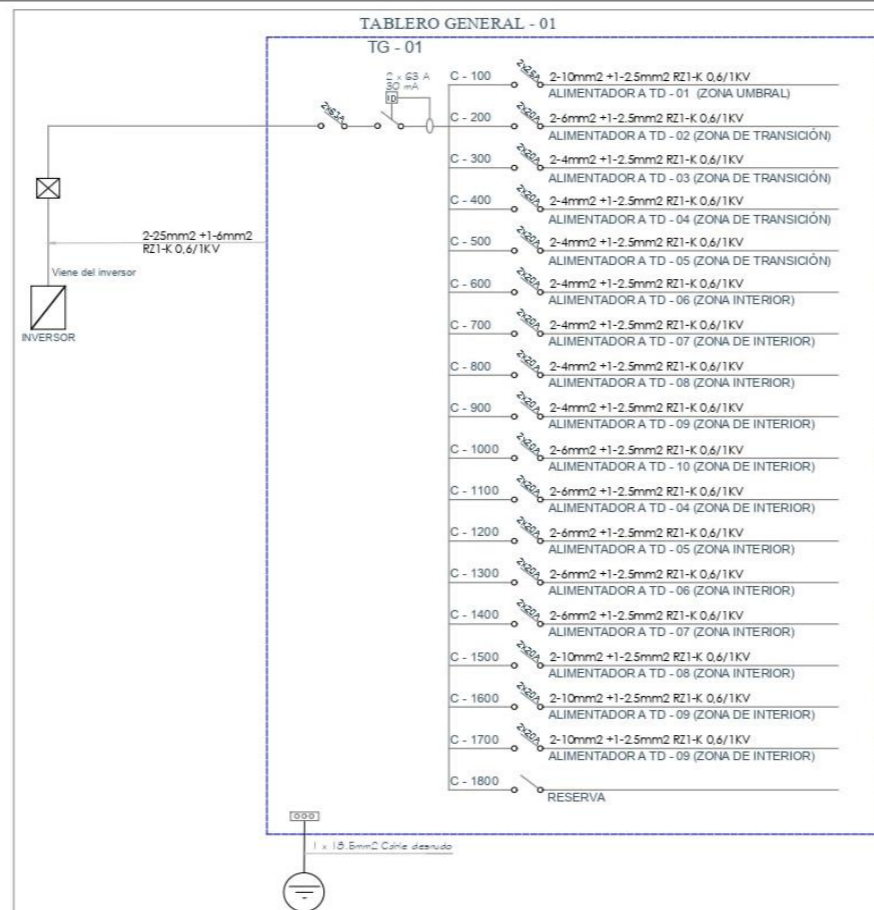
FECHA: JULIO 2022

LÁMINA N°: **E-10**

Anexo 13 Circuito de alimentación TG-01 a TD-10 y circuito de luminarias de la Zona interior 5



LEYENDA		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ALTURA
T.G	TABLERO GENERAL METÁLICO	1.20 m. Borde superior
T.D	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	1.20 m. Borde superior
	INVERSOR	1.20 m. Borde superior
	CAJA DE PASE	Nivel de Piso
	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR	1.20 m. Borde inferior
	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	1.20 m. Borde inferior
	RELE TEMPORIZADOR ON DELAY Y OFFDELAY	1.20 m. Borde inferior
	POZO DE PUESTA A TIERRA	Nivel de Piso
	LUMINARIA 1 / TAG 2 / 274W / 12 HORAS	8.70 m
	LUMINARIA 2 / TAG 2 / 232W / 12 HORAS	8.70 m
	LUMINARIA 3 / TAG 1 / 106W / 12 HORAS	8.70 m
	LUMINARIA 4 / TAG 1 / 60.2W / 12 HORAS	8.70 m
	LUMINARIA 5 / COIATED / 16W / 12 HORAS	8.70 m
	LUMINARIA 5 / COIATED / 16W / 24 HORAS	8.70 m
	CIRCUITO DE ALIMENTACION EN CONDUCTO ENTERRADO	-0.60 m de N.P.T.
	CIRCUITO DE LUMINARIAS ENCENDIDAS 12 HORAS ANCLADO EN TECHO O PARED MEDIANTE BANDEJAS METÁLICAS	
	CIRCUITO DE LUMINARIAS ENCENDIDAS 24 HORAS ANCLADO EN TECHO O PARED MEDIANTE BANDEJAS METÁLICAS	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO

PROYECTO: **" DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA RED DE ALUMBRADO LED EN EL TÚNEL PUNTA OLÍMPICA - ANCASH"**

PLANO: **INSTALACIONES ELÉCTRICAS**  
**CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN TG-01 A TD-10 Y CIRCUITO DE LUMINARIAS DE LA ZONA INTERIOR 5**

UBICACIÓN DEL TUNEL PUNTA OLÍMPICA : LADO HUARAZ

PROVINCIAS : ASUNCIÓN Y CARHUAZ

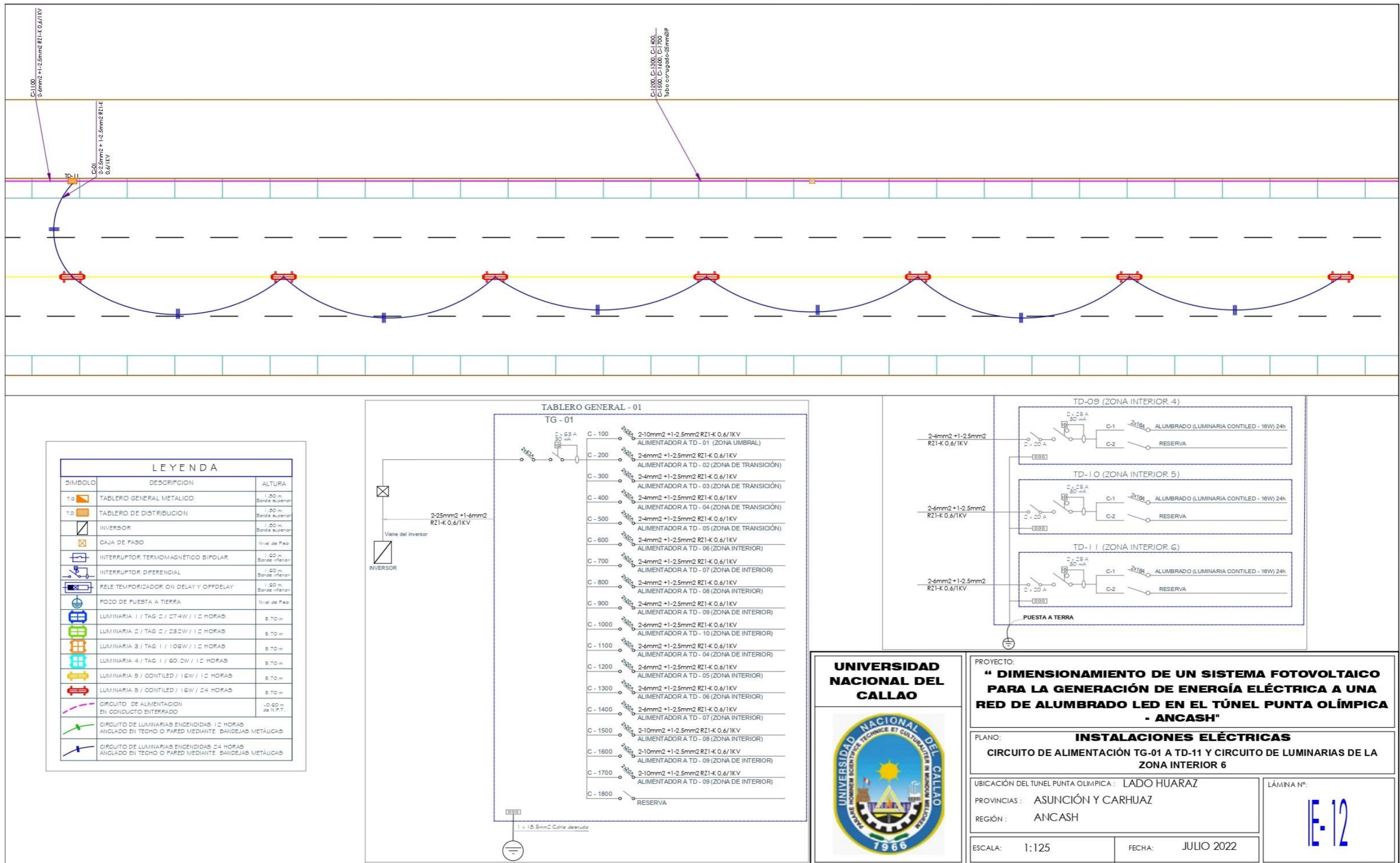
REGIÓN : ANCASH

ESCALA: 1:125

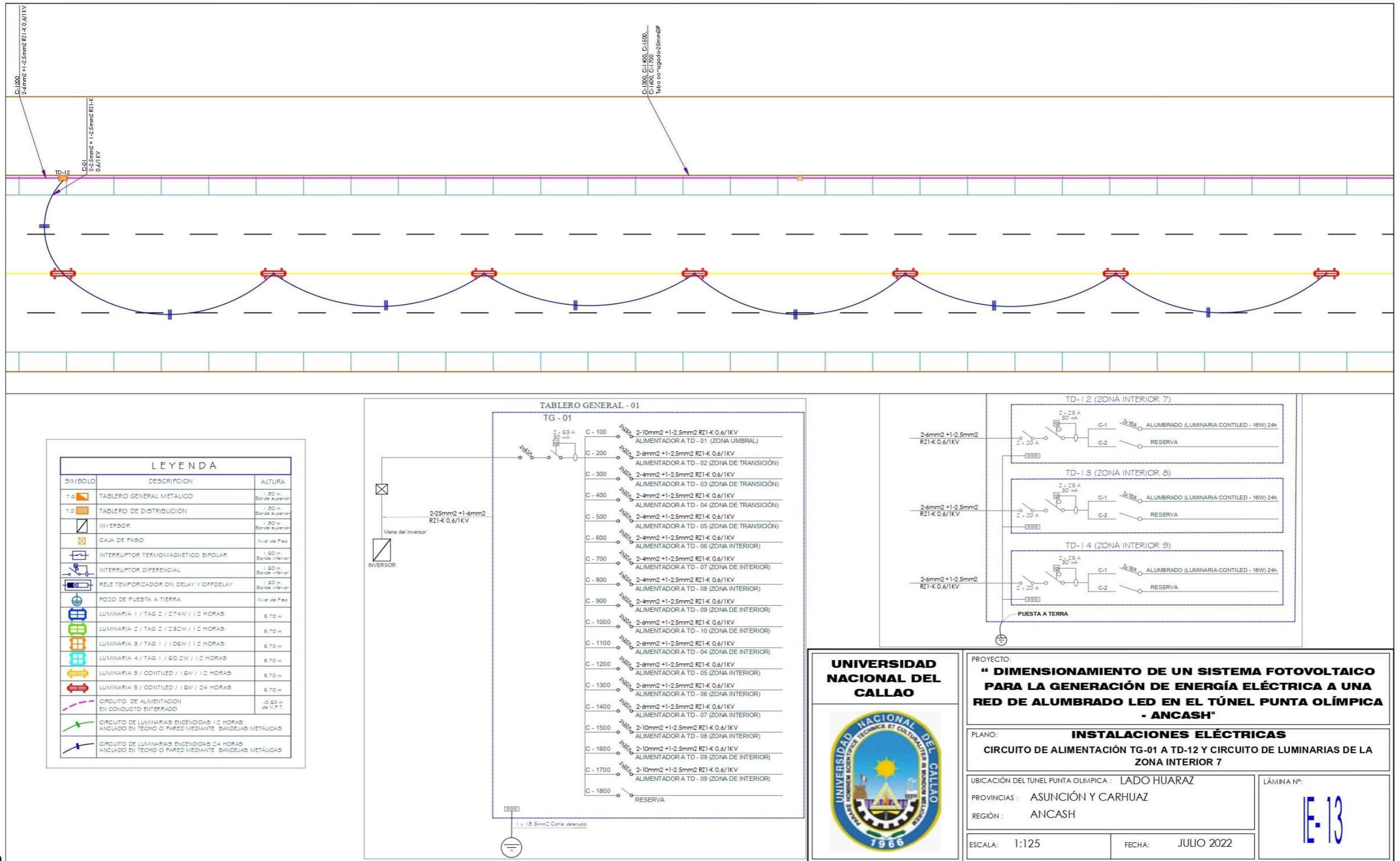
FECHA: JULIO 2022

LÁMINA Nº: E-11

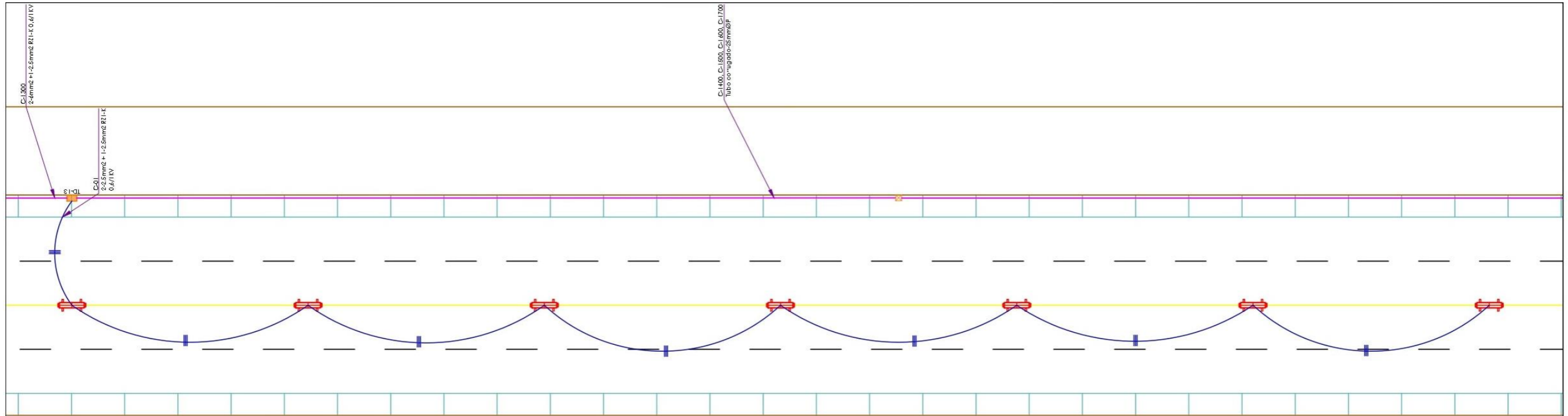
Anexo 14 Circuito de alimentación TG-01 a TD-11 y circuito de luminarias de la Zona interior 6



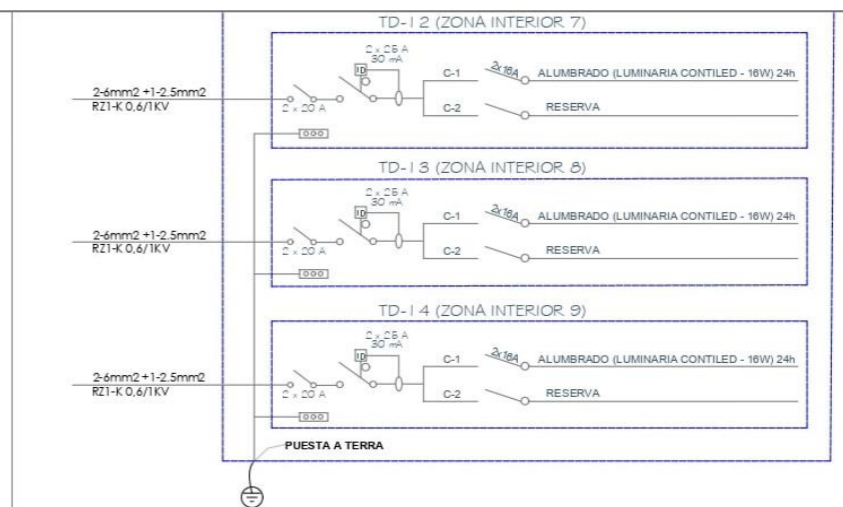
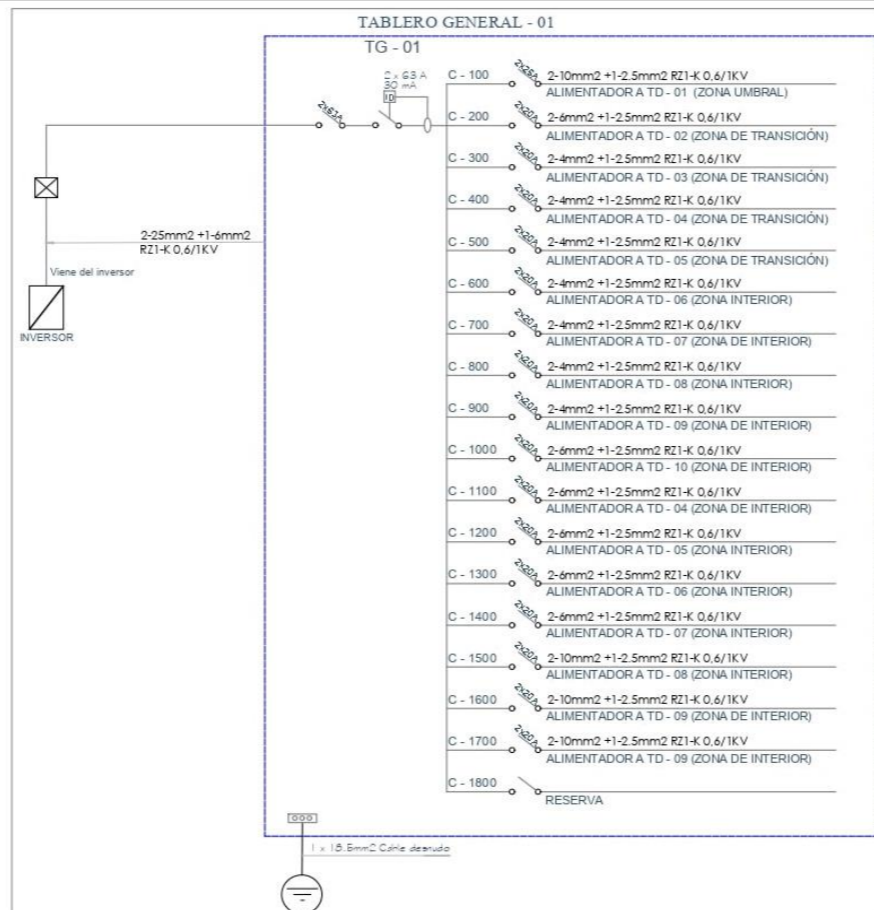
Anexo 15 Circuito de alimentación TG-01 a TD-12 y circuito de luminarias de la Zona interior 7



