



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



**ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN
ELÉCTRICA PARA LA COMPAÑÍA DE BOMBEROS PUNO – 42,
DEL CUERPO GENERAL DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL
PERÚ**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. CRISTIAN BRAYAN CAHUA PACHECO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2024



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA PARA LA COMPAÑÍA DE BOMBEROS PUNO – 42, DEL CUERPO GENERAL DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL PERÚ

AUTOR

CRISTIAN BRAYAN CAHUA PACHECO

RECUENTO DE PALABRAS

53051 Words

RECUENTO DE CARACTERES

298937 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

305 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

27.3MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 21, 2024 5:02 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 21, 2024 5:06 PM GMT-5

● **10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)


Dr. Jorge C. C.
Asesor


EDWIN VALERIANO VICOS
SUB DIRECTOR DE INVESTIGACION

Resumen



DEDICATORIA

A Dios, por cuidar y proteger a mis seres queridos, a quienes ofrezco este logro con profundo agradecimiento y cariño. A mi amada mamá, Florcita Nery Pacheco Hermosilla, por su inquebrantable confianza por proporcionarme un soporte en mi camino a ser profesional. A mi querido hermano, Cristian Gesaul Cahua Pacheco, por su constante presencia y respaldo, sabiendo que siempre puedo contar con él.

A mis familiares cercanos, su amor y apoyo constante han sido una base esencial en mi vida., agradezco profundamente su presencia constante. A mi pareja y familia de corazón, aquellos seres entrañables que conocí a lo largo de mi formación profesional y que han sido una fuente inagotable de apoyo y comprensión.

A todos mis amigos, quienes han estado a mi lado en los momentos de necesidad, brindándome su amistad sincera y su aliento incondicional. Este logro es el resultado del amor, el respaldo y la confianza de cada uno de ustedes. ¡Gracias por ser parte de mi vida y por compartir este camino conmigo!

Cristian Brayan Cahua Pacheco



AGRADECIMIENTOS

A mis seres queridos,

siempre han estado a mi lado. En especial, mi mamá, Florcita Nery Pacheco Hermosilla, quien ha sido mi luz, mi sostén y mi fuerza. Mamita querida, has cumplido el rol de padre y madre con un amor incansable. Te agradezco de todo corazón por tu sacrificio, entrega y por confiar en mí desde el principio. Eres mi ejemplo de perseverancia y bondad. Gracias a ti, he podido cumplir mis sueños y convertirme en la persona y profesional que soy hoy.

A mi querido hermano, Cristian Gesaul Cahua Pacheco, mi compañero de aventuras y cómplice en cada desafío, tu apoyo ha sido fundamental para superar los momentos difíciles. Gracias por estar siempre ahí, tu respaldo ha sido clave en mi vida, y mis logros reflejan tu influencia.

A mis queridos tíos y tías, su amor y generosidad han llenado mi vida de amor y seguridad. Les debo una gratitud infinita. Su presencia ha sido mi refugio, y su amor, mi escudo en los momentos más duros. Gracias por enseñarme el verdadero valor de la familia.

A mis abuelitos, por su amor y bendiciones, que aunque a la distancia, siempre me han acompañado y apoyado.

A todos ustedes, mis seres queridos, les dedico mi más profundo agradecimiento. Sin su amor, apoyo y aliento, nada de esto sería posible. Este logro es un reflejo de mi eterna gratitud y amor hacia cada uno de ustedes. Con amor y gratitud eterna,

Cristian Brayan Cahua Pacheco



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
INDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	28
ABSTRACT.....	29
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	31
1.1.1. Problema general.....	31
1.1.2. Problemas específicos	32
1.2. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.....	32
1.2.1. Objetivo general	32
1.2.2. Objetivos específicos	33
1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.....	33
1.3.1. Hipótesis general	33
1.3.2. Hipótesis específicas	33
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	34



1.4.1. Justificación Social.....	34
1.4.2. Justificación Tecnológica.....	35
1.4.3. Justificación Económica.....	36

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
2.1.1. Antecedentes internacionales	37
2.1.2. Antecedentes Nacionales	38
2.1.3. Antecedentes locales	42
2.2. MARCO TEÓRICO	43
2.2.1. Sistema de Protección Eléctrica	43
2.2.2. Tipos de Sistemas de Protección Eléctrica.....	44
2.2.2.1. Interruptores Interruptor general.....	44
2.2.2.2. Interruptor derivado	44
2.2.2.2.1. Interruptores termomagnéticos (ITM).....	45
2.2.2.2.2. Interruptor Diferencial.....	46
2.2.2.2.3. Interruptor de control de potencia.....	47
2.2.3. Aislamientos de cables	48
2.2.3.1. Aislamiento termoplástico	48
2.2.3.2. Aislamiento termoestable.....	49
2.2.4. Sistema de Conexión a Tierra (SCT)	49
2.2.4.1. Instalación de pozo a tierra	49
2.2.4.2. Resistividad del Terreno	50
2.2.4.3. Medida De La Resistividad Del Terreno	50



2.2.4.3.1. Método de Wenner	50
2.2.4.3.2. Método de Schlumberger	52
2.2.5. Barras Colectoras	53
2.2.6. Seccionadores.....	53
2.2.7. Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI o UPS).....	54
2.2.8. SAI para Continuidad de Servicios Críticos en el Hogar.....	54
2.2.9. Capacitación del Personal	55
2.2.10. Instalaciones Eléctricas	55
2.2.10.1. Acometida	55
2.2.10.2. Equipo de medición (medidor).....	56
2.2.10.3. Cuadro general y distribución de protección	56
2.2.11. Transformador.....	57
2.2.12. Tablero general.....	57
2.2.12.1. Partes de un tablero	58
2.2.13. Salidas eléctricas	59
2.2.14. Toma de corriente o enchufe.....	59
2.2.14.1. de contacto	60
2.2.15. Salidas para alumbrado y contacto.....	60
2.2.16. Toma a tierra o neutro	60
2.2.17. Factor de simultaneidad	60
2.3. NORMATIVAS Y REGULACIONES:.....	61
2.3.1. Normas Nacionales	61
2.3.1.1. Norma Técnica Em.10 Instalaciones Eléctricas Interiores Del RNE.....	61



2.3.1.2.	Código Nacional de Electricidad Utilización	62
2.3.2.	Normas internacionales	63
2.3.2.1.	Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC).....	63
2.3.2.2.	Normas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)	63
2.3.2.3.	Normas del National Electrical Code (NEC).....	63
2.3.3.	Instalaciones eléctricas en infraestructuras críticas.....	63
2.3.4.	Evaluación de la máxima demanda.....	65
2.3.5.	Conductores eléctricos	68
2.3.6.	Corriente Nominal y Corriente de Diseño	69
2.3.7.	Caída de tensión	70
2.4.	NORMAS CONSIDERADAS PARA LA ILUMINACIÓN	71
2.4.1.	Cálculo de iluminación	71
2.4.2.	Iluminación Viviendas	72
2.4.3.	Iluminación en Salud.....	74
2.4.4.	Iluminación en Oficinas	76
2.4.5.	Iluminación en Áreas de Recreación y Deportes	77
CAPÍTULO III		
MATERIALES Y MÉTODOS		
3.1.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	79
3.1.1.	Diseño de investigación	79
3.1.2.	Tipo de investigación	79
3.1.3.	Nivel de investigación.....	80
3.1.4.	Población y muestra	80



3.1.5. Ubicación geográfica	83
3.1.6. Periodo de Duración.....	84
3.1.7. Técnica e Instrumento de Recolección de Datos	85
3.1.7.1. Técnicas de Investigación.....	85
3.1.7.1.1. Técnicas Cuantitativas.....	85
3.1.7.1.2. Técnicas Cualitativas.....	85
3.1.7.1.3. Técnicas Documentales	87
3.1.7.1.4. Técnicas de Diseño.....	87
3.1.7.2. Instrumentos de Investigación	87
3.1.7.2.1. Instrumentos Cuantitativos.....	87
3.1.7.2.2. Instrumentos Cualitativos.....	88
3.1.7.2.3. Instrumentos Documentales	88
3.1.7.2.4. Instrumentos de Diseño	88
3.2. ANÁLISIS REALIZADO EN LA COMPAÑÍA DE BOMBEROS PUNO 42.	89
3.2.1. Autorización y Recolección de Datos	89
3.2.1.1. Plano Perimétrico y Plano de Ubicación	90
3.2.2. Evaluación Técnica del Estado Actual por Ambiente de la Compañía de Bomberos	91
3.3. DIAGNOSTICO DE DEFICIENCIAS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y ESTÁNDARES MÍNIMOS DE CUMPLIMIENTO.....	124
3.4. EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PUESTA A TIERRA	128
3.4.1. Análisis de la Puesta a Tierra Actual	128
3.5. TABLA DE RIESGOS IDENTIFICADOS Y SUS CAUSAS	137



3.6.	DISEÑO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS DE LA COMPAÑÍA DE BOMBEROS PUNO - 42	139
3.6.1.	Plano Arquitectónico de la Compañía De Bomberos Puno-42.....	139
3.6.2.	Primer Nivel.....	139
3.6.3.	Segundo Nivel.....	140
3.7.	DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA COMPAÑÍA DE BOMBEROS PUNO 42	141
3.7.1.	Diseño Integral de Iluminación para la Compañía de Bomberos Puno 42	141
3.7.1.1.	Calculo De Iluminación	149
3.7.1.2.	Luminarias Planta Nivel 1	151
3.7.1.3.	Luminarias Planta Nivel 2	152
3.7.2.	Cálculos y Selección de Elementos en la Instalación Eléctrica	154
3.7.3.	Planta Primer Nivel Luminarias.....	154
3.7.3.1.	Cálculo de Carga Total Luminarias Primer Nivel	154
3.7.3.2.	Calculo Factor de Simultaneidad Luminarias Primer Nivel ...	156
3.7.3.3.	Calculo de Corriente Total Luminarias para el Primer Nivel .	158
3.7.3.4.	Selección Calibre de Conductores Luminarias Primer Nivel .	159
3.7.3.5.	Selección de Interruptor Termomagnéticos por Circuito Luminarias Primer Nivel.....	164
3.7.3.5.1.	Circuito C1 N°1: Área Primer Nivel Luminarias.....	164
3.7.3.5.2.	Circuito C1 N°2: Sala de Maquina Luminarias Primer Nivel	166
3.7.3.5.3.	Selección del Disyuntor Principal	167



3.7.3.5.4. Selección Técnica del Diseño de Instalaciones Eléctricas para el Primer Nivel	168
3.7.4. Planta Segundo Nivel Luminarias.....	169
3.7.4.1. Calculo de Carga Total Luminarias Segundo Nivel	169
3.7.4.2. Calculo Factor de Simultaneidad Luminarias Segundo Nivel	172
3.7.4.3. Calculo de Corriente Total Luminarias Segundo Nivel.....	174
3.7.4.4. Selección Calibre de Conductores Luminarias Segundo Nivel	175
3.7.4.5. Selección de Interruptor Termomagnéticos por Circuito Luminarias Segundo Nivel.....	175
3.7.4.5.1. Circuito C1 N°3: Oficinas y Áreas Cerradas Segundo Nivel Luminarias	176
3.7.4.5.2. Circuito C1 N°4: Áreas compartidas Segundo Nivel.....	177
3.7.4.5.3. Selección del Disyuntor Principal	179
3.7.4.5.4. Selección Técnica del Diseño de Instalaciones Eléctricas para el Segundo Nivel	179
3.7.5. Cálculo de Circuitos de Tomas de Corriente	181
3.7.5.1. Planta Primer Nivel Calculo de Circuitos Enchufes	181
3.7.5.2. Dimensionamiento	182
3.7.5.3. Circuito C2 Tomas de Corriente de Uso General Sala de Máquinas – EPP	183
3.7.5.3.1. Determinación de la Corriente del Circuito Sala de Máquinas – EPP.....	184



3.7.5.3.2. Elección del Tamaño del Conductor de Fase para la Sala de Máquinas – EPP	187
3.7.5.3.3. Comprobación de la Caída de Tensión para la Sala de Máquinas – EPP	190
3.7.5.3.4. Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para la Sala de Máquinas – EPP	191
3.7.5.4. Circuito C2 Tomas de Corriente de Uso General Prevención y Gaveteros 1	193
3.7.5.4.1. Determinación de la Corriente del Circuito C2 Prevención y Gaveteros	193
3.7.5.4.2. Elección del Tamaño del Conductor de Fase para Prevención y Gaveteros	194
3.7.5.4.3. Comprobación de la Caída de Tensión para Prevención y Gaveteros	195
3.7.5.4.4. Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para Prevención y Gaveteros	196
3.7.5.5. Circuito C2 Tomas de Corriente de Uso General Duchas y Áreas de Lavado	197
3.7.5.5.1. Determinación de la Corriente del Circuito Uso General Duchas y Áreas de Lavado.....	198
3.7.5.5.2. Elección del Tamaño del Conductor de Fase Uso General Duchas y Áreas de Lavado.....	198



3.7.5.5.1. Comprobación de la Caída de Tensión Duchas y Áreas de Lavado.....	199
3.7.5.5.1. Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para Duchas y Áreas de Lavado.....	200
3.7.5.6. Circuito C2 Tomas de Corriente, Operaciones, Gaveteros 2, Almacén 1 y 2	202
3.7.5.6.1. Determinación de la Corriente del Circuito Operaciones, Gaveteros 2, Almacén 1 y 2	202
3.7.5.6.2. Elección del Tamaño del Conductor de Fase de Operaciones, Gaveteros 2, Almacén 1 y 2	203
3.7.5.6.3. Comprobación de la Caída de Tensión en Sala de Operaciones, Gaveteros, Almacén 1 y 2	204
3.7.5.6.4. Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección en Sala de Operaciones, Gaveteros, Almacén 1 y 2	205
3.7.5.7. Planta Segundo Nivel Calculo de Circuitos Enchufes	206
3.7.5.8. Circuito C2 Tomas de Corriente, Salón General	206
3.7.5.8.1. Determinación de la Corriente del Circuito C2 para Salón General	207
3.7.5.8.2. Elección del Tamaño del Conductor de Fase para Salón General	207
3.7.5.8. Comprobación de la Caída de Tensión para Salón General.....	208
3.7.5.8.4. Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para Salón General	209



3.7.5.9. Circuito C2 Tomas de Corriente, Sala de Estar y Sala de Juegos	210
3.7.5.9.1. Determinación de la Corriente del Circuito para la Sala de Estar y Sala de Juegos	210
3.7.5.9.2. Elección del Tamaño del Conductor de Fase para la Sala de Estar y Sala de Juegos	210
3.7.5.9.3. Comprobación de la Caída de Tensión para la Sala de Estar y Sala de Juegos	211
3.7.5.9.4. Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para la Sala de Estar y Sala de Juegos	212
3.7.5.10 . Circuito C2 Tomas de Corriente, Cuarto de Cocina	213
3.7.5.10.1. Determinación de la Corriente del Circuito para Cuarto de Cocina	213
3.7.5.10.2. Elección del Tamaño del Conductor de Fase para Cuarto de Cocina	214
3.7.5.10.3. Comprobación de la Caída de Tensión para Cuarto de Cocina	215
3.7.5.10.4. Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para Cuarto de Cocina	215
3.7.5.11. Circuito C2 Tomas de Corriente, Área de Comandancia	216
3.7.5.11.1. Determinación de la Corriente del Circuito para el Área de Comandancia	217
3.7.5.11.2. Elección del Tamaño del Conductor de Fase	217



3.7.5.11.3. Comprobación de la Caída de Tensión para el Área de Comandancia.....	218
3.7.5.11.4. Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para el Área de Comandancia	219
3.7.5.12. Circuito C2 Tomas de Corriente, Cuadra de Varones / Mujeres	220
3.7.5.12.1. Determinación de la Corriente del Circuito para la Cuadra de Varones / Mujeres	221
3.7.5.12.2. Elección del Tamaño del Conductor de Fase para la Cuadra de Varones / Mujeres	221
3.7.5.12.3. Comprobación de la Caída de Tensión para la Cuadra de Varones / Mujeres	222
3.7.5.12.4. Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para la Cuadra de Varones / Mujeres.....	223
3.7.5.13. Circuito C2 Tomas de Corriente, Gimnasio.....	224
3.7.5.13.1. Determinación de la Corriente del Circuito para el Gimnasio	224
3.7.5.13.2. Elección del Tamaño del Conductor de Fase	224
3.7.5.13.3. Comprobación de la Caída de Tensión.....	226
3.7.5.13.4. Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para el Gimnasio.....	226
3.7.5.1. Circuito C2 Timbre	227
3.7.5.2. Selección Técnica de los Circuitos de Tomas de Corriente....	228



3.8.	CÁLCULO DE PUESTA A TIERRA	230
3.8.1.	Sistemas de Corriente Alterna.....	230
3.8.2.	Conexión de puesta a tierra en corriente alterna	230
3.8.3.	Electrodos Artificiales Para Puesta A Tierra	231
3.8.4.	Continuidad de los Conductores de Puesta a Tierra y Enlace Equipotencial.....	232
3.8.5.	Material del Conductor de Puesta a Tierra.....	232
3.8.6.	Conductor Enlace Equipotencial.....	233
3.8.7.	Condiciones para Implementación de los Conductores para el Sistema de Puesta a Tierra.....	235
3.8.8.	Condiciones para Implementación de Conductores para Enlace a Tierra de Equipos	237
3.8.9.	Dimensionamiento de Conductores para la Puesta A Tierra en Sistemas de Corriente Alterna	238
3.8.10.	Dimensionamiento del Conductor de Enlace Equipotencial.....	240
3.8.11.	Caja Para Medidor.....	244
3.8.12.	Conductor Común de Puesta a Tierra	244
3.8.13.	Puentes de Enlace.....	244
3.8.14.	Ubicación de Nueva Puesta a Tierra	245
3.8.15.	Materiales y Especificaciones para Instalación de Pozo a Tierra	246
3.9.	TABLERO GENERAL Y DE DISTRIBUCIÓN	249
3.9.1.	Diagrama Unifilar	249