Anexo 16 Circuito de alimentación TG-01 a TD-13 y circuito de luminarias de la Zona interior 8



LEYENDA		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ALTURA
T.G	TABLERO GENERAL METÁLICO	1.50 m. Borde superior
T.D	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	1.50 m. Borde superior
IN	INVERSOR	1.50 m. Borde superior
CP	CAJA DE PASEO	Nivel de Piso
ITB	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR	1.50 m. Borde inferior
ID	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	1.50 m. Borde inferior
RT	RELE TEMPORIZADOR ON DELAY Y OFFDELAY	1.50 m. Borde inferior
PT	POZO DE PUESTA A TIERRA	Nivel de Piso
L1	LUMINARIA 1 / TAG 2 / 274W / 12 HORAS	8.70 m.
L2	LUMINARIA 2 / TAG 2 / 232W / 12 HORAS	8.70 m.
L3	LUMINARIA 3 / TAG 1 / 106W / 12 HORAS	8.70 m.
L4	LUMINARIA 4 / TAG 1 / 60.2W / 12 HORAS	8.70 m.
L5	LUMINARIA 5 / COILED / 16W / 12 HORAS	8.70 m.
L6	LUMINARIA 6 / COILED / 16W / 24 HORAS	8.70 m.
CA	CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN EN CONDUCTO ENTERRADO	-0.50 m de N.P.T.
CL	CIRCUITO DE LUMINARIAS ENCENDIDAS 12 HORAS ANCLADO EN TECHO O PARED MEDIANTE BANDEJAS METÁLICAS	
CL24	CIRCUITO DE LUMINARIAS ENCENDIDAS 24 HORAS ANCLADO EN TECHO O PARED MEDIANTE BANDEJAS METÁLICAS	





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

PROYECTO:  
**" DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA RED DE ALUMBRADO LED EN EL TÚNEL PUNTA OLÍMPICA - ANCASH "**

PLANO:  
**INSTALACIONES ELÉCTRICAS**  
**CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN TG-01 A TD-13 Y CIRCUITO DE LUMINARIAS DE LA ZONA INTERIOR 8**

UBICACIÓN DEL TUNEL PUNTA OLÍMPICA : LADO HUARAZ  
PROVINCIAS : ASUNCIÓN Y CARHUAZ  
REGIÓN : ANCASH

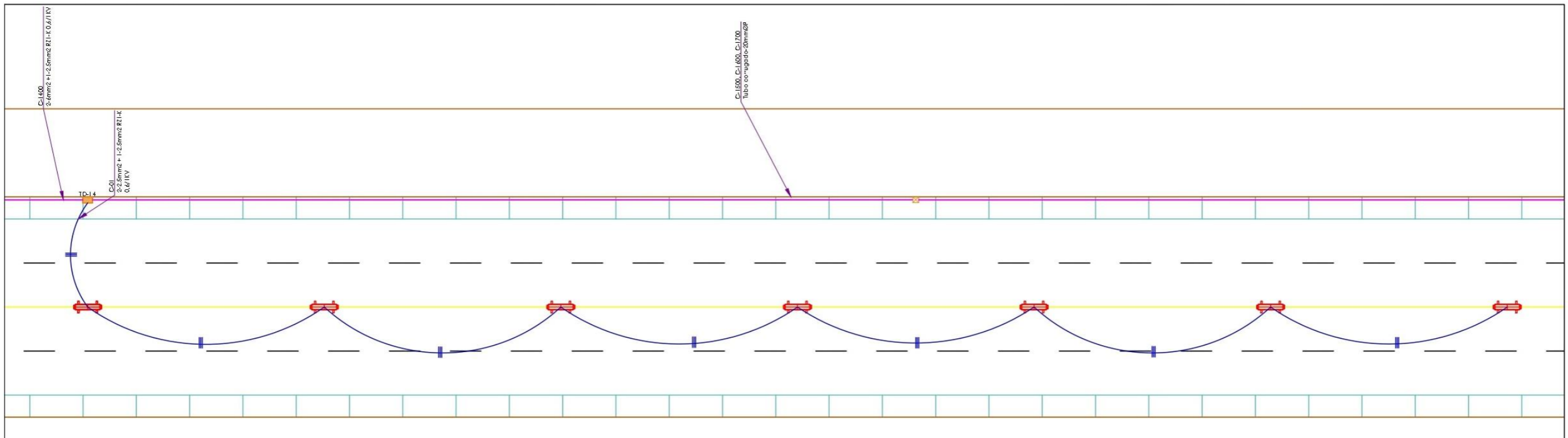
ESCALA: 1:125      FECHA: JULIO 2022

LÁMINA Nº:

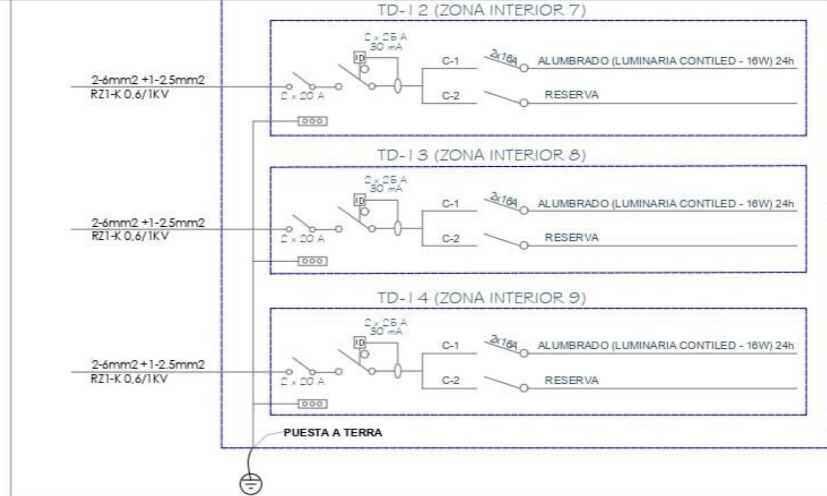
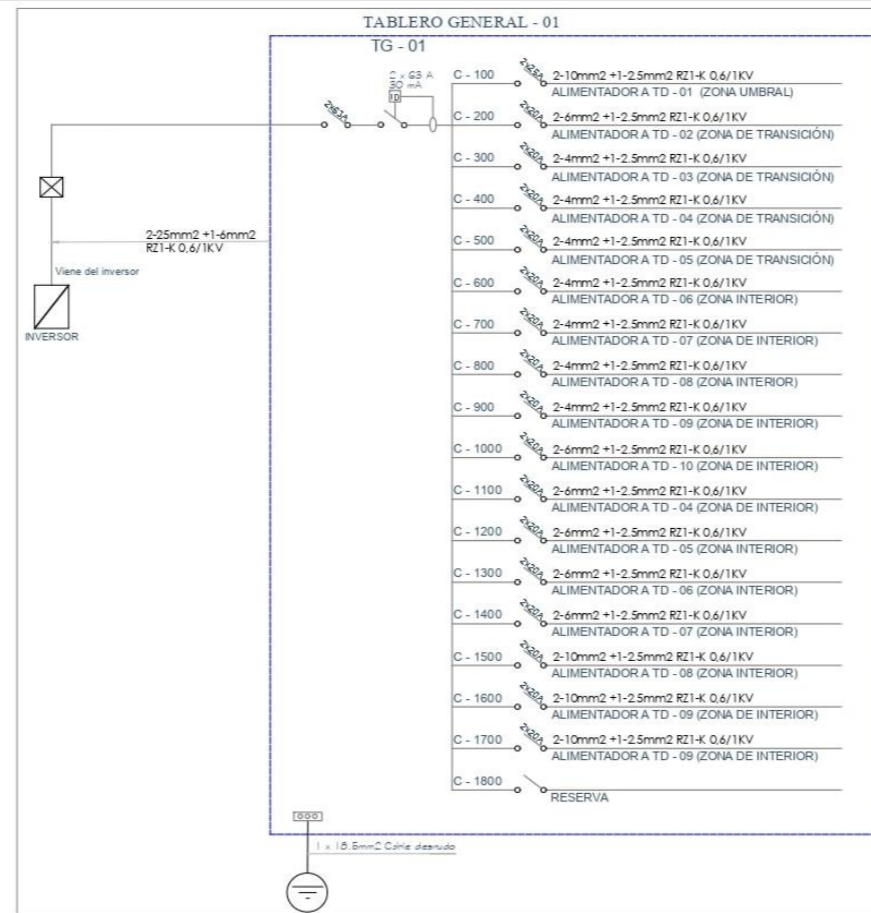




Anexo 17 Circuito de alimentación TG-01 a TD-14 y circuito de luminarias de la Zona interior 9



LEYENDA		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ALTURA
T.G.	TABLERO GENERAL METÁLICO	1.00 m. Bande superior
T.D.	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	1.00 m. Bande superior
IN	INVERSOR	1.00 m. Bande superior
CA	CAJA DE PASO	Nivel de Piso
IT	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR	1.00 m. Bande inferior
ID	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	1.00 m. Bande inferior
RT	RELE TEMPORIZADOR ON DELAY Y OFFDELAY	1.00 m. Bande inferior
PT	POZO DE PUESTA A TIERRA	Nivel de Piso
L1	LUMINARIA 1 / TAG C / 274W / 12 HORAS	8.70 m.
L2	LUMINARIA 2 / TAG C / 230W / 12 HORAS	8.70 m.
L3	LUMINARIA 3 / TAG 1 / 106W / 12 HORAS	8.70 m.
L4	LUMINARIA 4 / TAG 1 / 60.2W / 12 HORAS	8.70 m.
L5	LUMINARIA 5 / CONTELED / 16W / 12 HORAS	8.70 m.
L6	LUMINARIA 6 / CONTELED / 16W / 24 HORAS	8.70 m.
CA	CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN EN CONDUCTO ENTERRADO	-0.60 m. de N.P.T.
LA	CIRCUITO DE LUMINARIAS ENCENDIDAS 12 HORAS ÁNGULO EN TECHO O PARED MEDIANTE BANDEJAS METÁLICAS	
LA	CIRCUITO DE LUMINARIAS ENCENDIDAS 24 HORAS ÁNGULO EN TECHO O PARED MEDIANTE BANDEJAS METÁLICAS	



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

PROYECTO: **" DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA RED DE ALUMBRADO LED EN EL TÚNEL PUNTA OLÍMPICA - ANCASH "**

PLANO: **INSTALACIONES ELÉCTRICAS**  
**CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN TG-01 A TD-14 Y CIRCUITO DE LUMINARIAS DE LA ZONA INTERIOR 9**

UBICACIÓN DEL TUNEL PUNTA OLÍMPICA : LADO HUARAIZ

PROVINCIAS : ASUNCIÓN Y CARHUAZ

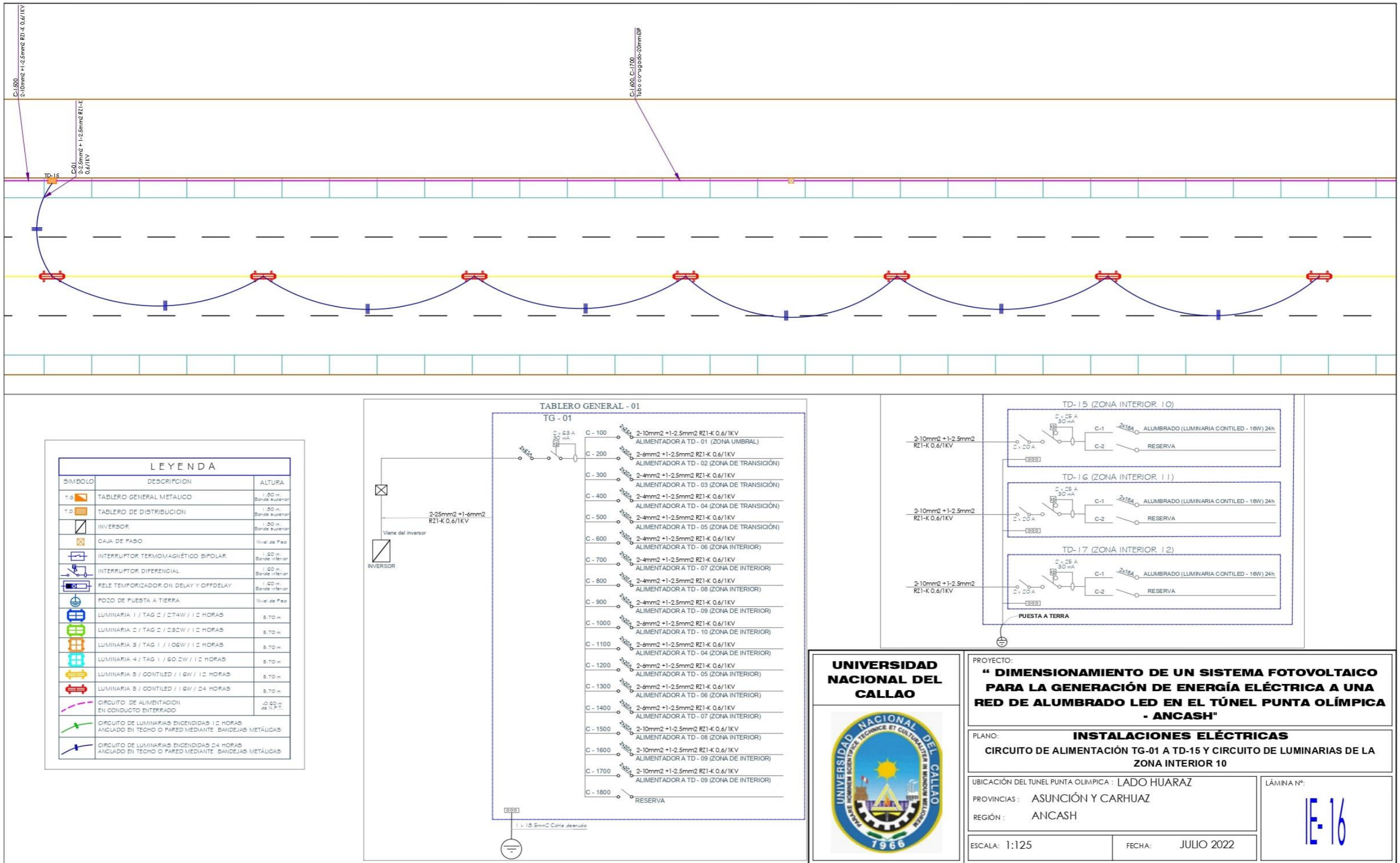
REGIÓN : ANCASH

ESCALA: 1:125

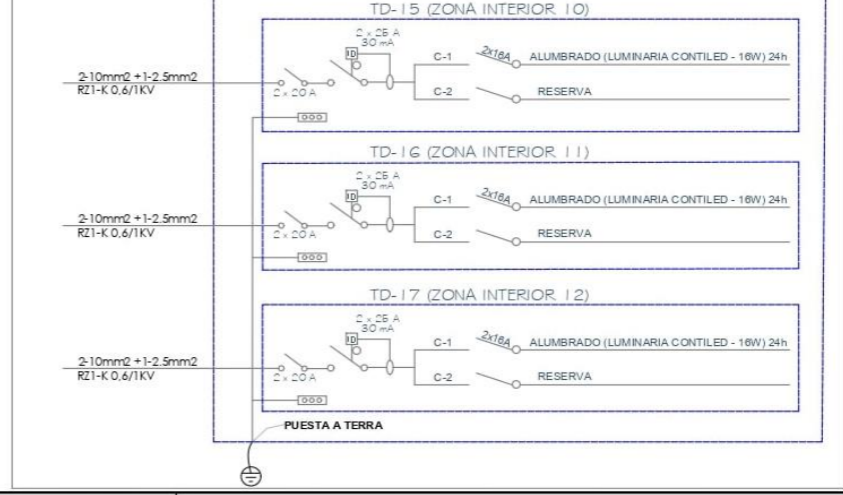
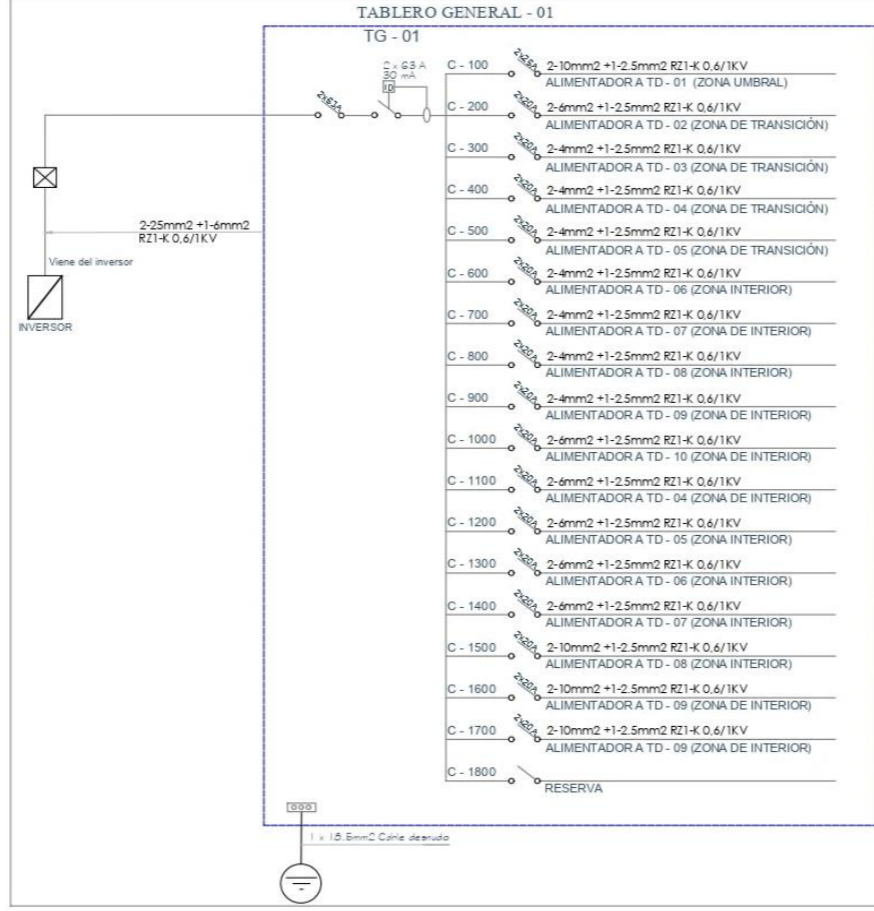
FECHA: JULIO 2022

LÁMINA Nº: **E-15**

Anexo 18 Circuito de alimentación TG-01 a TD-15 y circuito de luminarias de la Zona interior 10



LEYENDA		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ALTURA
T.G.	TABLERO GENERAL METÁLICO	1.50 m. Borde superior
T.D.	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	1.50 m. Borde superior
□	INVERSOR	1.50 m. Borde superior
□	CAJA DE PASO	Nivel de Piso
□	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR	1.50 m. Borde inferior
□	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	1.50 m. Borde inferior
□	RELE TEMPORIZADOR ON DELAY Y OFF DELAY	1.50 m. Borde inferior
□	POZO DE PUESTA A TIERRA	Nivel de Piso
□	LUMINARIA 1 / TAG 2 / 274W / 12 HORAS	8.70 m.
□	LUMINARIA 2 / TAG 2 / 232W / 12 HORAS	8.70 m.
□	LUMINARIA 3 / TAG 1 / 106W / 12 HORAS	8.70 m.
□	LUMINARIA 4 / TAG 1 / 60.2W / 12 HORAS	8.70 m.
□	LUMINARIA 5 / COINTELED / 16W / 12 HORAS	8.70 m.
□	LUMINARIA 5 / COINTELED / 16W / 24 HORAS	8.70 m.
—	CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN EN CONDUCTO ENTERRADO	-0.60 m de N.P.T.
—	CIRCUITO DE LUMINARIAS ENCENDIDAS 12 HORAS ANCLADO EN TECHO O PARED MEDIANTE BANDEJAS METÁLICAS	
—	CIRCUITO DE LUMINARIAS ENCENDIDAS 24 HORAS ANCLADO EN TECHO O PARED MEDIANTE BANDEJAS METÁLICAS	



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

PROYECTO: **" DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA RED DE ALUMBRADO LED EN EL TÚNEL PUNTA OLÍMPICA - ANCASH "**

PLANO: **INSTALACIONES ELÉCTRICAS**  
**CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN TG-01 A TD-15 Y CIRCUITO DE LUMINARIAS DE LA ZONA INTERIOR 10**

UBICACIÓN DEL TUNEL PUNTA OLÍMPICA : LADO HUARAZ

PROVINCIAS : ASUNCIÓN Y CARHUAZ

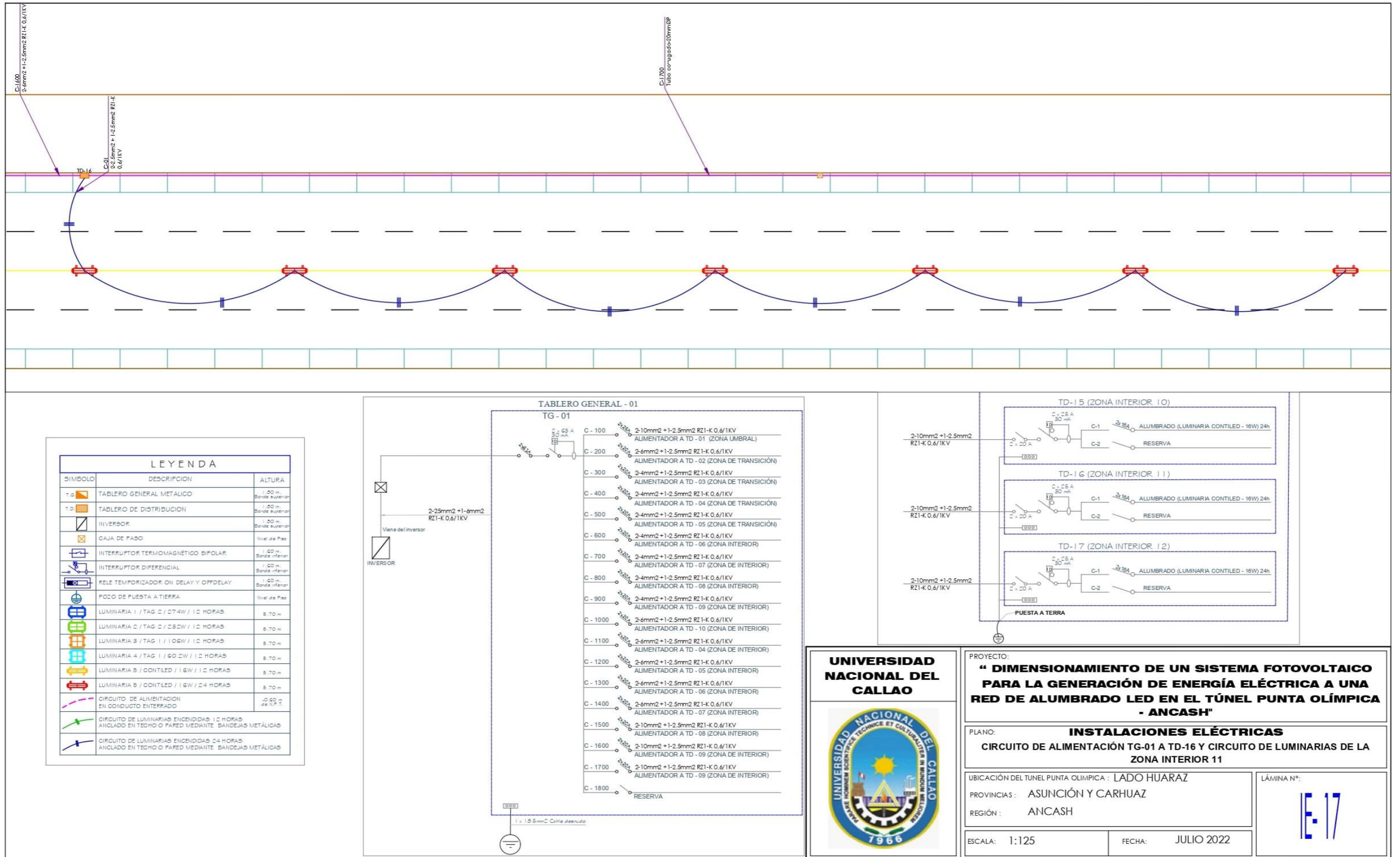
REGIÓN : ANCASH

LÁMINA N°: **E-16**

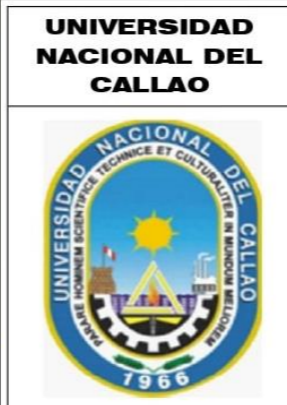
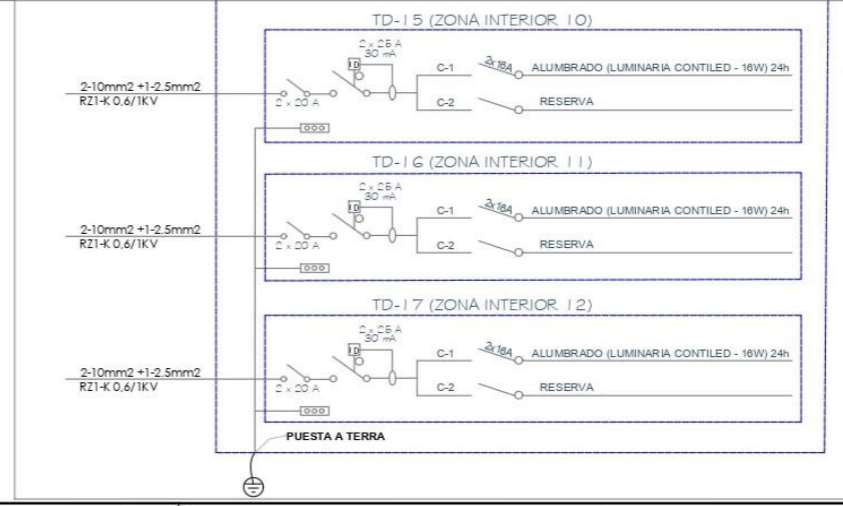
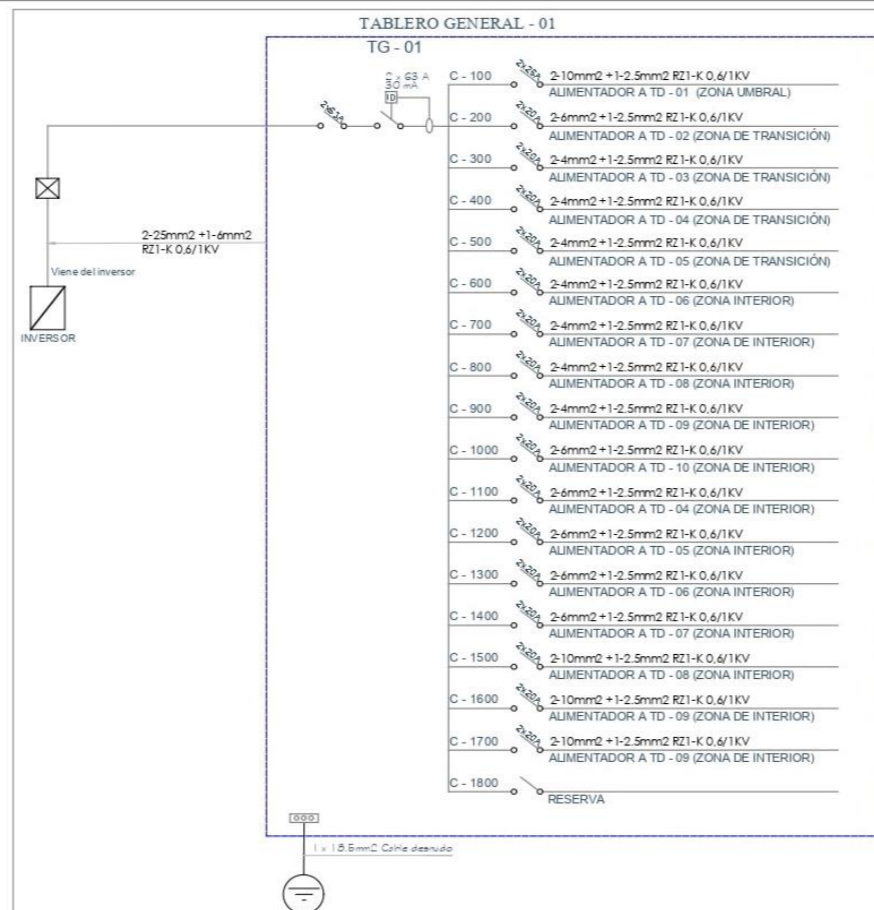
ESCALA: 1:125

FECHA: JULIO 2022

Anexo 19 Circuito de alimentación TG-01 a TD-16 y circuito de luminarias de la Zona interior 11



LEYENDA		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ALTURA
T.G	TABLERO GENERAL METÁLICO	1.00 m. Borde superior
T.D	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	1.00 m. Borde superior
IN	INVERSOR	1.00 m. Borde superior
CA	CAJA DE PASEO	Nivel de Piso
IT	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR	1.00 m. Borde inferior
ID	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	1.00 m. Borde inferior
RT	RELE TEMPORIZADOR ON DELAY Y OFFDELAY	1.00 m. Borde inferior
PT	POZO DE PUESTA A TIERRA	Nivel de Piso
L1	LUMINARIA 1 / TAG 2 / 27W / 12 HORAS	8.70 m
L2	LUMINARIA 2 / TAG 2 / 23W / 12 HORAS	8.70 m
L3	LUMINARIA 3 / TAG 1 / 10W / 12 HORAS	8.70 m
L4	LUMINARIA 4 / TAG 1 / 60W / 12 HORAS	8.70 m
L5	LUMINARIA 5 / CONTELED / 16W / 12 HORAS	8.70 m
L6	LUMINARIA 6 / CONTELED / 16W / 24 HORAS	8.70 m
CA	CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN EN CONDUCTO ENTERRADO	-0.60 m de N.P.T.
LA	CIRCUITO DE LUMINARIAS ENCENDIDAS 12 HORAS ANCLADO EN TECHO O PARED MEDIANTE BANDEJAS METÁLICAS	
LA	CIRCUITO DE LUMINARIAS ENCENDIDAS 24 HORAS ANCLADO EN TECHO O PARED MEDIANTE BANDEJAS METÁLICAS	



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

PROYECTO:  
**" DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA RED DE ALUMBRADO LED EN EL TÚNEL PUNTA OLÍMPICA - ANCASH "**

PLANO:  
**INSTALACIONES ELÉCTRICAS**  
**CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN TG-01 A TD-16 Y CIRCUITO DE LUMINARIAS DE LA ZONA INTERIOR 11**

UBICACIÓN DEL TUNEL PUNTA OLÍMPICA : LADO HUARAZ

PROVINCIA : ASUNCIÓN Y CARHUAZ

REGIÓN : ANCASH

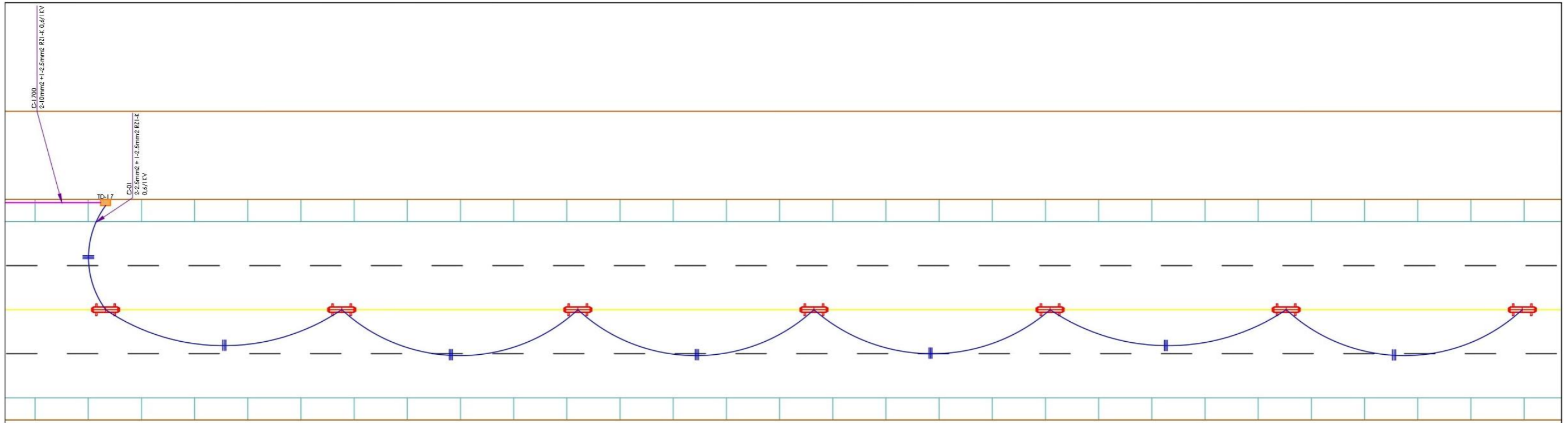
LÁMINA N°:

ESCALA : 1:125

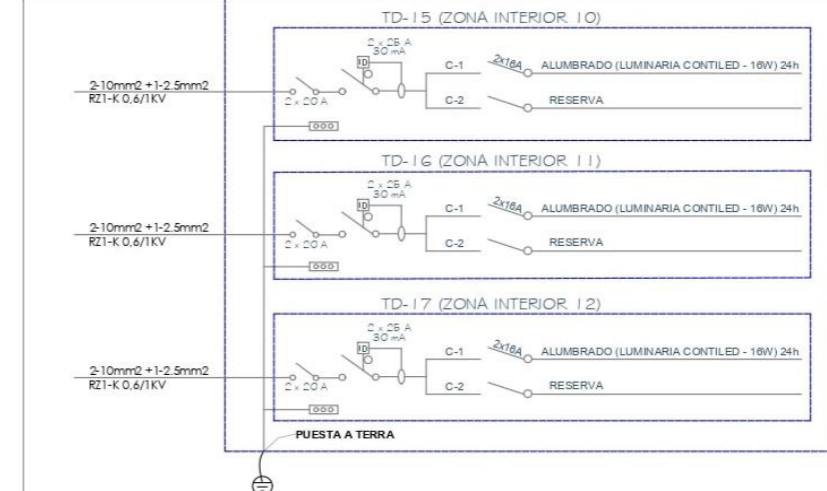
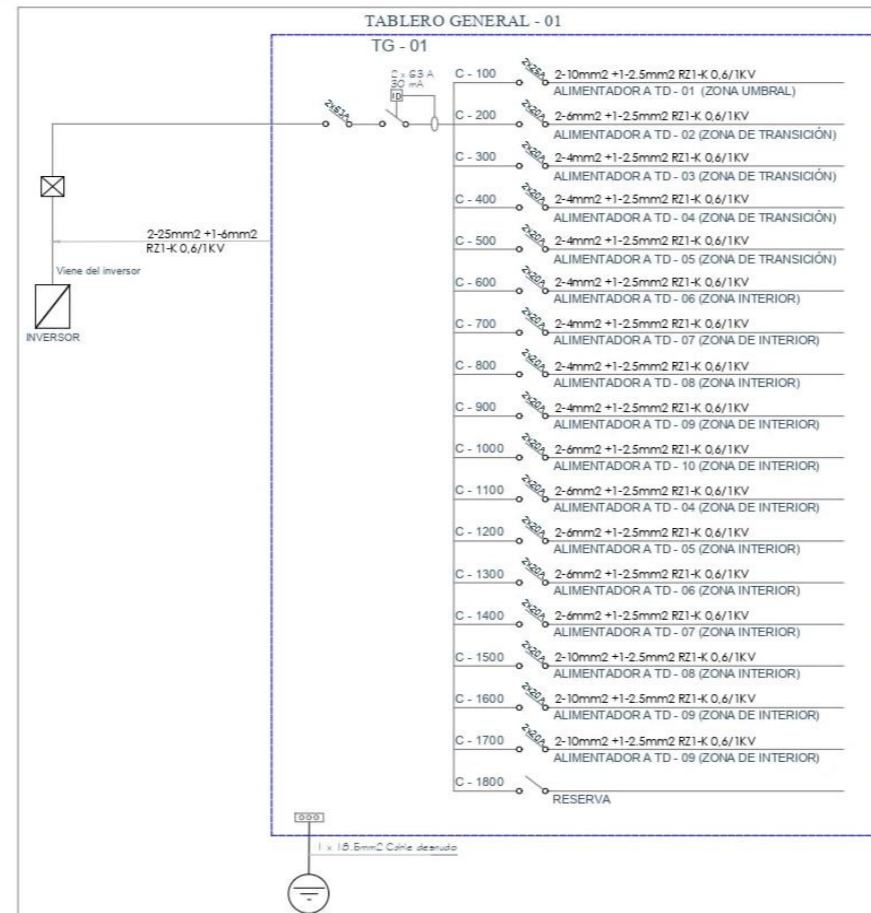
FECHA : JULIO 2022