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4.1.	RESULTADO DEL ANÁLISIS GLOBAL DE LAS CONDICIONES ELÉCTRICAS EN LA COMPAÑÍA DE BOMBEROS PUNO 42	251
4.2.	RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DE DEFICIENCIAS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LA COMPAÑÍA DE BOMBEROS PUNO 42	265
4.3.	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PUESTA A TIERRA	269
4.4.	RESULTADOS DEL DISEÑO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS DE LA COMPAÑÍA DE BOMBEROS PUNO - 42	271
	4.4.1.1. Plano Arquitectónico de la Compañía de Bomberos Puno - 42	271
4.5.	RESULTADOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA COMPAÑÍA DE BOMBEROS PUNO 42	272
	4.5.1. Resultado diseño de circuito de luminarias.....	272
	4.5.2. Resultados del Cálculo de Circuitos de Tomas de Corriente	275
	4.5.3. Guía Detallada de Componentes y Especificaciones para la Instalación de Circuitos C2 de Tomas de Corriente en la Compañía de Bombero	278
	4.5.3.1. Circuito C2 - Sala de Máquinas – EPP	278
	4.5.3.2. Circuito C2 - Prevención y Gaveteros 1	279
	4.5.3.3. Circuito C2 - Tomas de Corriente de Uso General Duchas y Áreas de Lavado.....	279
	4.5.3.4. Circuito C2 - Tomas de Corriente, Operaciones, Gaveteros 2, Almacén 1 y 2	280
	4.5.3.5. Circuito C2 - Salón General.....	281
	4.5.3.6. Circuito C2 - Sala de Estar y Sala de Juegos	281



4.5.3.7. Circuito C2 - Cuarto de Cocina	282
4.5.3.8. Circuito C2 - Área de Comandancia.....	282
4.5.3.9. Cuadra de Varones / Mujeres.....	283
4.5.3.10. Circuito C2 - Tomas de Corriente, Gimnasio	283
4.5.3.11. Circuito C2 – Timbre	284
4.5.4. Resultado del sistema de puesta a tierra.....	284
4.5.5. Guía Detallada de Componentes y Especificaciones para la Instalación del Sistema de Puesta a Tierra en la Compañía de Bomberos	286
4.5.5.1. Condiciones para Implementación de Conductores.....	288
4.5.5.2. Implementación de Conductores para Enlace a Tierra de Equipos.....	288
4.5.5.3. Dimensionamiento de Conductores para Puesta a Tierra	289
4.5.5.4. Dimensionamiento del Conductor de Enlace Equipotencial ..	290
4.6. RESULTADO DEL TABLERO GENERAL Y DE DISTRIBUCIÓN	290
4.6.1. Diagrama Unifilar	290
V.CONCLUSIONES.....	267
VI. RECOMENDACIONES.....	294
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	295
ANEXOS	277

ÁREA : Automatización e Instrumentación

TEMA: Análisis y diseño de un sistema de protección Eléctrica

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 22 DE OCTUBRE DE 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Partes de un tablero	58
Tabla 2 Vatios por m ² y Factores de Demanda por Tipo de Actividad	67
Tabla 3 Iluminación Viviendas	72
Tabla 4 Iluminación en Salud	75
Tabla 5 Iluminación en Oficinas	77
Tabla 6 Iluminación en Áreas de Recreación y Deportes	78
Tabla 7 Población finita	80
Tabla 8 Periodo de Duración de Estudio	84
Tabla 9 Dimensionamiento y configuración estándar.....	96
Tabla 10 Tabla de verificación de estándares mínimos para el cumplimiento de las normas de instalaciones eléctricas en edificaciones en Perú	125
Tabla 11 Riesgos identificados y sus causas.....	137
Tabla 12 Requisitos de iluminación mínima para los 28 ambientes.....	143
Tabla 13 Tabla de Requisitos de Iluminación para Ambientes de Vivienda y su Aplicación en una Compañía de Bomberos.....	144
Tabla 14 Tabla de Requisitos de Iluminación para Entornos de Salud y su Aplicación en una Compañía de Bomberos	145
Tabla 15 Tabla de Requisitos de Iluminación para Oficinas y su Aplicación en una Compañía de Bomberos	147
Tabla 16 Tabla de Requisitos de Iluminación para Áreas de Recreación y Deportes y su Aplicación en una Compañía de Bomberos	148
Tabla 17 Luminarias Seleccionadas.....	154
Tabla 18 Calculo del factor de simultaneidad por ambiente.....	157
Tabla 19 Tabla de conductores de cobre.....	159
Tabla 20 Tabla de coeficientes y exponentes.....	161
Tabla 21 Cable SPT	162
Tabla 22 Amperaje por calibre de cable	163
Tabla 23 Circuito C1 N°1: Circuito de cargas primer nivel	164
Tabla 24 Circuito C1 N°2: Circuito de carga sala de maquinas	166



Tabla 25	Selección Técnica del Diseño de Instalaciones Eléctricas para el Primer Nivel.....	168
Tabla 26	Luminarias Seleccionadas Segundo Nivel.....	170
Tabla 27	Calculo del factor de simultaneidad.....	172
Tabla 28	Circuito C1 N°3: Oficinas y Áreas Cerradas Segundo Nivel	176
Tabla 29	Circuito C1 N° 4: Áreas compartidas Segundo Nivel	178
Tabla 30	Selección Técnica del Diseño de Instalaciones Eléctricas para el Segundo Nivel.....	180
Tabla 31	Circuito C2 Tomas de Corriente de Uso General Sala de Máquinas – EPP	183
Tabla 32	Elección del Tamaño del Conductor de Fase Sala de Máquinas - EPP	189
Tabla 33	Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase	191
Tabla 34	Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente en Sala de Máquinas – EPP.....	192
Tabla 35	Circuito C2 Tomas de Corriente de Uso General Prevención y Gaveteros 1	193
Tabla 36	Elección del Tamaño del Conductor de Fase Prevención y Gaveteros 1 ..	195
Tabla 37	Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente de Prevención y Gaveteros 1	197
Tabla 38	Circuito C2 Tomas de Corriente de Uso General Duchas y Áreas de Lavado	198
Tabla 39	Elección del Tamaño del Conductor de Fase Duchas y Áreas de Lavado.	199
Tabla 40	Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente de Duchas y Áreas de Lavado.....	201
Tabla 41	Circuito C2 Tomas de Corriente, Operaciones, Gaveteros 2, Almacén 1 y 2	202
Tabla 42	Elección del Tamaño del Conductor de Fase Operaciones, Gaveteros, Almacén 1 y 2	204
Tabla 43	Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente de Operaciones, Gaveteros, Almacén 1 y 2.....	206
Tabla 44	Circuito C2 Tomas de Corriente, Salón General	207
Tabla 45	Elección del Tamaño del Conductor de Fase para Salón General	208
Tabla 46	Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente del Salón General	209



Tabla 47	Circuito C2 Tomas de Corriente, Sala de Estar y Sala de Juegos.....	210
Tabla 48	Elección del Tamaño del Conductor de Fase, Sala de Estar y Sala de Juegos	211
Tabla 49	Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente, Sala de Estar y Sala de Juegos.....	212
Tabla 50	Circuito C2 Tomas de Corriente, Cuarto de Cocina	213
Tabla 51	Elección del Tamaño del Conductor de Fase Cuarto de Cocina.....	215
Tabla 52	Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente de Cuarto de Cocina	216
Tabla 53	Circuito C2 Tomas de Corriente, Área de Comandancia	217
Tabla 54	Elección del Tamaño del Conductor de Fase Área de Comandancia	218
Tabla 55	Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente de Área de Comandancia.....	220
Tabla 56	Circuito C2 Tomas de Corriente, Cuadra de Varones / Mujeres	220
Tabla 57	Elección del Tamaño del Conductor de Fase, Cuadra de Varones / Mujeres	222
Tabla 58	Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente de Cuadra de Varones / Mujeres	223
Tabla 59	Circuito C2 Tomas de Corriente, Gimnasio	224
Tabla 60	Elección del Tamaño del Conductor de Fase, Gimnasio	225
Tabla 61	Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente de Gimnasio.....	227
Tabla 62	Circuito C2 Timbre	227
Tabla 63	Selección Técnica de los Circuitos de Tomas de Corriente.....	228
Tabla 64	Requisitos para Electrodo de Varilla en Puesta a Tierra.....	232
Tabla 65	Material Para Enlace Equipotencial.....	235
Tabla 66	Condiciones para Implementación de Conductores para Puesta a Tierra..	236
Tabla 67	Condiciones para Implementación de Conductores para Enlace a Tierra de Equipos	237
Tabla 68	Sección Mínima de Conductores para Sistemas de Corriente Alterna	239
Tabla 69	Sección Mínima del Conductor de Puesta a Tierra para Canalizaciones y Equipos	240
Tabla 70	Sección Mínima de Conductores para Enlaces Equipotenciales	241
Tabla 71	Dimensionamiento Conductor de Enlace Equipotencial	242
Tabla 72	Dimensionamiento Conductores Para la Puesta A Tierra.....	242