**E-17**

Anexo 20 Circuito de alimentación TG-01 a TD-17 y circuito de luminarias de la Zona interior 12



LEYENDA		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ALTURA
	TABLERO GENERAL METÁLICO	1.20 m. Borde superior
	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN	1.20 m. Borde superior
	INVERSOR	1.20 m. Borde superior
	CAJA DE PASO	Nivel de Piso
	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR	1.20 m. Borde inferior
	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	1.20 m. Borde inferior
	RELE TEMPORIZADOR ON DELAY Y OFFDELAY	1.20 m. Borde inferior
	POZO DE PUESTA A TIERRA	Nivel de Piso
	LUMINARIA 1 / TAG 2 / 274W / 12 HORAS	8.70 m
	LUMINARIA 2 / TAG 2 / 282W / 12 HORAS	8.70 m
	LUMINARIA 3 / TAG 1 / 1106W / 12 HORAS	8.70 m
	LUMINARIA 4 / TAG 1 / 60.2W / 12 HORAS	8.70 m
	LUMINARIA 5 / COINTELED / 16W / 12 HORAS	8.70 m
	LUMINARIA 6 / COINTELED / 16W / 24 HORAS	8.70 m
	CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN EN CONDUCTO ENTERRADO	-0.20 m del N.P.T.
	CIRCUITO DE LUMINARIAS ENCENDIDAS 12 HORAS ANCLADO EN TECHO O PARED MEDIANTE BANDEJAS METÁLICAS	
	CIRCUITO DE LUMINARIAS ENCENDIDAS 24 HORAS ANCLADO EN TECHO O PARED MEDIANTE BANDEJAS METÁLICAS	



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

PROYECTO: **" DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA RED DE ALUMBRADO LED EN EL TÚNEL PUNTA OLÍMPICA - ANCASH"**

PLANO: **INSTALACIONES ELÉCTRICAS**  
**CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN TG-01 A TD-17 Y CIRCUITO DE LUMINARIAS DE LA ZONA INTERIOR 12**

UBICACIÓN DEL TUNEL PUNTA OLÍMPICA : LADO HUARAZ

PROVINCIAS : ASUNCIÓN Y CARHUAZ

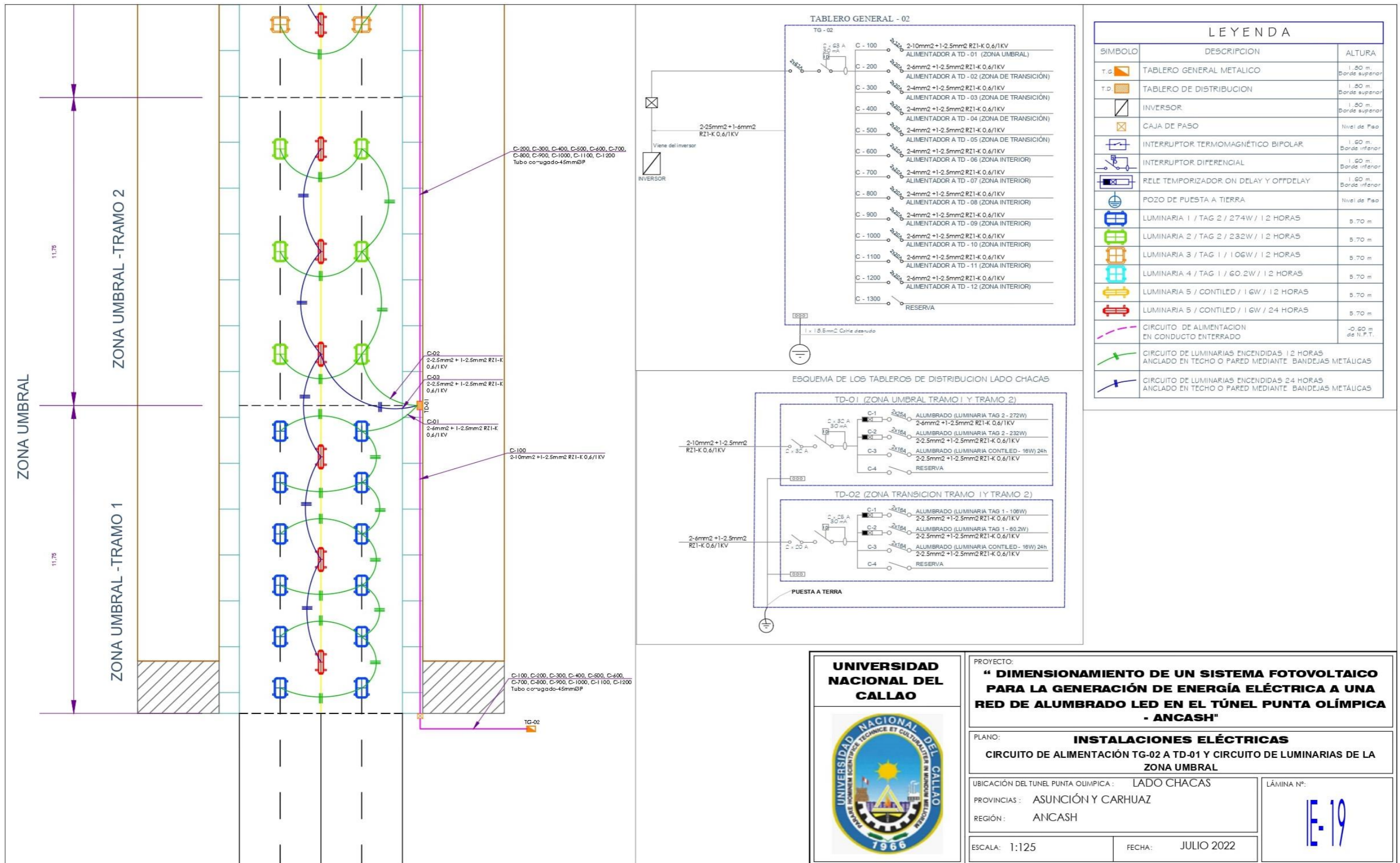
REGIÓN : ANCASH

ESCALA: 1:125

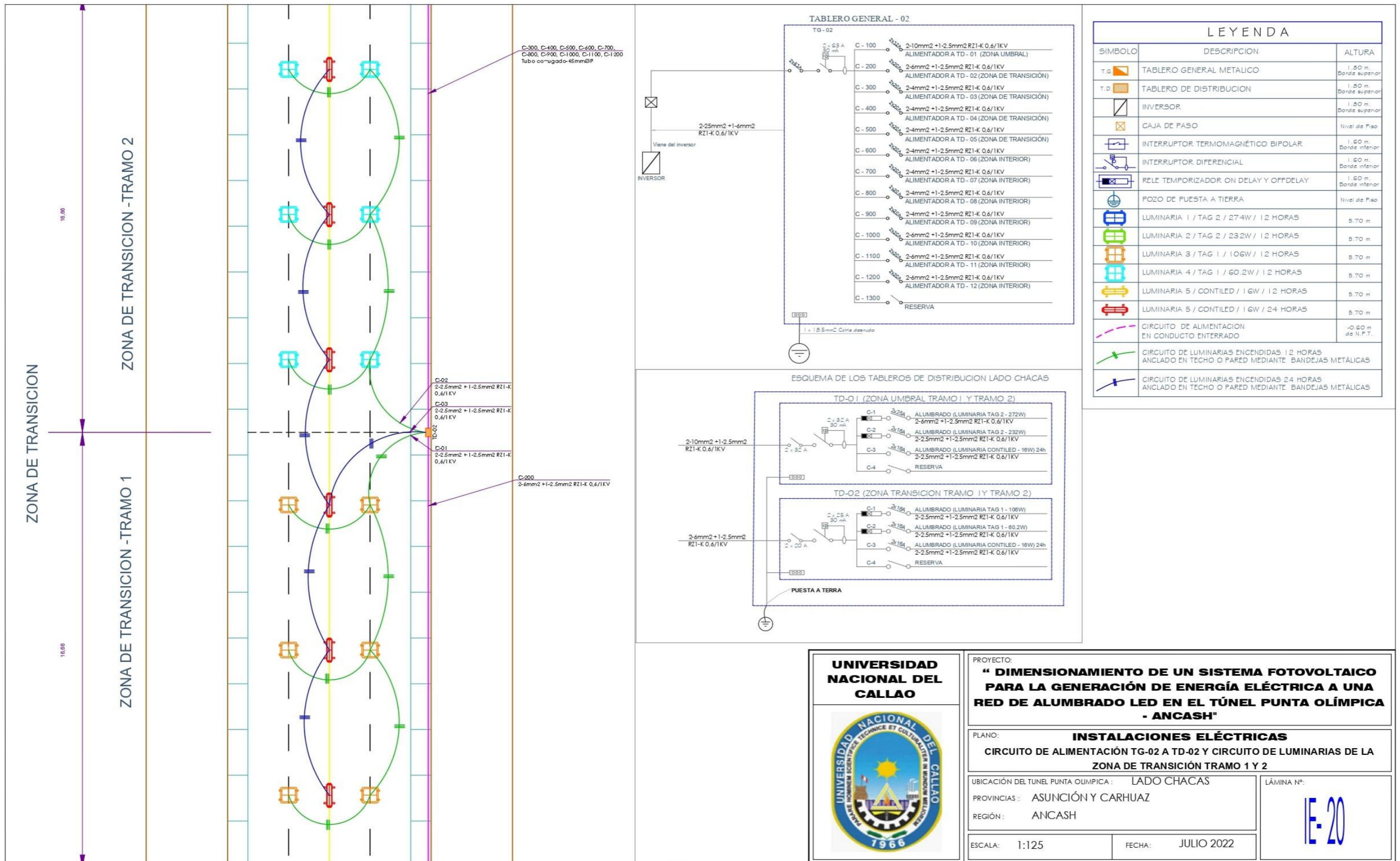
FECHA: JULIO 2022

LÁMINA N°: **E-18**

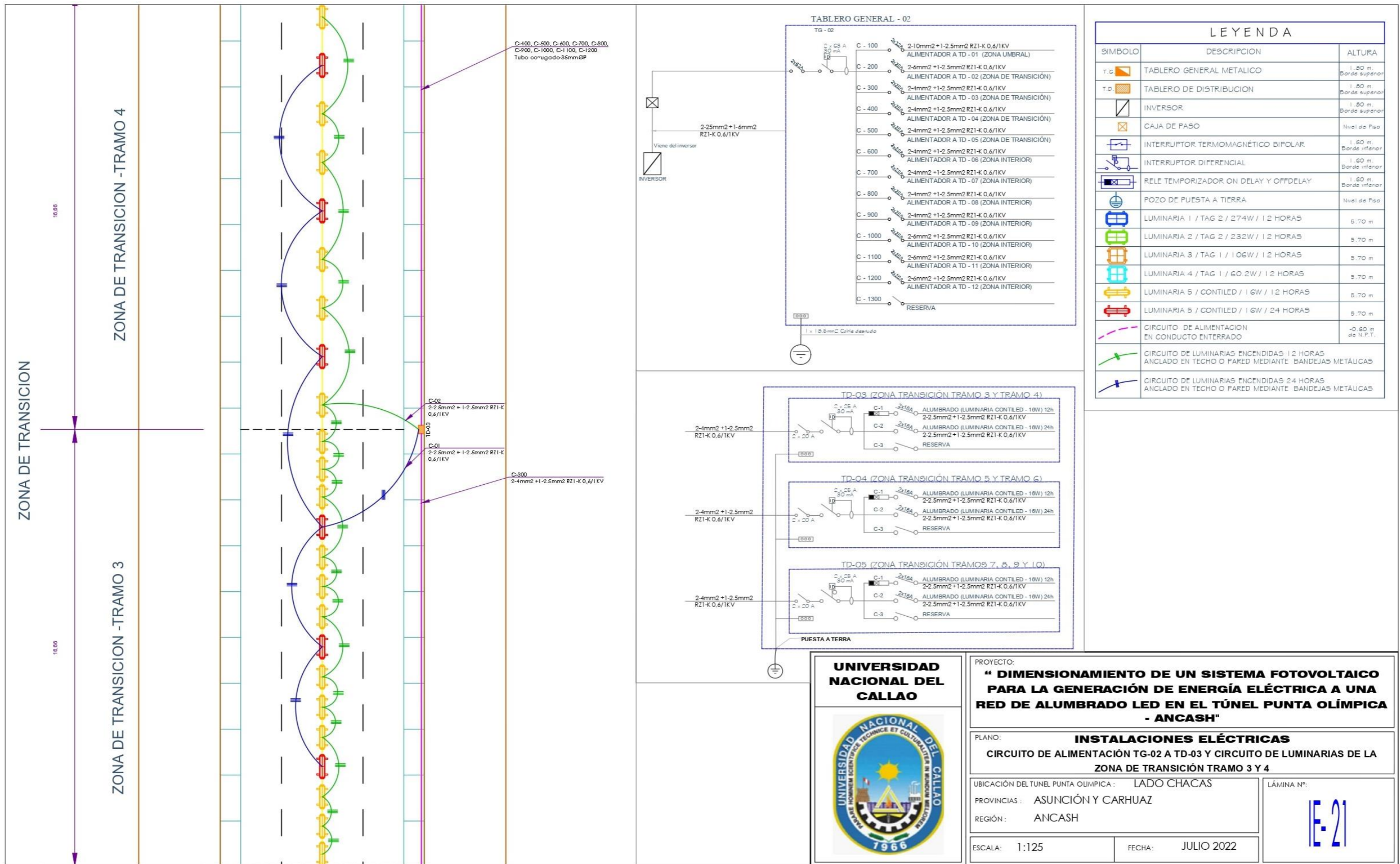
Anexo 21 Circuito de alimentación TG-02 a TD-01 y circuito de luminarias de la Zona Umbral



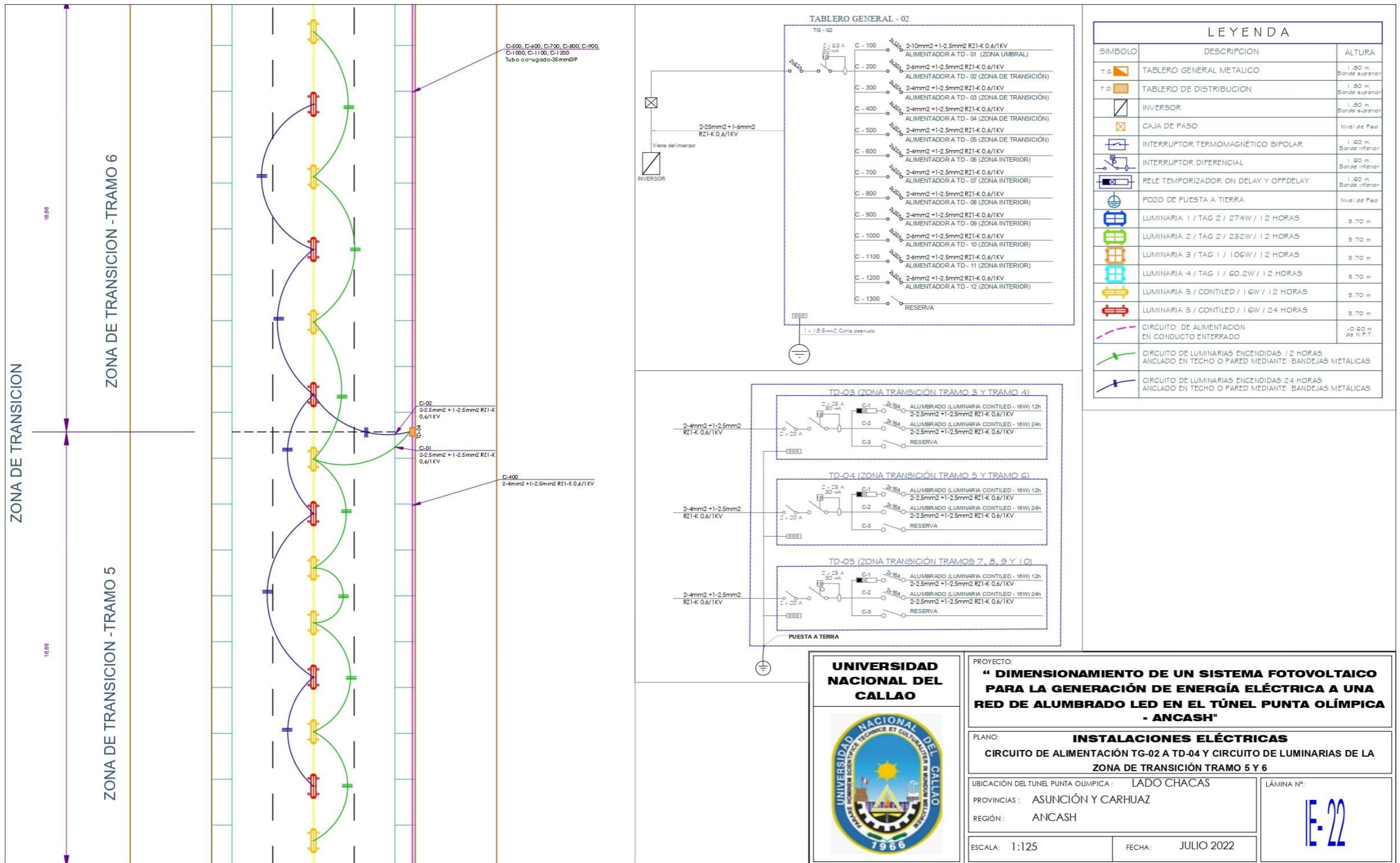
Anexo 22 Circuito de alimentación TG-02 a TD-02 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 1 y 2



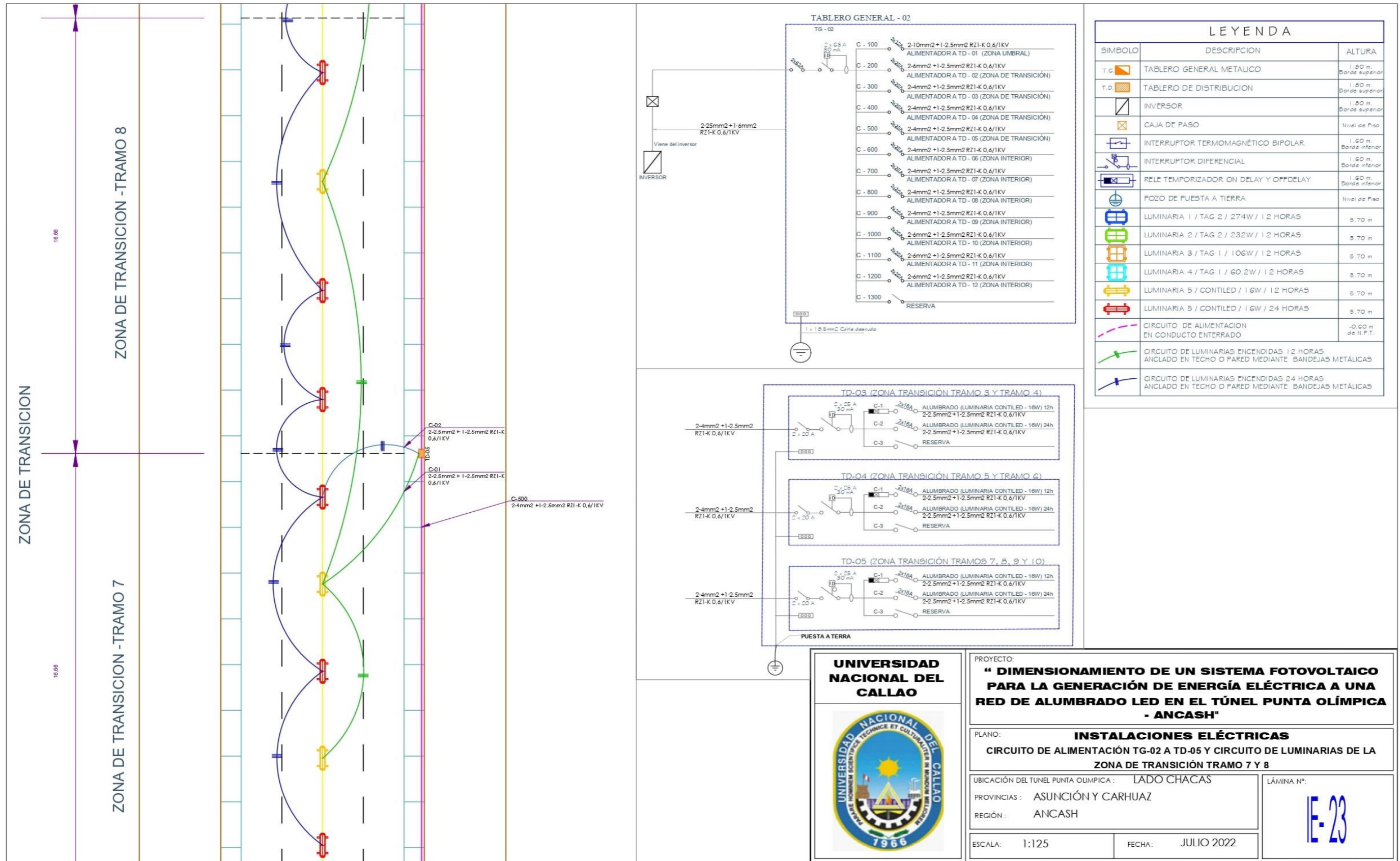
Anexo 23 Circuito de alimentación TG-02 a TD-03 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 3 y 4



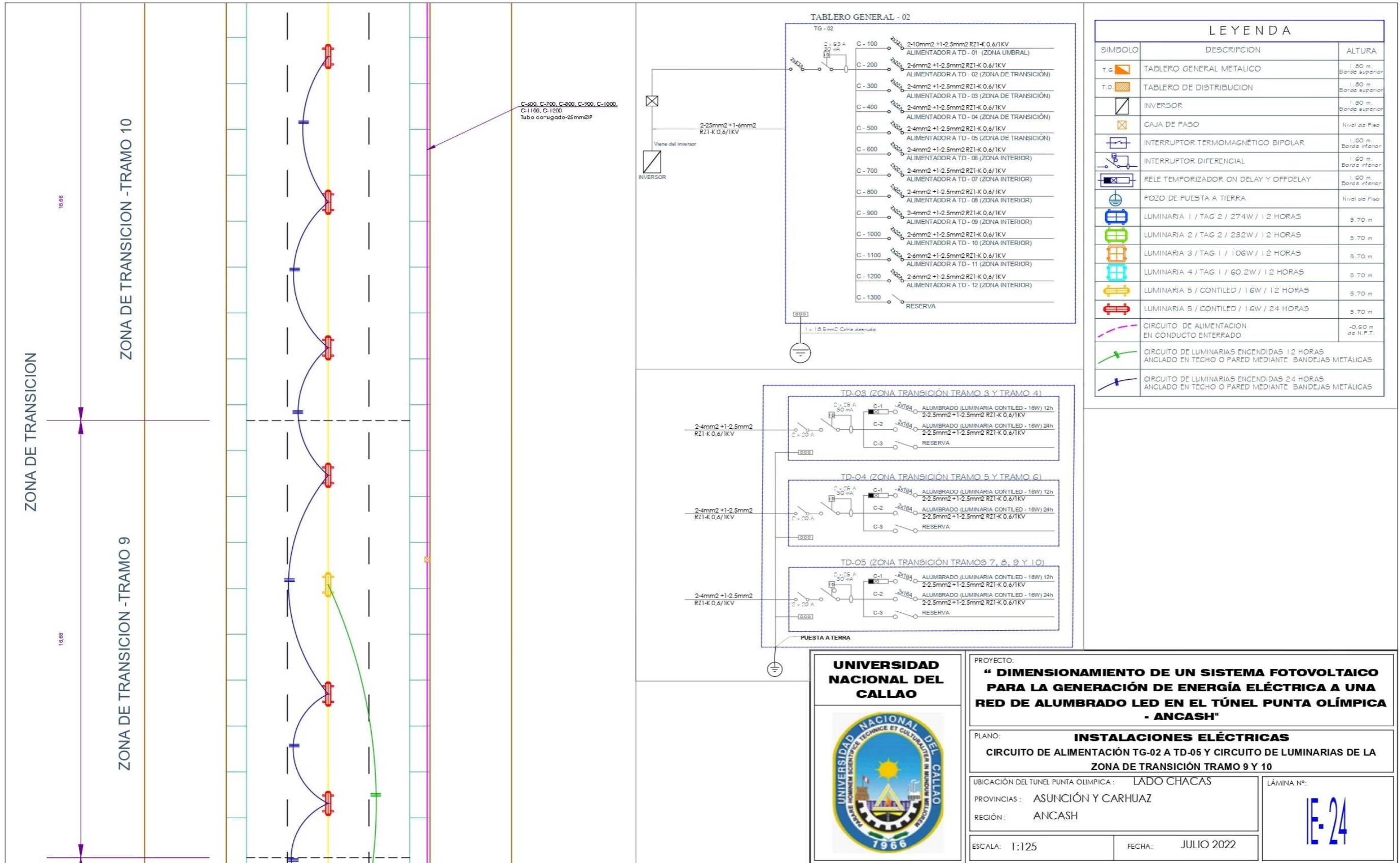
Anexo 24 Circuito de alimentación TG-02 a TD-04 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 5 y 6



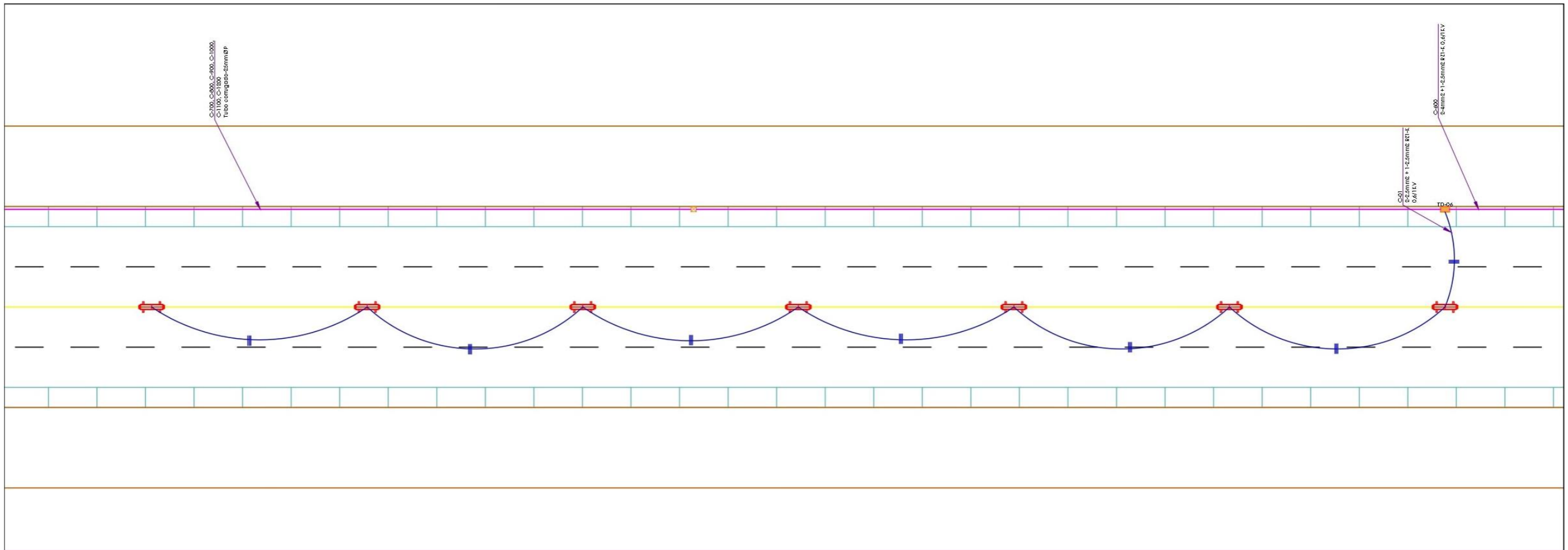




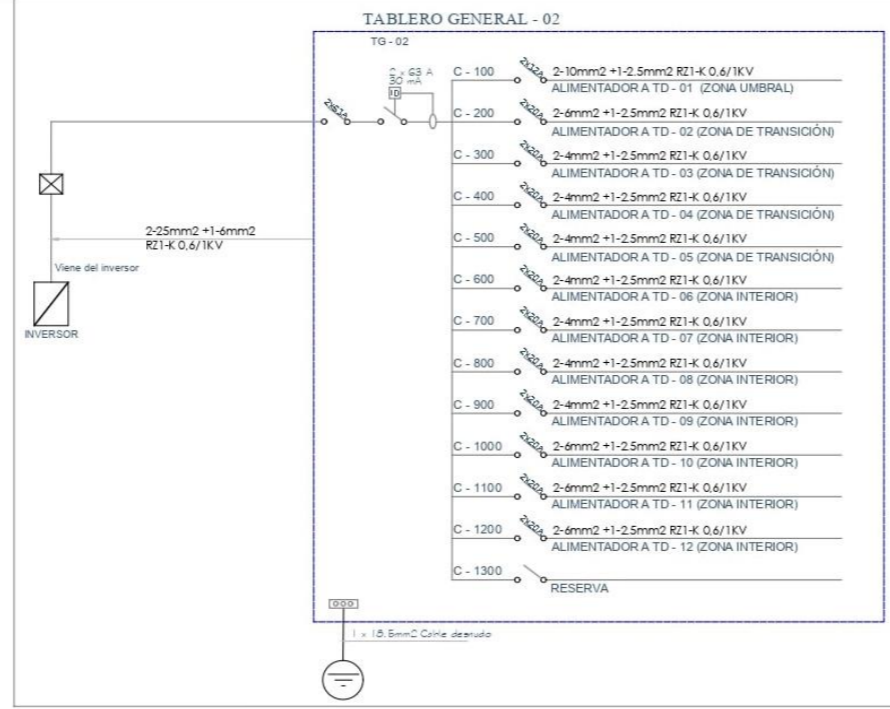
Anexo 26 Circuito de alimentación TG-02 a TD-05 y circuito de luminarias de la Zona de Transición tramo 9 y 10



Anexo 27 Circuito de alimentación TG-02 a TD-06 y circuito de luminarias de la Zona Interior 1



LEYENDA		
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	ALTURA
	TABLERO GENERAL METALICO	1.00 m Borde superior
	TABLERO DE DISTRIBUCION	1.00 m Borde superior
	INVERSOR	1.00 m Borde superior
	CAJA DE PASEO	Nivel de Piso
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO BIPOLAR	1.00 m Borde inferior
	INTERRUPTOR DIFERENCIAL	1.00 m Borde inferior
	RELE TEMPORIZADOR ON DELAY Y OFFDELAY	1.00 m Borde inferior
	POZO DE PUESTA A TIERRA	Nivel de Piso
	LUMINARIA 1 / TAG 2 / 274W / 12 HORAS	8.70 m
	LUMINARIA 2 / TAG 2 / 282W / 12 HORAS	8.70 m
	LUMINARIA 3 / TAG 1 / 106W / 12 HORAS	8.70 m
	LUMINARIA 4 / TAG 1 / 60.2W / 12 HORAS	8.70 m
	LUMINARIA 5 / CONTEILED / 16W / 24 HORAS	8.70 m
	LUMINARIA 6 / CONTEILED / 16W / 24 HORAS	8.70 m
	CIRCUITO DE ALIMENTACION EN CONDUCTO ENTERRADO	1.00 m de N.P.T.
	CIRCUITO DE LUMINARIAS ENCENDIDAS 12 HORAS ANGLADO EN TECHO O PARED MEDIANTE BANDEJAS METALICAS	
	CIRCUITO DE LUMINARIAS ENCENDIDAS 24 HORAS ANGLADO EN TECHO O PARED MEDIANTE BANDEJAS METALICAS	



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

PROYECTO: **" DIMENSIONAMIENTO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A UNA RED DE ALUMBRADO LED EN EL TÚNEL PUNTA OLÍMPICA - ANCASH"**

PLANO: **INSTALACIONES ELÉCTRICAS**  
**CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN TG-02 A TD-06 Y CIRCUITO DE LUMINARIAS DE LA ZONA INTERIOR 1**