Tabla 73	Materiales y Especificaciones para Instalación de Pozo a Tierra	246
Tabla 74	Especificaciones y Detalles para la Instalación de Pozo a Tierra	248
Tabla 75	Resultados del Análisis Global de las Condiciones Eléctricas en la Compañía de Bomberos Puno 42	251
Tabla 76	Resumen del cuestionario Problemas identificados en el sistema eléctrico de la compañía de bomberos Puno 4	266
Tabla 77	Diagnóstico de Deficiencias en Instalaciones Eléctricas por Ambiente	267
Tabla 78	Resultados de la Evaluación Técnica de la Puesta a Tierra	269
Tabla 79	Selección y Cantidad de Luminarias.....	273
Tabla 80	Características Técnicas del Diseño Eléctrico	274
Tabla 81	Resultados del Cálculo de Circuitos de Tomas de Corriente.....	276
Tabla 82	Especificaciones Técnicas del Circuito C2 - Sala de Máquinas	278
Tabla 83	Especificaciones Técnicas del Circuito C2 - Prevención y Gaveteros 1 ...	279
Tabla 84	Especificaciones Técnicas del Circuito C2 - Tomas de Corriente de Uso General Duchas y Áreas de Lavado.....	279
Tabla 85	Especificaciones Técnicas del Circuito C2 - Tomas de Corriente, Operaciones, Gaveteros 2, Almacén 1 y 2.....	280
Tabla 86	Especificaciones Técnicas del Circuito Eléctrico del Salón General	281
Tabla 87	Especificaciones Técnicas del Circuito Eléctrico de la Sala de Estar y Sala de Juegos.....	281
Tabla 88	Especificaciones Técnicas del Circuito Eléctrico del Cuarto de Cocina ...	282
Tabla 89	Especificaciones Técnicas del Circuito Eléctrico del Área de Comandancia	282
Tabla 90	Especificaciones Técnicas del Circuito Eléctrico de la Cuadra de Varones / Mujeres	283
Tabla 91	Especificaciones Técnicas del Circuito C2 - Tomas de Corriente, Gimnasio	283
Tabla 92	Especificaciones Técnicas del Circuito C2 - Timbre.....	284
Tabla 93	Resultado del sistema de puesta a tierra	285
Tabla 94	Requisitos para Sistemas de Corriente Alterna y Conexión de Puesta a Tierra	286
Tabla 95	Material Para Enlace Equipotencial.....	287
Tabla 96	Condiciones para Implementación de Conductores.....	288



Tabla 97	Condiciones para Implementación de Conductores para Enlace a Tierra de Equipos	289
Tabla 98	Dimensionamiento Conductores para la Puesta a Tierra	290



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1	Visualización de las curvas de disparo en interruptores termomagnéticos 46
Figura 2	Interruptor diferencial y diagrama..... 47
Figura 3	Método de Wenner 51
Figura 4	Método de Schlumberger 52
Figura 5	Método de Schlumberger 53
Figura 6	Conexión típica en instalaciones de baja tensión 65
Figura 7	Compañía de Bomberos Puno - 42..... 83
Figura 8	Plano perimétrico y plano de ubicación 91
Figura 9	Evaluación técnica pasillo comandancia 92
Figura 10	Evaluación técnica Sala de Juegos 93
Figura 11	Evaluación técnica Cocina 95
Figura 12	Evaluación técnica Cocina – Sobrecarga 97
Figura 13	Evaluación técnica Sala de Estar 99
Figura 14	Evaluación técnica Sala de Estar - Pecera..... 100
Figura 15	Evaluación técnica Sala de Juegos 101
Figura 16	Evaluación técnica Salon de eventos..... 102
Figura 17	Evaluación técnica Salon de eventos - Interior 103
Figura 18	Evaluación técnica SS-HH Departamental..... 104
Figura 19	Evaluación técnica Gimnasio 105
Figura 20	Evaluación técnica SS.HH. Comandancia..... 106
Figura 21	Evaluación técnica Cuadra de Varones 107
Figura 22	Evaluación técnica Área Compartida 108
Figura 23	Evaluación técnica Escaleras..... 109
Figura 24	Evaluación técnica Escaleras de entrada 110
Figura 25	Evaluación técnica Area de prevencion 111
Figura 26	Evaluación técnica Area de prevencion – Radio..... 112
Figura 27	Evaluación técnica Gaveteros I 113
Figura 28	Evaluación técnica Tablero General..... 114
Figura 29	Evaluación técnica Sala de Maquinas 115
Figura 30	Evaluación técnica Area de lavado..... 116



Figura 31	Evaluación técnica Area de lavado – Circuito dedicado	118
Figura 32	Evaluación técnica Sala de Operaciones	119
Figura 33	Evaluación técnica Área de Maquinas	120
Figura 34	Evaluación técnica Área de Maquinas – Posterior	121
Figura 35	Evaluación técnica Exteriores	122
Figura 36	Evaluación técnica Tablero General.....	124
Figura 37	Puesta a Tierra Actual	129
Figura 38	Características de la Puesta a tierra Actual.....	130
Figura 39	Condición del Sistema de Puesta a Tierra	131
Figura 40	Medición método Wenner	132
Figura 41	Resultado Medico Método Wenner.....	133
Figura 42	Análisis Técnico del Tablero General	134
Figura 43	Detección de Conexiones Anómalas	135
Figura 44	Contacto Directo del Conductor	137
Figura 45	Plano primer nivel Compañía de Bomberos Puno - 42	140
Figura 46	Plano segundo nivel Compañía de Bomberos Puno - 42	141
Figura 47	Software DIALux Primer Nivel	150
Figura 48	Software DIALux Segundo Nivel	151
Figura 49	Diseño de Luminarias Planta Nivel 1	152
Figura 50	Diseño de Luminarias Planta Nivel 2.....	153
Figura 51	Lista de Luminarias Anexo 4	155
Figura 52	Lista de Luminarias Anexo 5	171
Figura 53	Tomas de corriente Sala de Máquinas - EPP.....	183
Figura 54	Características eléctricas de los circuitos	186
Figura 55	Método de instalación referencial B.52-1 del Anexo 7	188
Figura 56	Números de conductores cargados y tipos de aislamiento C.52-1 del Anexo 7	189
Figura 57	Imagen referencial de Conductor Equipotencial	234
Figura 58	Ubicación de puesta a tierra	245
Figura 59	Diagrama Unifilar Primer Nivel.....	249
Figura 60	Diagrama Unifilar Segundo Nivel.....	250



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1: Revisión Por Ambientes.....	303
ANEXO 2: Planos Arquitectónicos Y Eléctricos Compañía De Bomberos Puno 42...	303
ANEXO 3: Normas Luminarias.....	303
ANEXO 4: Luminaria Planta Nivel 1	303
ANEXO 5: Luminarias Planta Nivel 2.....	303
ANEXO 6: Tabla 1. Características Eléctricas De Los Circuito.	303
ANEXO 7: Tabla B.52-1 Y Tabla C.5.....	303



ACRÓNIMOS

IE:	Instalaciones Eléctricas
EN:	Norma Europea
IGA:	Interruptor General Automático
ICP:	Interruptor de Control de Potencia
PIAs:	Pequeños Interruptores Automáticos
ITM:	Interruptor Termo Magnético
DDR:	Dispositivo Diferencial Residual
SCT:	Sistema De Conexión A Tierra
Ups:	Uninterruptable Power Supply
SAI:	Sistema de Alimentación Ininterrumpida
RNE:	Reglamento Nacional de Edificaciones
DGE:	Dirección General de Electricidad
CNE:	Código Nacional de Electricidad
EM.010:	Instalaciones eléctricas interiores
NTP:	Norma Técnica Peruana
IEC:	Comisión Electrotécnica Internacional
IEEE:	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
NEC:	National Electrical Code
CIE:	Certificado de instalación eléctrica
ITC-BT:	Instrucciones Técnicas Complementarias Del Reglamento Electrotécnico De Baja Tensión.
REBT:	Reglamento Electrotécnico Para Baja Tensión
BOE:	Boletín Oficial del Estado
UNE- HD:	Documento Armonizado, Con Una Especificación Técnica Aprobada Por Un Organismo Europeo De Normalización.
UNA:	Universidad Nacional del Altiplano
PVC:	Policloruro De Vinilo
EPP:	Equipo de Protección Personal
mA:	Mili Amperios



RESUMEN

La presente tesis aborda el problema de seguridad eléctrica en la Compañía de Bomberos Puno - 42, la cual enfrenta deficiencias críticas en su sistema de protección eléctrica. Estas fallas comprometen la seguridad del personal, la infraestructura y la estabilidad del suministro eléctrico. El objetivo es desarrollar un plan integral para mejorar este sistema, garantizando un suministro seguro y estable. Se realizó un diagnóstico exhaustivo en 33 ambientes, revelando que el 90% presenta deficiencias significativas. Entre los principales problemas se encontraron cables con aislamiento deficiente 60%, conexiones sueltas 55% y la ausencia de dispositivos de protección diferencial en todas las áreas evaluadas. Además, el sistema de puesta a tierra presenta una resistencia de 8.74Ω , adecuada para instalaciones domiciliarias pero insuficiente para sistemas críticos como pararrayos, que requieren una resistencia menor a 5Ω . También se detectó que el sistema de puesta a tierra no está integrado con el sistema de protección eléctrica, comprometiendo la seguridad frente a fallos eléctricos. Un 35% de las varillas de cobre presentaron corrosión avanzada. La metodología incluyó la evaluación técnica de la infraestructura eléctrica, identificación de deficiencias normativas y propuesta de soluciones basadas en estándares técnicos y buenas prácticas. El análisis reveló múltiples incumplimientos normativos, como problemas de cableado, deficiencias en la protección contra humedad, sobrecargas y fallos en la iluminación en el 80% de los ambientes. Estos hallazgos subrayan la necesidad urgente de intervención. Los resultados del diagnóstico permitieron diseñar un nuevo sistema de protección eléctrica que aborda las deficiencias identificadas, proponiendo una implementación gradual y económica. Este diseño no solo mejora la seguridad, sino que también optimiza el rendimiento del suministro eléctrico en la Compañía de Bomberos Puno - 42.

Palabras clave: Eficiencia energética, Instalaciones eléctricas, Normativas eléctricas, Pozo a tierra, Sistema de protección.



ABSTRACT

This thesis addresses the issue of electrical safety in the Puno Fire Company No. 42, which faces critical deficiencies in its electrical protection system. These failures compromise the safety of personnel, the infrastructure, and the stability of the power supply. The goal is to develop a comprehensive plan to improve this system, ensuring a safe and stable electrical supply. An exhaustive assessment was conducted in 33 areas, revealing that 90% of them have significant deficiencies. The main issues found include poorly insulated cables (60%), loose connections (55%), and the absence of differential protection devices in all evaluated areas. Additionally, the grounding system has a resistance of 8.74Ω , which is adequate for household installations but insufficient for critical systems like lightning rods, which require a resistance lower than 5Ω . It was also found that the grounding system is not integrated with the electrical protection system, compromising safety against electrical failures. Furthermore, 35% of the copper rods showed advanced corrosion. The methodology involved the technical evaluation of the electrical infrastructure, identification of regulatory deficiencies, and the proposal of solutions based on technical standards and best practices. The analysis revealed multiple regulatory non-compliances, such as wiring problems, deficiencies in moisture protection, overloads, and lighting failures in 80% of the areas. These findings highlight the urgent need for intervention. The diagnostic results allowed the design of a new electrical protection system that addresses the identified deficiencies, proposing a gradual and cost-effective implementation. This design not only improves safety but also optimizes the performance of the electrical supply in the Puno Fire Company No. 42.

Keywords: Energy efficiency, Electrical installations, Electrical regulations, Grounding system, Protection system.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La adecuada gestión de las instalaciones eléctricas en una compañía de bomberos es crucial para garantizar la seguridad y eficiencia en sus operaciones de emergencia. En particular, la Compañía de Bomberos Puno 42 enfrenta desafíos específicos en cuanto a infraestructura eléctrica, dado el entorno y la demanda operativa que manejan. La importancia de este tema radica en la necesidad de asegurar que las instalaciones eléctricas no solo cumplan con las normativas vigentes, sino que también soporten de manera efectiva las demandas operativas y emergencias.

Numerosas investigaciones han abordado problemas similares en contextos variados. Por ejemplo, los estudios de Barbula Gelvez (2008) y Parrales y Flores (2015) destacan deficiencias en el dimensionamiento de luminarias y la falta de mantenimiento preventivo en instalaciones eléctricas, problemas que también se observan en la Compañía de Bomberos Puno 42. Estas investigaciones subrayan la importancia de una planificación adecuada y el cumplimiento de normativas para evitar fallas en los sistemas eléctricos. Asimismo, los trabajos de Helfer (2021) y Manhualaya (2019) han demostrado cómo la actualización y el mantenimiento de los equipos pueden mejorar significativamente la confiabilidad y seguridad de las instalaciones eléctricas Araucano (2021) en su investigación examinó la fiabilidad de los circuitos de protección eléctrica en 17 pabellones de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, y reveló deficiencias significativas, como mediciones inadecuadas de resistencia de tierra y problemas en la calidad del suministro eléctrico. Estos hallazgos subrayan la importancia de garantizar sistemas de protección eléctrica adecuados para evitar riesgos tanto para las personas como para los equipos.



El enfoque central de esta tesis es el análisis y la propuesta de mejora de las instalaciones eléctricas en la Compañía de Bomberos Puno 42. A través de un exhaustivo diagnóstico de las instalaciones existentes, se identifican deficiencias y se propone un diseño actualizado que incluye mejoras en el dimensionamiento de luminarias, la actualización de equipos y una revisión integral de los sistemas de puesta a tierra. La tesis también aborda el diseño de iluminación utilizando herramientas modernas como Dialux, con el objetivo de cumplir con los estándares normativos y mejorar el rendimiento general del sistema eléctrico.

Este trabajo se divide en tres secciones principales que incluyen una evaluación detallada de las instalaciones actuales, la propuesta de nuevas instalaciones, y un análisis comparativo con estudios previos. A través de simulaciones, cálculos y diseño de planos, se busca mejorar el rendimiento y la seguridad de las instalaciones eléctricas y de iluminación. Las conclusiones y recomendaciones derivadas de este estudio ofrecerán una guía para la implementación de un sistema eléctrico más eficiente y seguro, alineado con las mejores prácticas y normativas del sector.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. Problema general

¿Cómo puede la Compañía de Bomberos Puno - 42, del Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú, abordar el desafío crítico en términos de seguridad eléctrica, dado que el sistema de protección actual no satisface las necesidades específicas de la compañía, poniendo en riesgo la integridad del personal y la infraestructura?



1.1.2. Problemas específicos

¿Cómo corregir de manera efectiva los problemas identificados en las instalaciones eléctricas de la Compañía de Bomberos Puno - 42, que abarcan desde deficiencias en la puesta a tierra hasta problemas de aislamiento, fugas de corriente, sobrecargas, cortocircuitos, entre otros, detectados a través del análisis realizado?

¿Cómo se puede diseñar un sistema de protección eléctrica adecuado para la Compañía de Bomberos Puno - 42 que garantice la seguridad de los bomberos, proteja la infraestructura, estabilice el voltaje, disipe los rayos corrientes y brinde protección contra cortocircuitos, fugas de corriente y sobrecarga?

¿Cómo desarrollar el plan de implementación más eficiente para el nuevo sistema de protección eléctrica en la Compañía de Bomberos Puno - 42, tomando en cuenta aspectos económicos y la viabilidad de una instalación progresiva, basada en el análisis previo realizado?

1.2. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

1.2.1. Objetivo general

Proponer un plan de mejoramiento del sistema de protección eléctrica de la Compañía de Bomberos Puno – 42 del Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú, con el fin de mejorar la seguridad de los bomberos, proteger la infraestructura de la institución y garantizar el suministro de energía eléctrica de manera estable y segura, mediante la identificación, corrección de fallas y deficiencias en el sistema eléctrico existente.



1.2.2. Objetivos específicos

Realizar un diagnóstico completo de las instalaciones eléctricas de la Compañía de Bomberos Puno - 42, identificando problemas de puesta a tierra, aislamiento, fugas de corriente, sobrecargas, cortocircuitos, entre otros.

Diseñar un sistema de protección eléctrica adecuado para la Compañía de Bomberos Puno - 42, que brinde protección y seguridad a los bomberos, proteja su infraestructura (equipos, instalaciones), establezca el voltaje, disipe los rayos corrientes, y proporcione protección contra cortocircuitos, fugas de corriente y sobrecarga.

Elaborar un plan de implementación gradual del nuevo sistema de protección eléctrica diseñado para la Compañía de Bomberos Puno - 42, que permita su instalación progresiva y escalonada, sin que esto represente un costo elevado para la institución.

1.3. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

1.3.1. Hipótesis general

La implementación de un plan de mejoramiento del sistema eléctrico de la Compañía de Bomberos Puno - 42 permitirá mejorar la seguridad de los bomberos, proteger la infraestructura de la institución y garantizar el suministro de energía eléctrica de manera estable y segura.

1.3.2. Hipótesis específicas

La identificación y análisis detallado de problemas en las instalaciones eléctricas, tales como deficiencias en la puesta a tierra, aislamiento deficiente,



fugas de corriente, sobrecargas y cortocircuitos, permitirá proponer soluciones de diseño que mejoren la seguridad de los bomberos y la protección de la infraestructura de la Compañía de Bomberos Puno - 42

El diseño de un sistema de protección eléctrica, basado en la evaluación técnica de las condiciones actuales y las necesidades específicas de la Compañía de Bomberos Puno - 42, proporcionará un modelo de referencia que estabiliza el voltaje, disipa descargas eléctricas y brinda protección contra cortocircuitos, fugas de corriente y sobrecargas, contribuyendo a una mayor seguridad del personal y la integridad de la infraestructura.

El desarrollo de un plan de implementación gradual y escalonada del sistema de protección eléctrica propuesto, fundamentado en un análisis técnico, permitirá presentar un enfoque viable y adaptable a las condiciones de la Compañía de Bomberos Puno - 42, asegurando que el diseño propuesto pueda ser implementado de manera progresiva, garantizando un suministro eléctrico seguro y estable.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Justificación Social

La Compañía de Bomberos Puno - 42, con más de 66 años de existencia, enfrenta desafíos significativos en cuanto a su infraestructura eléctrica, la cual ha sido mantenida con remodelaciones parciales realizadas por los propios bomberos a lo largo de los años. Esta situación pone en riesgo tanto la integridad del personal bombero como la eficacia de los equipos utilizados y la propia infraestructura de la compañía.



El análisis y diseño de un sistema de protección eléctrica adecuado para la Compañía de Bomberos Puno - 42 se convierte en una necesidad social imperativa. Mejorar la seguridad eléctrica en esta institución no solo protege la vida de los bomberos voluntarios, sino que también garantiza una respuesta eficiente y oportuna ante situaciones de emergencia en la región de Puno.

Este proyecto tiene como objetivo primordial contribuir a la seguridad y bienestar de la comunidad Puneña al brindar a los bomberos las herramientas necesarias para operar en un entorno eléctricamente seguro y confiable.

1.4.2. Justificación Tecnológica

El proyecto de análisis y diseño del sistema de protección eléctrica para la Compañía de Bomberos Puno - 42 se basa en una evaluación exhaustiva de las necesidades y deficiencias actuales del sistema eléctrico. Se propone la implementación de mejoras significativas, incluyendo la instalación de un nuevo pozo a tierra con características específicas ajustadas a las condiciones del sitio, así como la segmentación de sistemas de tierra para protección contra sobretensiones por descargas atmosféricas. Además, se prevé la incorporación de dispositivos de protección avanzados, como termomagnéticos, disyuntores y dispositivos de protección diferencial, para garantizar una respuesta rápida y efectiva ante condiciones anómalas de la red eléctrica. Estas medidas se respaldan en estándares y normativas técnicas actualizadas para asegurar un entorno eléctrico seguro y confiable.