UBICACIÓN DEL TUNEL PUNTA OLIMPICA: LADO CHACAS

PROVINCIAS: ASUNCIÓN Y CARHUAZ

REGIÓN: ANCASH

ESCALA: 1:125

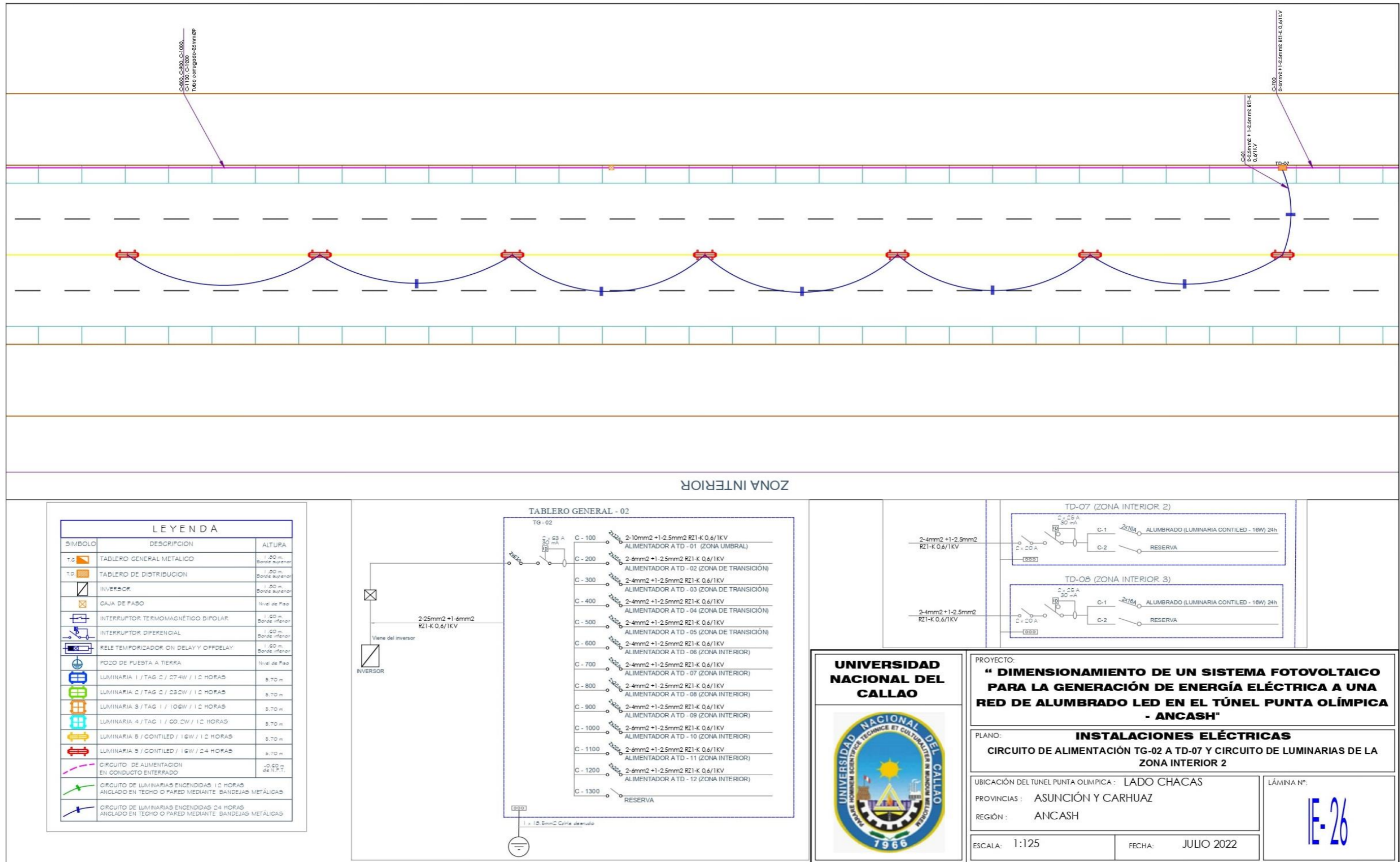
FECHA: JULIO 2022

LÁMINA Nº: **E-25**

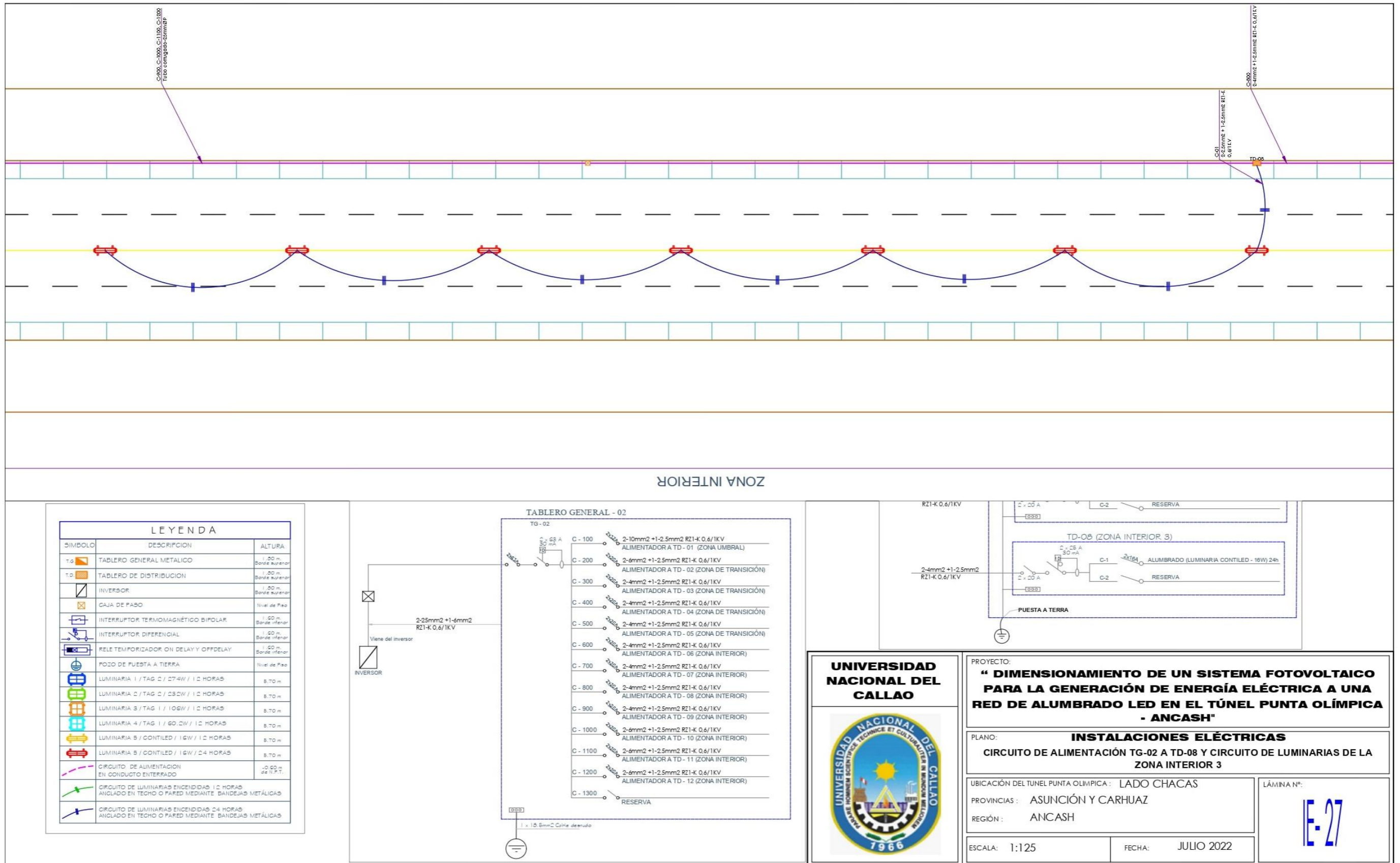
TD-06 (ZONA INTERIOR 1)

TD-07 (ZONA INTERIOR 2)

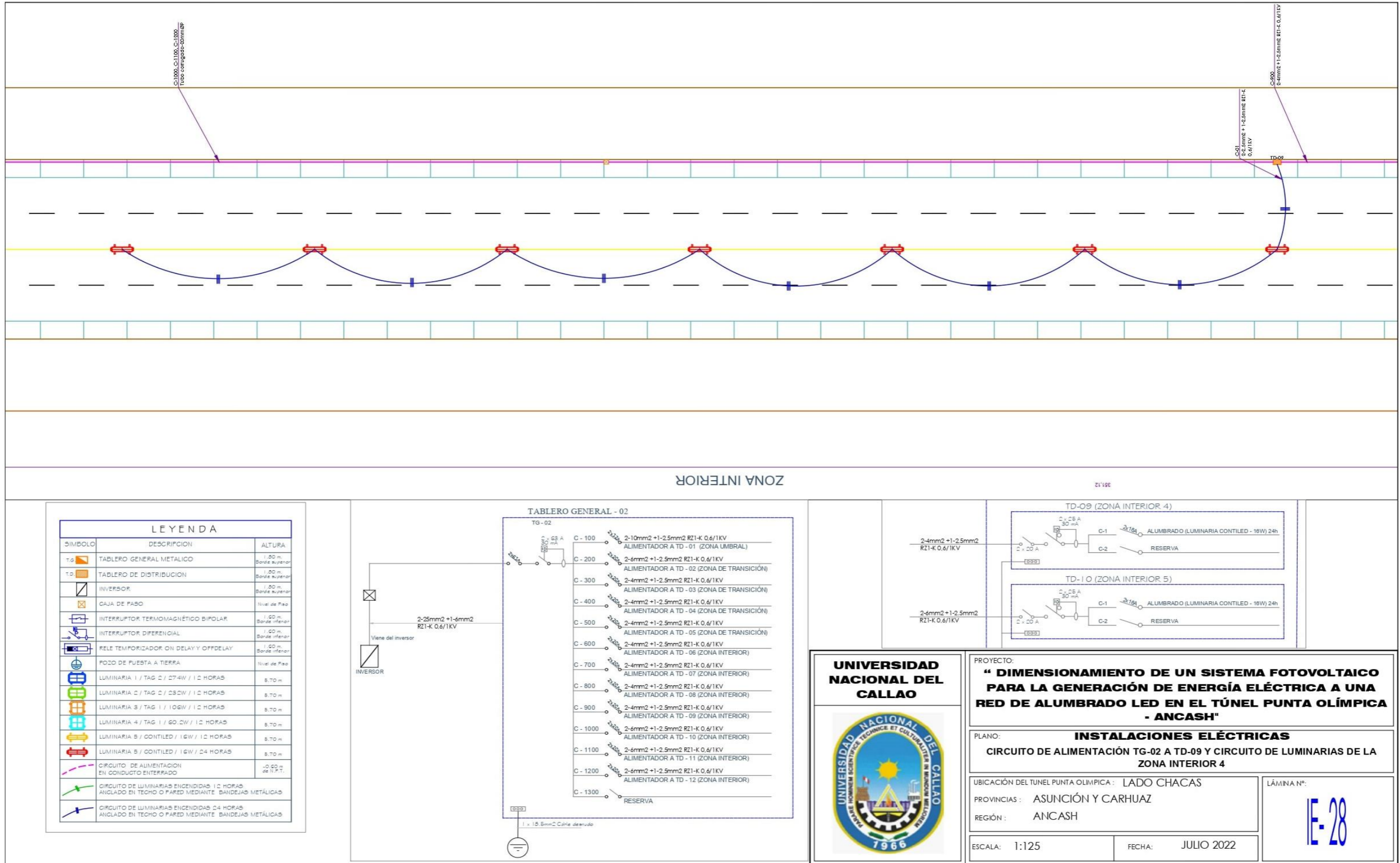
Anexo 28 Circuito de alimentación TG-02 a TD-07 y circuito de luminarias de la Zona Interior 2



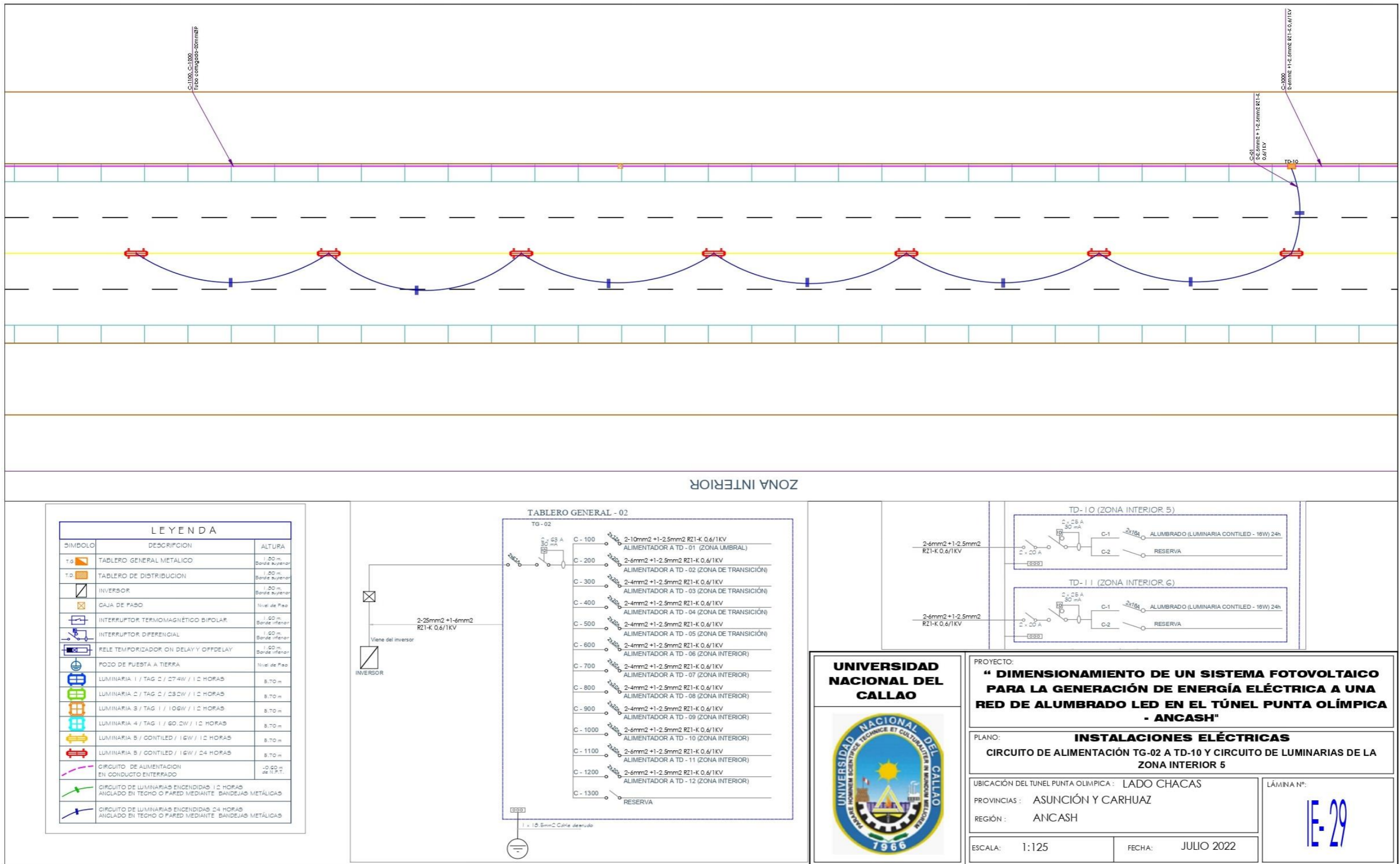
Anexo 29 Circuito de alimentación TG-02 a TD-08 y circuito de luminarias de la Zona Interior 3



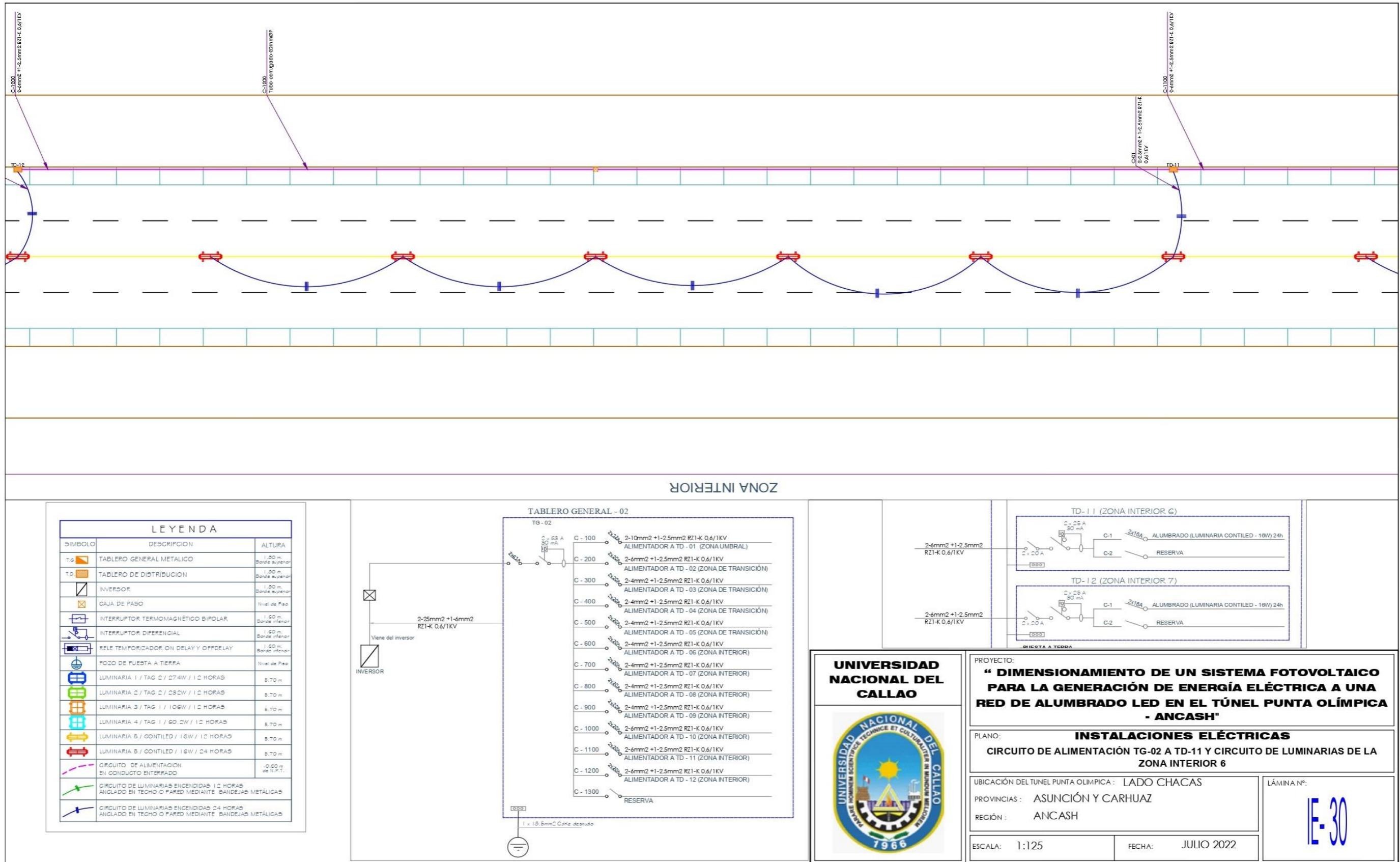
Anexo 30 Circuito de alimentación TG-02 a TD-09 y circuito de luminarias de la Zona Interior 4



Anexo 31 Circuito de alimentación TG-02 a TD-10 y circuito de luminarias de la Zona Interior 5