1.4.3. Justificación Económica

La iniciativa de este proyecto surge de la necesidad de maximizar la eficiencia y seguridad del sistema eléctrico de la Compañía de Bomberos Puno - 42, considerando las limitaciones presupuestarias inherentes a la institución. Al desarrollarse internamente, el proyecto ofrece una solución económicamente viable y técnica para abordar las deficiencias identificadas en las instalaciones eléctricas. La estrategia de implementación progresiva permite distribuir los costos asociados con las mejoras a lo largo del tiempo, minimizando el impacto financiero inicial. Además, la inversión en tecnologías avanzadas de protección eléctrica no solo reducirá los riesgos de fallas y daños en equipos, sino que también generará ahorros a largo plazo al disminuir los costos de mantenimiento y reparación. Esta combinación de mejoras técnicas y eficiencia económica asegurará un entorno eléctrico óptimo para las operaciones críticas de la compañía.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Barbula Gelvez (2008) en su tesis titulada "Diseño del sistema eléctrico para la Universidad Nacional Experimental de las Fuerzas Armadas, ubicada en el estado de Nueva Esparta," se propuso diseñar un sistema eléctrico para la sede de la UNEFA en Nueva Esparta. Su enfoque fue descriptivo, y su estudio se centró en aplicar las leyes y normativas de instalaciones eléctricas para crear una estructura idónea para el sistema eléctrico de la universidad. El trabajo resaltó la importancia de comprender las corrientes y las fallas eléctricas en el diseño de un sistema de protección efectivo. Además, enfatizó la necesidad de experiencia en el diseño y la implementación de sistemas eléctricos para considerar precauciones y garantizar la eficacia (Barbula, 2008, págs. 102-103).

En segundo lugar, en la ciudad de Guayaquil, Parrales y Flores (2015) llevaron a cabo un trabajo titulado "Auditoría y Propuesta de Mejora a las Instalaciones Eléctricas de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil." Su objetivo principal fue evaluar las instalaciones eléctricas y la calidad de la energía eléctrica en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, proponiendo mejoras. El trabajo se basó en un enfoque metodológico descriptivo y explicativo, y se centró en los bloques centrales C, D y E. El estudio concluyó que, aunque las instalaciones eléctricas no representaban riesgos elevados, había observaciones como la ausencia de alumbrado y puertos de toma corriente, el



incumplimiento de iluminación adecuada en aulas según las normas, entre otros (Parrales Reyes & Flores Bernal, 2015, pág. 113).

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Chiclayo Monteza (2020) realizó una tesis titulada "Estudio De Los Sistemas De Instalaciones Eléctricas Internas Para Determinar Los Niveles De Seguridad En Las Viviendas Del Aa.Hh. Sargento Lores, Jaén". Su investigación se centró en evaluar el estado de las instalaciones eléctricas en el AA. HH. Sargento Lores, específicamente en las viviendas. Durante su estudio, identificó una serie de problemas preocupantes, como malas instalaciones de puesta a tierra, tomacorrientes que no cumplían con las normas, interruptores en malas condiciones y un uso inadecuado de extensiones eléctricas. Estos problemas, en conjunto, representaban un riesgo significativo de descargas eléctricas tanto para los ocupantes de las viviendas como para la integridad de los equipos eléctricos. Las conclusiones resaltaron la necesidad urgente de resolver estos desafíos para garantizar la seguridad eléctrica en estas viviendas (Monteza Rinza, 2020, pág. 49).

En segundo lugar, Araguren (2019) llevó a cabo una tesis con el título "Diseño de Red eléctrica estabilizada como protección de las cargas críticas del Banco Pichincha San Juan de Miraflores - Lima". Su investigación se centró en diseñar una red eléctrica que garantizara un suministro constante de energía para las cargas críticas del Banco Pichincha en Lima. La importancia de este proyecto radicaba en la necesidad de mantener el funcionamiento ininterrumpido de equipos críticos. Para lograr esto, Araguren diseñó un sistema con generadores eléctricos que funcionaban de manera automática en caso de cortes en la red



eléctrica convencional. Este sistema mejoró significativamente la confiabilidad del suministro eléctrico en el banco y aseguró que las cargas críticas no se vieran afectadas por interrupciones en el suministro eléctrico principal (Aranguren Santa Cruz, 2019, pág. 89).

En tercer lugar, Ávila (2020) desarrolló la tesis "Diseño de la coordinación de protecciones de la red eléctrica en baja tensión de la obra: tramo III-B del proyecto de mejoramiento de la Av. Néstor Gambetta - Callao". Su objetivo principal era optimizar la distribución de energía eléctrica en baja tensión para garantizar la continuidad del servicio y la gestión eficaz de la energía eléctrica en un proyecto de mejoramiento vial. Ávila se enfocó en estudiar la coordinación de protecciones eléctricas y asegurar que el sistema funcionara de manera automática y segura. Su investigación concluyó que el sistema eléctrico cumplía con las normas nacionales e internacionales y que la coordinación de protecciones permitía un funcionamiento eficiente (Avila Arteaga, 2020, pág. 79).

En cuarto lugar la tesis realizada por Helfer (2021) realizó una tesis de gran relevancia titulada "Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico en la Compañía de Bomberos de Yanahuara - Arequipa". El objetivo principal de este proyecto era diseñar e implementar un sistema de energía fotovoltaica para alimentar los principales equipos de comunicación de emergencias en la compañía de bomberos de Yanahuara, ubicada en Arequipa. El sistema fotovoltaico permitió aumentar la confiabilidad del suministro eléctrico a un costo competitivo en comparación con la red eléctrica convencional. Además, redujo significativamente las interrupciones en el suministro eléctrico, lo que resultó en



un funcionamiento más eficiente de los equipos de respuesta a emergencias (Helfer Lazo, 2021, pág. 110).

En quinto lugar Rojas (2014) investigó la protección en baja tensión discriminando entre defectos de instalación y perturbaciones eléctricas. Su estudio se centró en la importancia de los interruptores diferenciales sensibles para prevenir lesiones personales y daños a la propiedad. Rojas destacó la necesidad de seleccionar los interruptores adecuados, teniendo en cuenta la resistencia eléctrica en instalaciones de agua y la posibilidad de que personas no capacitadas entren en contacto con partes peligrosas. Su investigación resaltó la importancia de la sensibilidad de los interruptores y su selección según las condiciones específicas de la instalación eléctrica (Rojas Ordoñez, 2014, págs. 76-77)

En sexto lugar en Cusco Palacios & Jalixto (2016) llevaron a cabo la tesis "Estudio de Coordinación de Protecciones de las Instalaciones Eléctricas en Baja Tensión del Hospital Antonio Lorena del Cusco". El objetivo principal de su investigación fue desarrollar un estudio detallado de la coordinación de protecciones eléctricas en baja tensión en el Hospital Antonio Lorena, ubicado en Cusco. Utilizaron cálculos para verificar los diseños de alimentadores y equipos de protección en las instalaciones eléctricas de baja tensión. Sus conclusiones destacaron que la coordinación de protecciones actuaba de manera rápida y selectiva, lo que garantizaba el servicio continuo y proporcionaba una protección efectiva. También se enfocaron en la selección de interruptores termomagnéticos (ITM) y su tipo abierto, lo que contribuyó a un sistema seguro y eficiente de protección eléctrica (Palacios Apaza & Jalixto Condori, 2016, pág. 179).



En séptimo lugar Arias Sánchez (2020) realizaron una tesis de pregrado titulada "Plan de mejora del sistema de protección en baja tensión en base a auditoría de mantenimiento eléctrico para reducir interrupciones en planta". Su investigación se centró en mejorar la protección del sistema eléctrico en baja tensión a través de un plan basado en auditorías de mantenimiento eléctrico. Utilizaron evaluaciones y un inventario de equipos eléctricos para diseñar un plan integral de mejora que incluía la implementación de un banco de condensadores, nuevo cableado eléctrico, filtración de armónicos y un nuevo diseño de puesta a tierra, entre otras soluciones. El resultado fue una mejora significativa en la protección y la reducción de interrupciones en la planta (Arias Sánchez, 2020, págs. 91-92).

En octavo lugar Manhualaya (2019) presentó la tesis "Mejoramiento del sistema de protección eléctrica en la empresa Electrocentro S. A. Unidad Chupaca". El objetivo principal de esta investigación fue mejorar el sistema de protección eléctrica en subestaciones de distribución para prevenir accidentes eléctricos causados por contacto directo o indirecto. Se realizaron exámenes detallados de los sistemas de medición eléctrica, se elaboró un tablero eléctrico según las normas y se implementaron varios sistemas de protección eléctrica. La importancia de la resistencia del suelo y su impacto en el sistema de protección eléctrica se abordó en la investigación. Esta tesis destacó la necesidad de asegurar una colocación adecuada y entender la resistencia del suelo para una protección eléctrica eficaz (Manhualaya Onsihuay, 2019, pág. 38).