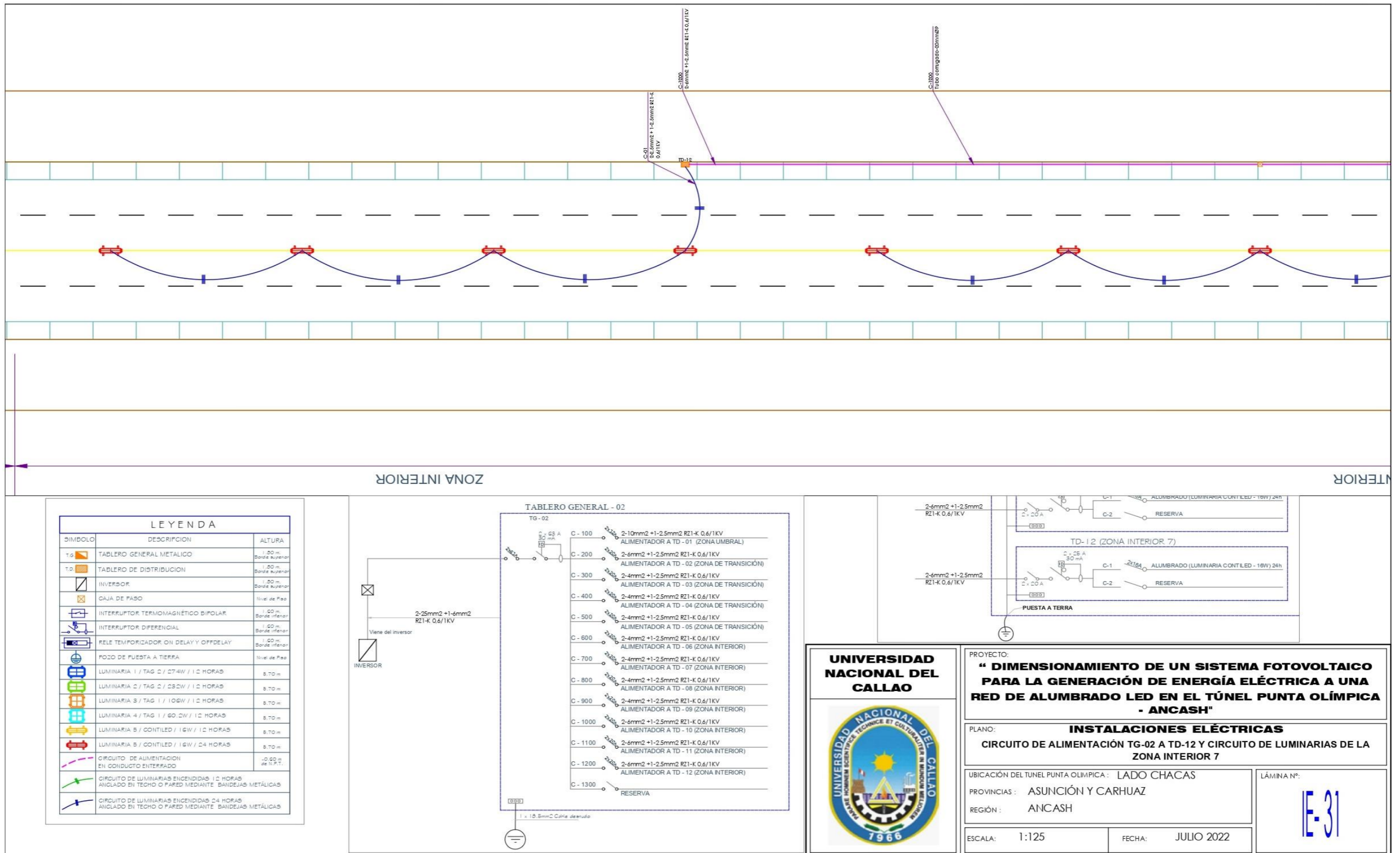


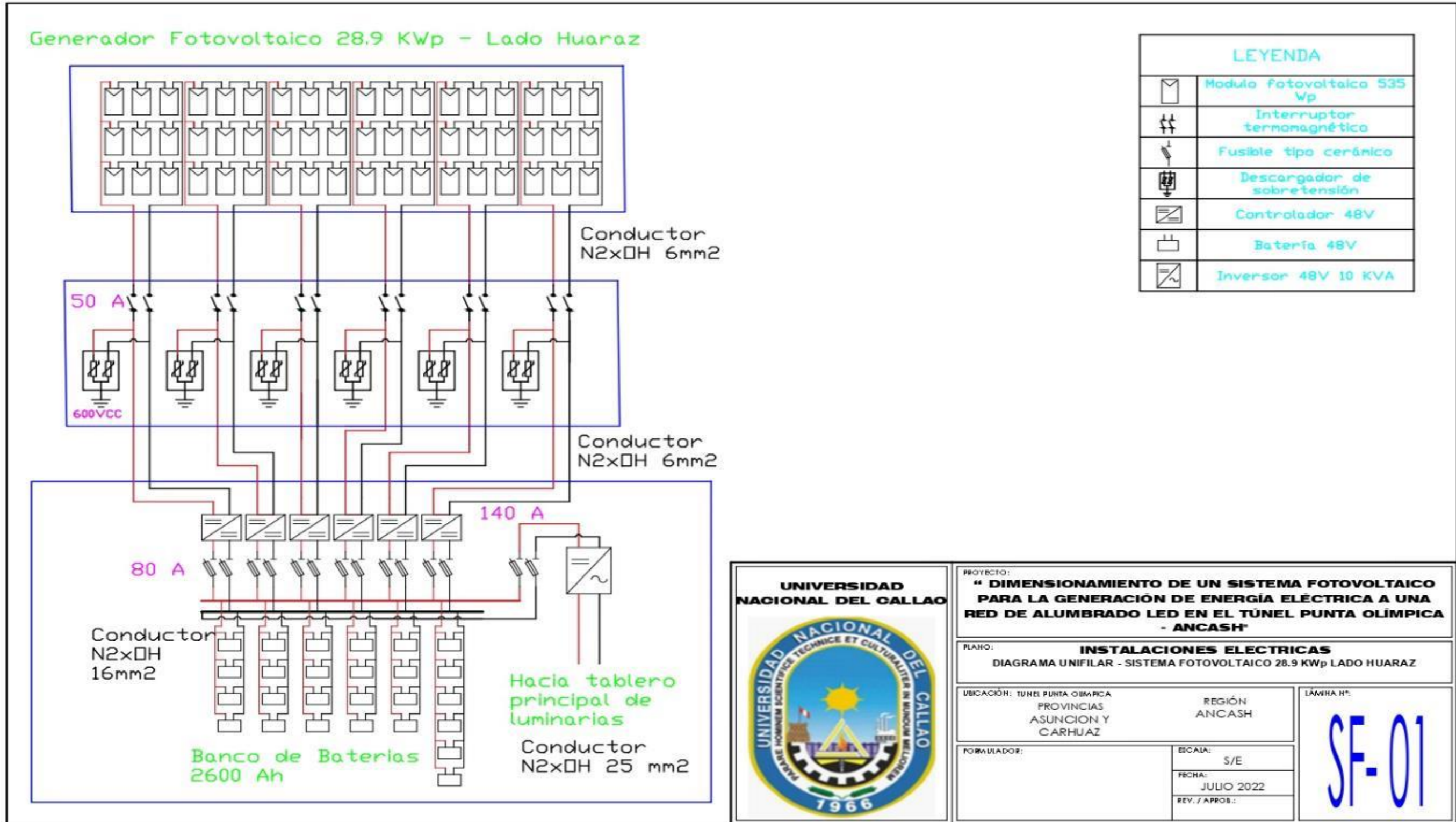
Anexo 32 Circuito de alimentación TG-02 a TD-11 y circuito de luminarias de la Zona Interior 6

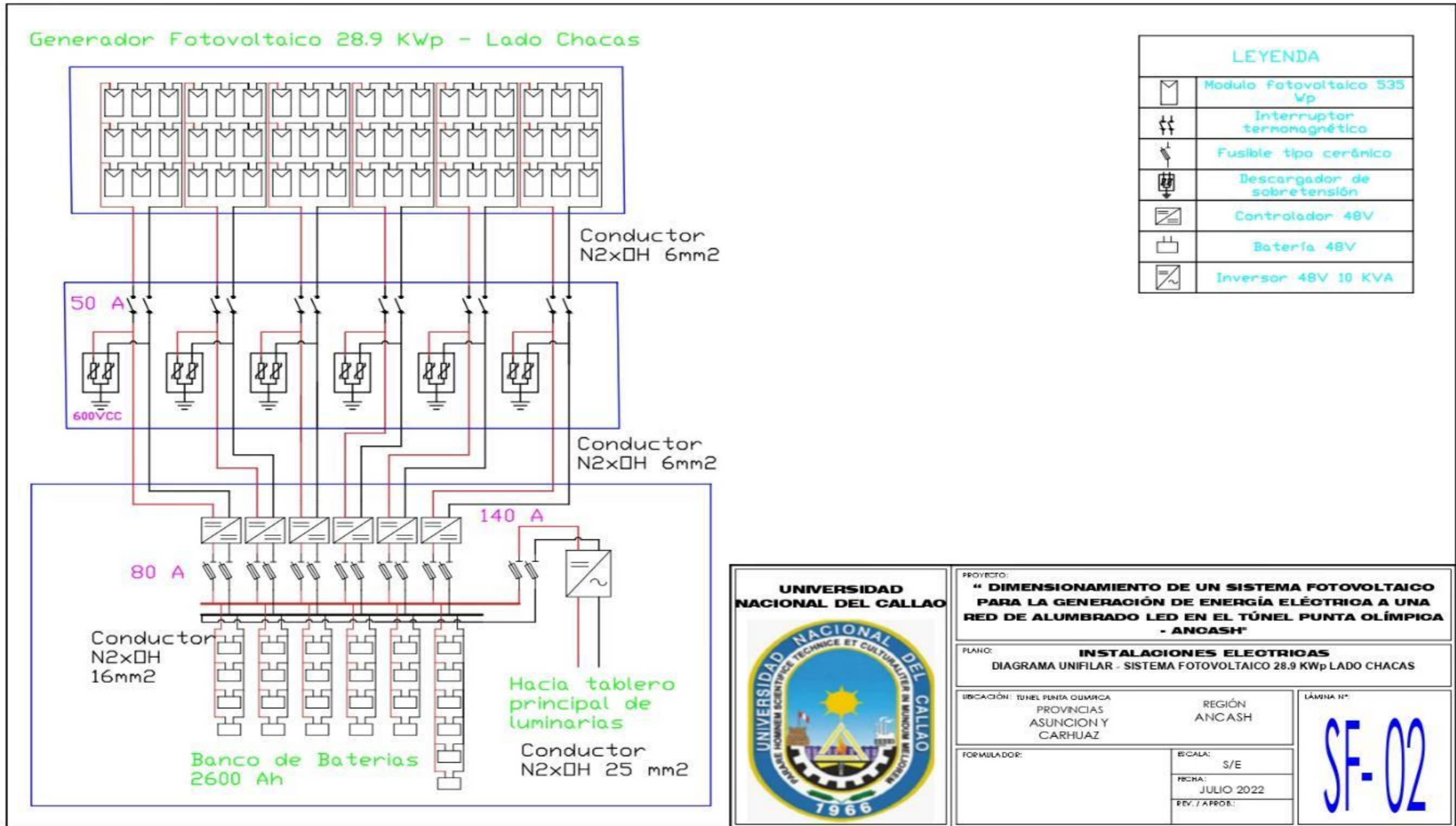




Anexo 33 Circuito de alimentación TG-02 a TD-12 y circuito de luminarias de la Zona Interior 7



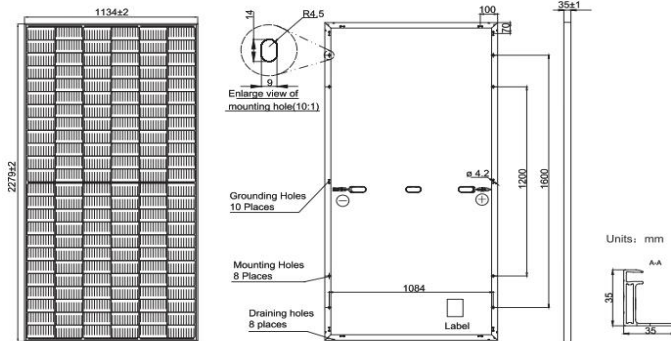






JAM72S30 525-550/MR Series

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	28.6kg±3%
Dimensions	2279±2mm×1134±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm <sup>2</sup> (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144(6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1300mm(+)/1300mm(-)
Packaging Configuration	31pcs/Pallet, 620pcs/40ft Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S30-525/MR	JAM72S30-530/MR	JAM72S30-535/MR	JAM72S30-540/MR	JAM72S30-545/MR	JAM72S30-550/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	525	530	535	540	545	550
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.15	49.30	49.45	49.60	49.75	49.90
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.15	41.31	41.47	41.64	41.80	41.96
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1	21.3
Power Tolerance				0~+5W		
Temperature Coefficient of Isc(α <sub>Isc</sub> )				+0.045%/°C		
Temperature Coefficient of Voc(β <sub>Voc</sub> )				-0.275%/°C		
Temperature Coefficient of Pmax(γ <sub>Pmp</sub> )				-0.350%/°C		
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

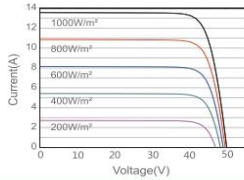
TYPE	JAM72S30-525/MR	JAM72S30-530/MR	JAM72S30-535/MR	JAM72S30-540/MR	JAM72S30-545/MR	JAM72S30-550/MR
Rated Max Power(Pmax) [W]	397	401	405	408	412	416
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46.05	46.18	46.31	46.43	46.55	46.68
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38.36	38.57	38.78	38.99	39.20	39.43
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.97	11.01	11.05	11.09	11.13	11.17
Max Power Current(Imp) [A]	10.35	10.39	10.43	10.47	10.51	10.55
NOCT	Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					

OPERATING CONDITIONS

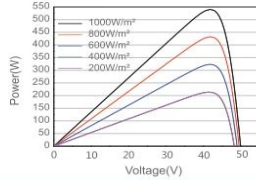
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Operating Temperature	-40 C ~+85 C
Maximum Series Fuse Rating	25A
Maximum Static Load,Front*	5400Pa(112lb/ft <sup>2</sup> )
Maximum Static Load,Back*	2400Pa(50lb/ft <sup>2</sup> )
NOCT	45±2 C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

CHARACTERISTICS

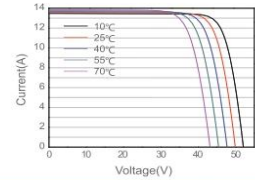
Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



Power-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



Premium Cells, Premium Modules

Version No. : Global\_EN\_20200928A



# Pylontech

## New BESS solution

48V100Ah

- ✓ Dual active protection
- ↑ High current strike endurance
- 📡 Remote upgrade feature



Basic Parameters	US5000
Nominal Voltage (V)	48
Nominal Capacity (Wh)	4800
Usable Capacity (Wh)	4560 (95%Dod)
Dimension (mm)	442*420*161
Weight (Kg)	40
Discharge Voltage (V)	43.5 ~ 53.5
Charge Voltage (V)	52.5 ~ 53.5
Charge / Discharge Current (A)	80 (Continuous)
	101~120 @ 15 Min
	121~200 @15Sec
Communication	RS485, CAN
Single string quantity(pcs)	16
Working Temperature/°C	-10~50
Shelf Temperature/°C	-20~60
Humidity	5%~95%



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

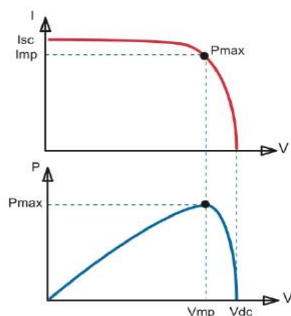
www.victronenergy.com



Controlador de carga solar  
MPPT 150/70-Tr



Controlador de carga solar  
MPPT 150/70-MC4



Seguimiento del punto de potencia máxima

### Curva superior:

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

### Curva inferior:

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

### Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

### Detección Avanzada del Punto de Máxima Potencia en caso de nubosidad parcial

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga.

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo.

El innovador algoritmo de BlueSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

### Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

### Algoritmo de carga flexible

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

### Amplia protección electrónica

Protección de sobretemperatura y reducción de potencia en caso de alta temperatura.

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

### Sensor de temperatura interna

Compensa la tensión de carga de absorción y flotación.

en función de la temperatura.

### Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android consulte "Mochila inteligente de conexión VE.Direct a Bluetooth"
- Panel ColorControl



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de software)				
Corriente de carga nominal	45 A	60 A	70 A	85 A	100 A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	650 W	860 W	1000 W	1200 W	1450 W
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	1300 W	1720 W	2000 W	2400 W	2900 W
Potencia FV máxima, 48V 1a,b)	2600 W	3440 W	4000 W	4900 W	5800 W
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto o en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				
Eficiencia máxima	98 %				
Autoconsumo	10 mA				
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (ajustable)				
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (ajustable)				
Algoritmo de carga	variable multietapas				
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.				
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa/Cortocircuito de salida/Sobretemperatura				
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)				
Humedad	95 %, sin condensación				
Puerto de comunicación de datos y on-off remoto	VE.Direct (consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web)				
Funcionamiento en paralelo	Sí (no sincronizado)				

### CARCASA

Color	Azul (RAL 5012)	
Terminales FV 2)	35 mm <sup>2</sup> /AWG2 (modelos Tr), o conectores Dual MC4 (modelos MC4)	
Bornes de batería	35 mm <sup>2</sup> / AWG2	
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)	
Peso	3 kg	4,5 kg
Dimensiones (al x an x p)	Modelos Tr: 185 x 250 x 95 mm Modelos MC4: 215 x 250 x 95 mm	Modelos Tr: 216 x 295 x 103 mm Modelos MC4: 246 x 295 x 103 mm

### ESTÁNDARES

Seguridad	EN/IEC 62109
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado.	
1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.	
2) Modelos MC4: se necesitarán varios separadores para conectar en paralelo las cadenas de paneles solares	

# Anexo 39 Ficha técnica - Inversor



**GX Touch 50 y Cerbo GX**  
Facilita un control y un seguimiento intuitivos del sistema. Además del control y seguimiento del sistema, el Cerbo GX permite acceder a nuestra web de seguimiento remoto gratuita: el portal en línea VRM.



**Portal VRM**  
Nuestra web gratuita de seguimiento remoto (VRM) mostrará todos los datos de su sistema en un completo formato gráfico. Los ajustes del sistema pueden modificarse a distancia a través del portal. Se pueden recibir alarmas por email.



**App VRM**  
Controle y gestione su sistema Victron Energy desde su *smartphone* o tableta. Disponible tanto para iOS como para Android.



**Mochila VE.Bus Smart**  
Mide la tensión y temperatura de la batería y permite el seguimiento y control mediante *smartphone* u otro dispositivo bluetooth.



Área de conexión

Victron Energy B.V. | De Paal 35 | 1351 JG Almere | Países Bajos  
Centralita: +31 (0)36 535 97 00 | E-mail: sales@victronenergy.com  
www.victronenergy.com

	12/3000/120-32 24/3000/70-32 48/3000/35-32	24/5000/120-50 48/5000/70-50	48/8000/110-100	48/10000/140-100
MultiPlus-II				
PowerControl y PowerAssist	Sí			
Conmutador de transferencia	32 A	50 A	100 A	50 A
Corriente máxima de entrada CA	32 A	50 A	100 A	50 A
<b>INVERSOR</b>				
Rango de tensión de entrada CC	12V - 9,5-17 V	24V - 19-33 V	48V - 38-66 V	
Salida	Tensión de salida: 230 V CA ± 2 % Frecuencia: 50 Hz ± 0,1 % (1)			
Potencia cont. de salida a 25 °C (3)	3000 VA	5000 VA	8000 VA	10000 VA
Potencia cont. de salida a 25°C	2400 W	4000 W	6400 W	8000 W
Potencia cont. de salida a 40 °C	2200 W	3700 W	5500 W	7000 W
Potencia cont. de salida a 65 °C	1700 W	3000 W	4000 W	6000 W
Balance neto máximo aparente (corriente retornada a la red)	3000 VA	5000 VA	8000 VA	10000 VA
Pico de potencia	5500 W	9000 W	15000 W	18000 W
Eficiencia máxima	93 % / 94 % / 95 %	96 %	95 %	96 %
Consumo en vacío	13 / 13 / 11 W	18 W	29 W	38 W
Consumo en vacío en modo AES	9 / 9 / 7 W	12 W	19 W	27 W
Consumo en vacío en modo búsqueda	3 / 3 / 2 W	2 W	3 W	4 W
<b>CARGADOR</b>				
Entrada de CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 V CA Frecuencia de entrada: 45 - 65 Hz			
Tensión de carga de "absorción"	28,8 V		57,6 V	
Tensión de carga de "flotación"	27,6 V		55,2 V	
Modo de almacenamiento	26,4 V		52,8 V	
Máxima corriente de carga de la batería (4)	120 / 70 / 35 A	120 / 70 A	110 A	140 A
Sensor de temperatura de la batería	Sí			
<b>GENERAL</b>				
Salida auxiliar	Sí (32 A)		Sí (50 A)	
Sensor de CA externa (opcional)	50 A		100 A	
Relé programable (5)	Sí			
Protección (2)	a - g			
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo (no para los modelos de 8k y 10k) y trifásico, control remoto e integración del sistema			
Puerto de comunicaciones de uso general	Sí, 2 puertos			
On/Off remoto	Sí			
Temperatura de trabajo	-40 a +65 °C (refrigerado por ventilador)			
Humedad (sin condensación)	máx. 95 %			
<b>CARCASA</b>				
Material y color	acero, azul RAL 5012			
Grado de protección	IP22			
Conexión de la batería	Pernos M8		Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)	
Conexión 230 V CA	Bornes de tornillo de 13 mm² (6 AWG)		Pernos M6	Pernos M6
Peso	19 kg	30 kg	42 kg	49 kg
Dimensiones (al x an x p)	546 x 275 x 147 499 x 268 x 141 499 x 268 x 141	565 x 328 x 240 560 x 320 x 141	642 x 363 x 206	677 x 363 x 206
<b>NORMAS</b>				
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2			
Emisiones, 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			
Sistema de alimentación ininterrumpida	Puede consultar los certificados en nuestro sitio web			
Antisilla	Puede consultar los certificados en nuestro sitio web			
1) Puede ajustarse a 60 Hz	3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1			
2) Claves de protección:	4) A 25 °C de temperatura ambiente			
a) cortocircuito de salida	5) Relé programable que puede configurarse para las funciones de alarma general, subtensión CC o señal de arranque para el generador. Capacidad nominal CA: 230 V/4 A, Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 VCC y 1 A hasta 60 VCC.			
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				

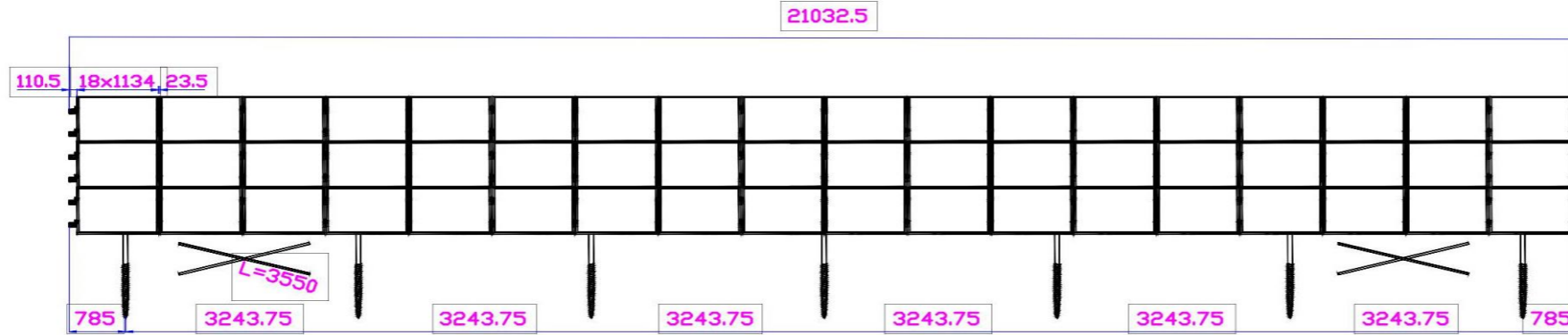


**Sensor de corriente de 100 A-50 mA**  
Para implementar PowerControl y PowerAssist y optimizar el autoconsumo con sensor de corriente externo. Corriente máxima: 50 A y 100 A resp. Longitud del cable de conexión 1 m

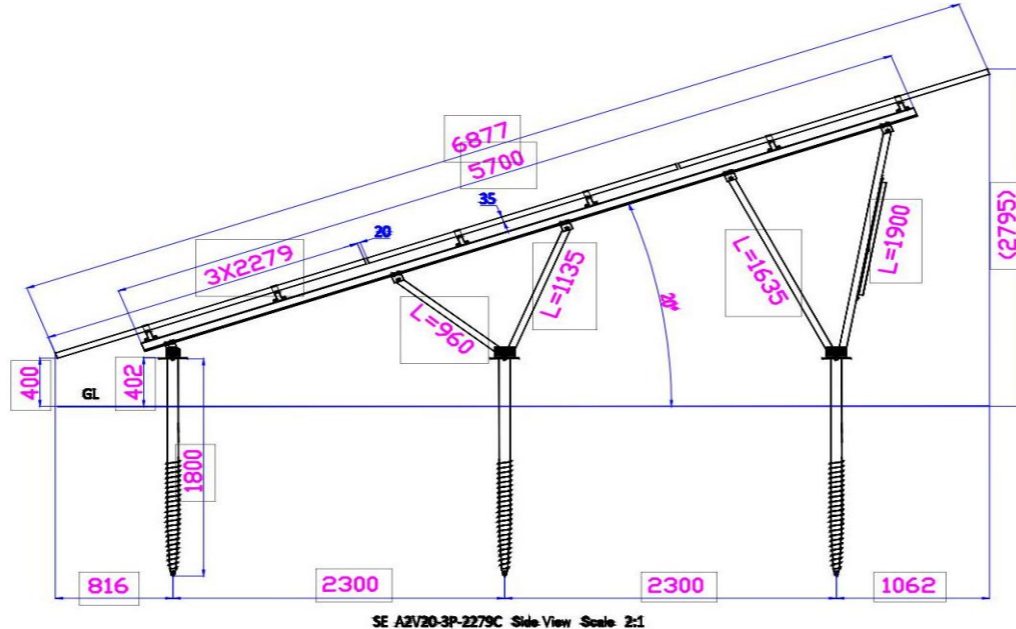


**Panel Digital Multi Control**  
Una solución práctica y de bajo coste para el seguimiento remoto, con un selector giratorio con el que se pueden configurar los niveles de PowerControl y PowerAssist.



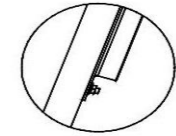


**Note:**  
 1. Ground screw foundation: the length of the ground screw and depth in the ground are the reference dimension; the actual ones should refer to the project site soil report.  
 2. Concrete foundation: the dimension of foundation is for reference; the actual one shall be calculated according to the local natural environmental conditions by the buyer.  
 3. The torque value of the fastener is subject to actual condition, below parameters is for reference.  
 M8: 14~18N·m;  
 M10: 25~30N·m;  
 M12: 45~50N·m;



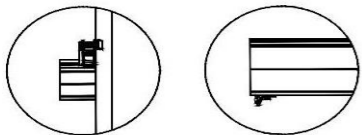
设计单位:  
 Design Company:  
**SOEASY**  
 ENGINEER MADE EASY  
 SoEasy (Xiamen) Photovoltaic Technology Co., Ltd.  
 ADD: #1003 NO.498 Xinglinwan Road,  
 Jimei District, Xiamen, China  
 Phone: 86-0592-7208868  
 Fax: 86-0592-7208768  
 E-mail: Sales@soeasyrobot.com  
 Web: www.soeasyrobot.com

建设单位 Contractor	
项目编号 Proj NO.	2207121501
项目名称 Proj Name	Ground Structure for UNAC 28.90KW
图纸名称 Diag Name	Project Solution
组件型号 Module Type	535W
组件尺寸 Module Dimension	2279*1134*35mm
安装方向 Module Orientation	Portrait
倾斜角度 Tilt Angle	20°
组件数量 Module Quantity	54
总功率 Power Capacity	28.90KW
积雪量 Snow	30cm
风速 Wind Speed	33m/s
设计标准 Design Standard	
设计日期 Design Date	2022-07-13

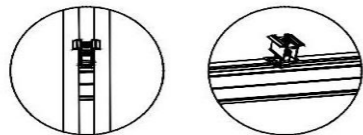


Assembly schematic of mounting pillar and Diagonal Bar

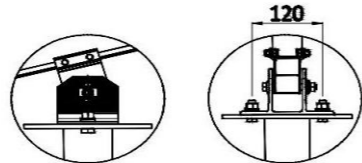
设计 Designed by	
校对 Checked by	
审核 Reviewed by	
批准 Approved by	
修改版本 Rev.	V1.0
单位 Unit	MM
共 2 页 Total page	第 1 页 page
比例 Scale	A4 1:100



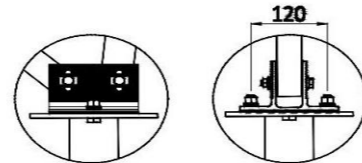
Assembly schematic of Rail, End clamp and grounding lug



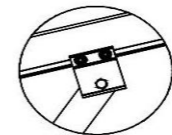
Assembly schematic of Rail, Mid clamp and grounding clip



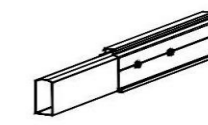
Mounting structure installed with ground screw schematic (south)



Mounting structure installed with ground screw schematic (north)



Assembly schematic of mounting pillar and cross beam



Rail and rail-Jointer assembling schematic



Anexo 41 Ficha técnica - Estructura para Modulo fotovoltaico



ITEM	Drawing No.	DESCRIPTION	QUANTITY		TOTAL	UNIT	REMARK
			ARRAY	3 x 27			
			1 Sets				
1	HL-50*75-LC	SE A2V20-3P-2279C	Cross Beam 50*75-5700C Kit	10 x 1 = 10	10	SET	
2	ZZ-050*50-ALB		Pillar 50*50-960*1135 Kit	10 x 1 = 10	10	SET	
3	ZZ-050*50-ALE		Pillar 50*50-1635+Pillar 50*55II-1900 Kit	10 x 1 = 10	10	SET	
4	JZ-50P-A95		Base Seat 50Pro-95	10 x 1 = 10	10	PCS	
5	LS-W-10*75+F	Hex Bolt M10*75+F Kit		40 x 1 = 40	40	SET	
6	LS-W-10*80+2ZF	Hex Bolt M10*80+2ZF Kit		10 x 1 = 10	10	SET	
7	XLG-30*30-BLA	M8 Diagonal Bar-3550 (30*30)Kit (Bevel)		2 x 1 = 2	2	SET	
8	LS-W-8*25+F	Hex Bolt M8*25+F Kit		8 x 1 = 8	8	SET	
9	GD-45*80-L	Base Rail 45*80-4700		6 x 1 = 6	6	PCS	
10	GD-45*80-L	Base Rail 45*80-5350		30 x 1 = 30	30	PCS	
11	LJJ-45*80-400A	Base Rail 45*80 Jointer-400 Kit	Base Rail 45*80 Jointer-400	30 x 1 = 30	30	PCS	
12			Hex Flange Tapping Screw ST4.8*16	240 x 1 = 240	240	PCS	
13	DT-45*80	Base Rail 45*80 Cap		12 x 1 = 12	12	PCS	
14	ZY-30-A40W	W-Middle Clamp 30-39/40 Kit		156 x 1 = 156	156	SET	
15	CY-35-A40W	W-End Clamp 35/40 Kit		12 x 1 = 12	12	SET	
16	LS-W-12*40+LT2P	Hex Bolt M12*40+LT2P Kit		60 x 1 = 60	60	SET	
17	DZ-76-AL	Ground Screw ø76-1800 (F200)(Radial)		30 x 1 = 30	30	PCS	
18	DDP-35*82	Grounding Clip 35*82		78 x 1 = 78	78	PCS	
19	JTXJ-57*105-A15A	Grounding Lug 57*105 Kit	Grounding Lug-15 + HSSSWCP M5*10 Kit	6 x 1 = 6	6	SET	
20			Hex Flange Tapping Screw ST6.3*25	6 x 1 = 6	6	PCS	

DESIGN

CHECK

APPROVAL

## TAG | CARACTERÍSTICAS

**Schröder**

### INFORMACIÓN GENERAL

Altura de instalación recomendada	4m a 6m   13' a 20'
Marca CE	Sí
Certificado ENEC Plus	Sí
UL certified	Sí
Conformidad con RoHS	Sí
Norma del ensayo	LM 80 (todas las mediciones en laboratorio acreditado ISO17025)

### CARCARA Y ACABADO

Carcasa	Aluminio
Óptica	Reflectores de aluminio PMMA Silicio
Protector	Vidrio templado
Acabado de la carcasa	Recubrimiento de polvo de poliéster Recubrimiento estándar de polvo de poliéster (C2-C3 según la norma ISO 9223-2012) Recubrimiento opcional de polvo de poliéster "seaside" (C4 según la norma ISO 9223-2012) Recubrimiento opcional de poliéster en polvo "seafrost" con anodización (C5-CX según la norma ISO 9223-2012)
Color estándar	RAL 7040 gris ventana
Grado de hermeticidad	IP 66
Resistencia a los impactos	IK 08
Norma de vibración	Cumple con el estándar ANSI C 136-31 con un 1.5G

*· IK puede ser diferente según el tamaño / configuraciones. Por favor consúltenos.*

### CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

Rango de temperatura de funcionamiento (Ta)	-25 °C a +45 °C / -13 ° F a 113 °F
---	------------------------------------

*· Depende de la configuración de la Luminaria. Para más información, póngase en contacto con nosotros.*

### INFORMACIÓN ELÉCTRICA

Clase eléctrica	Class I EU, Class II EU
Tensión nominal	120-277 V – 50-60 Hz 220-240 V – 50-60 Hz
Factor de potencia (a plena carga)	0,9
Protocolo de control	1-10V, DALI
Opciones de control	Lumgate, Perfil de regulación personalizado, Telegestión
Sistemas de control asociados	Solución avanzada para túneles (ATS)

*· Informaciones eléctricas dado para la caja de auxiliares*

### INFORMACIÓN ÓPTICA

Temperatura de color de los LED	4000K (Blanco neutro 740)
Índice de reproducción cromática (CRI)	>70 (Blanco neutro 740)

### VIDA ÚTIL DE LOS LED A TQ 25 °C

Todas las configuraciones	100.000h - L90
---------------------------	----------------

# CONTILED | CARACTERÍSTICAS

**Schröder**

## INFORMACIÓN GENERAL

Driver incluido	No
Marca CE	Sí
Certificado ENEC	Sí
UL certified	Sí
Conformidad con RoHS	Sí
Ley francesa del 27 de diciembre de 2018; cumple con los tipos de aplicaciones	a, b, c, d, e, f, g
Norma del ensayo	LM 79-80 (todas las mediciones en laboratorio certificado según ISO17025)

## CARCASA Y ACABADO

Carcasa	Aluminio
Óptica	PMMA
Protector	Vidrio templado
Acabado de la carcasa	Recubrimiento estándar de polvo de poliéster (C2-C3 según la norma ISO 9223-2012) Recubrimiento opcional de polvo de poliéster "seaside" (C4 según la norma ISO 9223-2012) Recubrimiento opcional de poliéster en polvo "seafrost" con anodización (C5-CX según la norma ISO 9223-2012)
Grado de hermeticidad	IP 66
Resistencia a los impactos	IK 08

## CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

Rango de temperatura de funcionamiento (Ta)	-30 °C a +45 °C / -22 °F a 113 °F
---	-----------------------------------

*· Depende de la configuración de la luminaria. Para más información, póngase en contacto con nosotros.*

## INFORMACIÓN ELÉCTRICA

Protocolo de control	1-10V, DALI
Opciones de control	Lumgate, Telegestión
Sistemas de control asociados	Solución avanzada para túneles (ATS)

*· Informaciones eléctricas dado para la caja de auxiliares*

## INFORMACIÓN ÓPTICA

Temperatura de color de los LED	4000K (Blanco neutro 740)
Índice de reproducción cromática (CRI)	>70 (Blanco neutro 740)

## VIDA ÚTIL DE LOS LED A T<sub>Q</sub> 25 °C

Todas las configuraciones	100.000h - L90
---------------------------	----------------

TOPSOLAR PV ZZ-F / H1ZZ2Z-K 124

# TOPSOLAR PV ZZ-F / H1ZZ2Z-K

Cable para instalaciones solares fotovoltaicas TÜV y EN.

EN 50618 / TÜV 2P1q 1169-08 / UTE C32-502

## DISEÑO

### 1. Conductor

Cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible) según UNE-EN 60228 e IEC 60228.

### 2. Aislamiento

Goma libre de halógenos

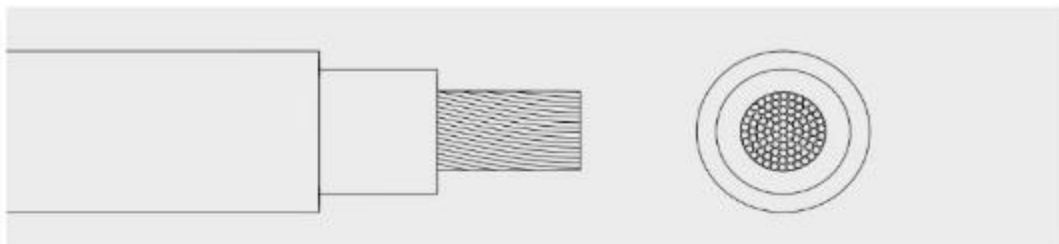
### 3. Cubierta

Goma libre de halógenos de color negro o rojo.

## APLICACIONES

El cable Topolar ZZ-F, certificado TÜV y EN, es apto para instalaciones fotovoltaicas, tanto en servicio móvil como en instalación fija. Especialmente indicado para la conexión entre paneles fotovoltaicos, y desde los paneles al inversor de corriente continua a alterna. Gracias al diseño de sus materiales, puede ser instalado a la intemperie en plenas garantías.

Este render es un ejemplo de las diversas configuraciones de este cable. Puede ser suministrado en diversas secciones y número de conductores.



## CARACTERÍSTICAS



### Características eléctricas

BAJA TENSION 1,5/1,5 - (1,8) kV



### Norma de referencia

EN 50618/ TÜV 2Pfg 1169-08 / UTE C 32-502



### Certificaciones

Certificados  
CE  
TUV  
EN  
RoHS



### Características térmicas

Temp. máxima del conductor: 120°C  
Temp. máxima en cortocircuito: 250°C (máximo 5 s)  
Temp. mínima de servicio: -40°C



### Características frente al fuego

No propagación de la flama según UNE-EN 60332-1 e IEC 60332-1.  
Libre de halógenos según UNE-EN 60754 e IEC 60754  
Baja emisión de humos según UNE-EN 61034 e IEC 61034. Transmitancia luminosa > 60%.  
Baja emisión de gases corrosivos UNE-EN 60754-2 e IEC 60754-2.



### Características mecánicas

Radio de curvatura: 3x diámetro exterior.  
Resistencia a los impactos: AG2 Medio.



### Características químicas

Resistencia a grasas y aceites: excelente.  
Resistencia a los ataques químicos: excelente.



### Resistencia a los rayos Ultravioleta

Resistencia a los rayos ultravioleta: EN 50618 y TÜV 2Pfg 1169-08.



### Presencia de agua

Presencia de agua: ADR sumergida.



### Vida útil

Vida útil 30 años: Según UNE-EN 60716-2



### Otros

Marcaje: metro a metro.



### Condiciones de instalación

Al aire.  
Enterrado.



### Aplicaciones

Instalaciones solares fotovoltaicas.