Finalmente, en noveno lugar, Saavedra (2020) realizó la tesis de pregrado "Diseño de un sistema de puesta a tierra tipo malla para la protección eléctrica de



la estación de bombeo de aguas ácidas-minera Yanacocha". El objetivo principal de este proyecto fue diseñar un sistema de puesta a tierra tipo malla que garantizara la protección eléctrica en la estación de bombeo de aguas ácidas en la mina Yanacocha. El diseño del sistema se basó en cálculos y normativas actuales, asegurando una resistencia adecuada del suelo. El resultado fue un sistema de puesta a tierra eficaz que disminuyó las descargas eléctricas de alto riesgo en las personas y protegió los equipos durante fallas a tierra o en condiciones normales de operación (Saavedra Laines, 2020, pág. 41).

2.1.3. Antecedentes locales

A nivel local se encontraron dos trabajos de investigación de relevante aportación; en primer lugar: Araucano (2021) presentó su tesis de pregrado titulada "Seguridad de los circuitos de protección eléctricos para reducir el peligro en humanos y equipos eléctricos en las escuelas profesionales de la UNA, Puno - 2021". Su investigación se centró en examinar la fiabilidad de los circuitos de protección eléctrica en 17 pabellones de la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, con el objetivo de reducir el peligro tanto para las personas como para los equipos eléctricos. Se descubrió que las mediciones de resistencia de tierra no eran adecuadas, con valores superiores a 5Ω , lo que indicaba que los sistemas de puesta a tierra no estaban en buen estado. Esto afectaba negativamente la funcionalidad de los diversos pabellones, generando daños y un mal funcionamiento. Además, se identificaron fluctuaciones en la calidad del suministro eléctrico y equipos en mal estado con protecciones inadecuadas, lo que acentuaba los riesgos. Esta investigación subrayó la importancia de garantizar la seguridad, salud y el correcto funcionamiento de los laboratorios universitarios (Araucano, 2021)



En segundo lugar: Rodríguez (2017) desarrolló su tesis de pregrado titulada "Diseño de un sistema de protección eléctrica para equipos biomédicos de un hospital tipo IV en la ciudad de Puno". El objetivo principal fue diseñar un sistema de protección eléctrica que mejorara la seguridad de los equipos biomédicos en un hospital tipo IV en la ciudad de Puno. La investigación se enfocó en adaptar el sistema de protección a las condiciones específicas de la región de Puno. Se realizaron cálculos y simulaciones para asegurar el óptimo funcionamiento de los equipos biomédicos, especialmente en áreas críticas como el quirófano y la unidad de cuidados intensivos (UCI). Se seleccionaron sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS) adecuados para garantizar un suministro de energía continuo y estable, lo que proporcionó protección tanto al personal como a los pacientes del hospital y a la vida útil de los equipos biomédicos. Se diseñaron mallas equipotenciales con mayor cobertura en áreas con más equipos o pacientes, asegurando así una protección efectiva (Rodríguez, 2017)

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Sistema de Protección Eléctrica

Con el propósito de salvaguardar la integridad de las personas y la conservación de los activos, es esencial que cada instalación cuente con un sistema de seguridad apropiado. En el contexto específico de la Compañía de Bomberos Puno - 42 en la región de Puno, es fundamental implementar sistemas de protección eléctrica que engloben diversos elementos, tales como interruptores, fusibles, relés térmicos, aislantes de cables, sistemas de puesta a tierra, dispositivos de protección para enchufes entre otros



La protección eléctrica es un “grupo de dispositivos diseñados para evitar o minimizar fallos y peligros en caso de que la instalación eléctrica presente un problema” (Almenara, 2023). Podemos indicar que su principal función es detectar y actuar sobre situaciones anormales en todo el sistema eléctrico previniendo daños de los equipos, un mejor consumo energético, disminuyendo el riesgo eléctrico a las personas y animales.

2.2.2. Tipos de Sistemas de Protección Eléctrica

2.2.2.1. Interruptores Interruptor general

El dispositivo conocido como Interruptor General Automático (IGA) es un componente esencial en las instalaciones eléctricas ya que cumple una función vital en la protección contra posibles sobrecargas o cortocircuitos. Su principal función es desconectar el suministro eléctrico de una vivienda si detecta un exceso de potencia que podría comprometer la seguridad de los ocupantes. Se ubica en un lugar accesible y se recomienda apagarlo en situaciones como el reemplazo de bombillas o reparaciones eléctricas para prevenir accidentes. Es importante diferenciar el IGA del ICP (Interruptor de Control de Potencia) y los PIAs (Pequeños Interruptores Automáticos), ya que tienen funciones y operaciones distintas en el control y la seguridad de la electricidad en un inmueble. (SELECTRA, 2020)

2.2.2.2. Interruptor derivado

Los interruptores derivados, también conocidos como interruptores eléctricos, son responsables de proteger y desconectar los circuitos que

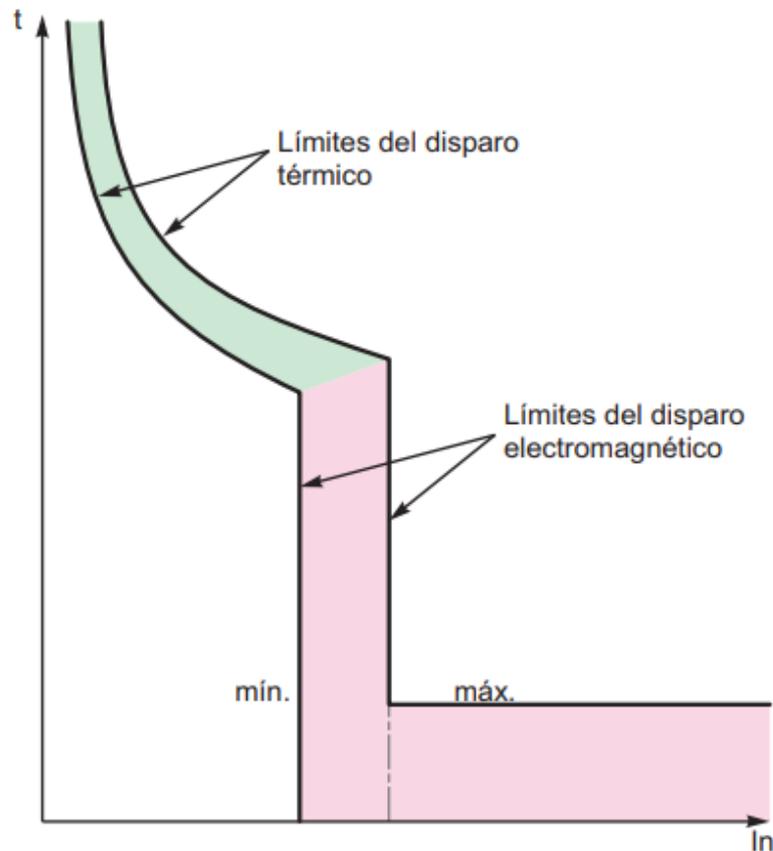
reparte la energía eléctrica a diversas partes de la instalación o bien proporcionan energía a tableros adicionales. Estos elementos son vitales para asegurar la protección y el funcionamiento eficiente de la instalación, desempeñando un papel crítico en situaciones de emergencia. (Instalaciones Tecn. 2, 2011)

2.2.2.2.1. Interruptores termomagnéticos (ITM)

Un dispositivo conocido como interruptor termo-magnético tiene la capacidad de cortar la corriente eléctrica en un circuito cuando excede determinados valores máximos. Su operación se fundamenta en dos efectos generados por el paso de corriente eléctrica: el efecto magnético y el efecto térmico (conocido como efecto Joule). Estos dispositivos, también llamados "breakers," integran múltiples sistemas de protección en un único dispositivo. Tienen tres mecanismos de desconexión: magnético, manual y térmico, cada uno de los cuales puede activarse de manera independiente. La curva de disparo de estos interruptores se forma mediante la superposición de las características magnéticas y térmicas. (Viteri, Lopez, & Gallo). Las curvas de disparo en los interruptores automáticos muestran cuánto tiempo toma cortar la corriente según su intensidad: rápido para sobrecargas altas y muy rápido para cortocircuitos (10 milisegundos). (Schneider Electric, 2018) cómo se puede observar en la **figura 1**.

Figura 1

Visualización de las curvas de disparo en interruptores termomagnéticos



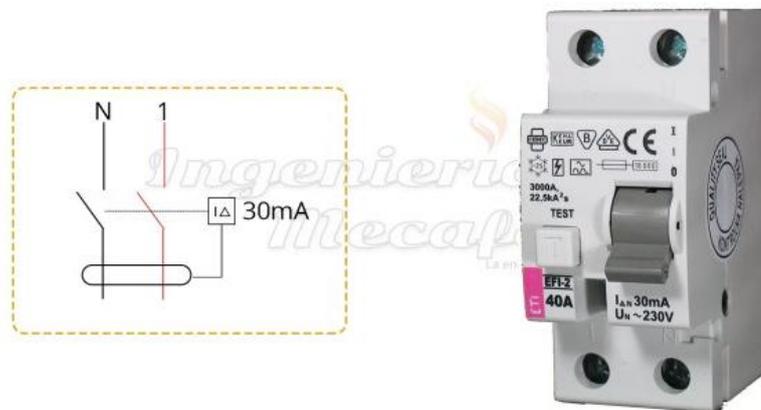
Fuente: (Schneider Electric, 2018)

2.2.2.2. Interruptor Diferencial

El dispositivo diferencial residual (DDR), también conocido como interruptor diferencial, es un componente electromecánico que se instala en sistemas eléctricos de corriente alterna para proteger a las personas del riesgo de contacto, tanto directo como indirecto con elementos energizados de la instalación (Váscones, 2016) La **figura 2** muestra un ejemplo típico de un interruptor diferencial y su diagrama asociado

Figura 2

Interruptor diferencial y diagrama



Fuente: (Ingeniería Mecafenix, 2020)

2.2.2.2.3. Interruptor de control de potencia

El interruptor de control de potencia, conocido como ICP, es un componente esencial del cuadro eléctrico en nuestras viviendas. Su función principal es garantizar la seguridad y el control de la cantidad de potencia eléctrica consumida en la instalación. Su funcionamiento es simple: si excedemos la potencia contratada o si hay problemas, como un contacto defectuoso, el ICP interrumpirá el abastecimiento eléctrico de la vivienda. Este dispositivo tiene tres funciones clave: supervisar que los electrodomésticos no excedan la potencia contratada, prevenir sobrecalentamientos que puedan causar incendios y evitar daños en la instalación eléctrica, como los provocados por electrodomésticos defectuosos. (TotalEnergies, 2021)



2.2.3. Aislamientos de cables

El aislamiento de cables es una parte fundamental en las instalaciones eléctricas, ya que protege el cable de cobre empleado para la transmisión de electricidad. Este aislamiento, generalmente compuesto por materiales plásticos o en algunos casos goma, cumple la importante función de salvaguardar la seguridad al permitir la manipulación de cables sin riesgo de descargas eléctricas. Además de su función protectora, el color del aislamiento desempeña un papel clave al facilitar la identificación de cables durante las instalaciones eléctricas. Cabe destacar que los cables también presentan abreviaciones en inglés que indican el tipo de aislamiento utilizado, ya sea termoplástico o termoestable (Almenara, 2023)

Aislamiento termoplástico

El aislamiento termoplástico es una categoría predominante en la producción de cables eléctricos y se caracteriza por su capacidad de ablandarse y volver a solidificarse cuando se somete a cambios de temperatura. Entre los termoplásticos más habituales empleados en la producción de cables eléctricos se incluyen el PVC (policloruro de vinilo), Z1 (poliolefinas), PE (polietileno lineal) y PU (poliuretano). Estos materiales termoplásticos brindan flexibilidad y durabilidad a los cables, lo que los convierte en aptos para diversas aplicaciones en el ámbito eléctrico. (TopCable MKT, 2021)



Aislamiento termoestable

El aislamiento termoestable se refiere a un tipo de material polimérico que, una vez que ha sido sometido a un proceso de moldeo y endurecimiento, no puede ser remoldado ni ablandado mediante calentamiento adicional. Este material presenta una estructura reticulada con enlaces químicos cruzados entre sus cadenas moleculares, lo que le confiere una alta estabilidad térmica y resistencia a temperaturas elevadas. A diferencia de los termoplásticos, que pueden ser fundidos y remodelados varias veces, los materiales termoestables mantienen su forma y propiedades incluso cuando se exponen a calor intenso, y no se ablandan ni se derriten. Este tipo de aislamiento se utiliza en diversas aplicaciones, como aislantes eléctricos, componentes de alta temperatura y recubrimientos protectores, donde la estabilidad y la resistencia térmica son fundamentales para garantizar un rendimiento duradero y seguro (Infinitia Industrial Consulting, 2022)

2.2.4. Sistema de Conexión a Tierra (SCT)

2.2.4.1. Instalación de pozo a tierra

La instalación de un pozo a tierra implica la conexión eléctrica directa de las partes metálicas de un sistema, omitiendo el uso de fusibles u otros dispositivos de protección, con la conexión a tierra mediante electrodos que se encuentran enterrados en el suelo. Este empalme tiene dos propósitos principales: facilitar el paso de corrientes de fallo o descargas atmosféricas hacia la tierra y asegurar que no existan diferencias

de potencial peligrosas en todo el sistema eléctrico, edificios y áreas cercanas al suelo (Ministerio De Industria Turismo y Comercio, 2018)

2.2.4.2. Resistividad del Terreno

La resistividad del suelo (ρ) es una característica eléctrica que evalúa la capacidad de un terreno para oponerse al flujo de corriente eléctrica. Varía según el tipo de suelo, la humedad, la temperatura y la composición química. Es un elemento fundamental en el diseño de sistemas de conexión a tierra (SCT) para asegurar una correcta dispersión de corriente. La resistividad se expresa en ohmios por metro ($\Omega \cdot m$). y puede cambiar con el tiempo debido a factores climáticos y geológicos. En el diseño de un SCT, se recopila información sobre la resistividad en condiciones desfavorables, generalmente durante la temporada de sequía, para asegurar una conexión a tierra efectiva. (Briceño, 2012)

2.2.4.3. Medida De La Resistividad Del Terreno

2.2.4.3.1. Método de Wenner

Para calcular la resistividad del suelo, se utiliza un método de medición que emplea cuatro electrodos equidistantes alineados en el terreno. Se inyecta una corriente de medición I entre los electrodos exteriores (E y H), al mismo tiempo que se registra la diferencia de potencial ΔV entre los electrodos centrales (S y ES) con un ohmiómetro de tierra. La resistividad ρ en el punto directamente debajo del punto de inyección se puede calcular mediante la fórmula simplificada en la **Ecuación 1.**

$$\rho\omega = 2\pi aR \quad (1)$$

Dónde:

ρ = resistividad en $\Omega \cdot m$ a una profundidad $h = 3a/4$

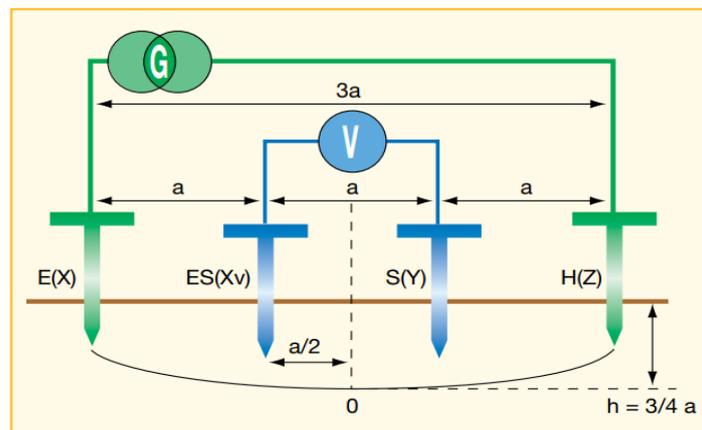
a = es la base de medida en metros

R = el valor de la resistencia en Ω obtenido del ohmímetro de tierra.

Se recomienda una medida con una base de al menos 4 metros para obtener resultados precisos en la determinación de la resistividad del suelo. (Chauvin Arnoux Ibérica, S.A, 2015). El Método de Wenner, ilustrado en la **Figura 3**, es un método frecuentemente empleado para determinar la resistividad del suelo. Este procedimiento consiste en colocar cuatro electrodos en línea recta, manteniendo una distancia conocida entre ellos. Se introduce una corriente en los dos electrodos externos, mientras se registra la caída de voltaje entre los dos electrodos internos. Esta disposición ofrece una medición exacta de la resistividad del suelo en el lugar de la medición.

Figura 3

Método de Wenner



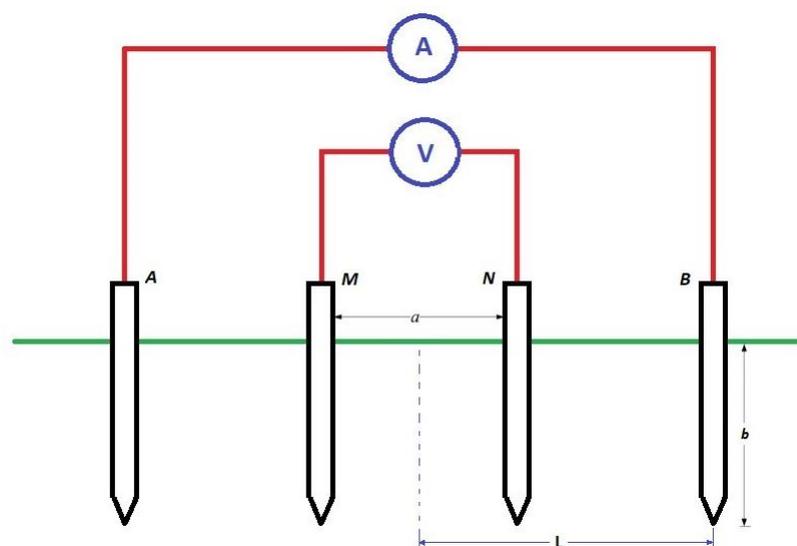
Fuente: (Chauvin Arnoux Ibérica, S.A, 2015)

2.2.4.3.2. Método de Schlumberger

El método de Schlumberger, que se fundamenta en el principio de Wenner, logra una mayor sensibilidad en pruebas con distancias de medida más extensas. En este enfoque, los electrodos de potencial permanecen invariables en su separación en el centro del sistema, mientras que se ajusta la distancia entre los electrodos de corriente. La ventaja radica en que los electrodos de potencial tienen un espaciado pequeño en comparación con los demás electrodos, lo que garantiza estabilidad. Aunque es menos sensible a las variaciones laterales del terreno por la fijación de los electrodos centrales, este método simplifica la medición al requerir menos espacio total para llevar a cabo las pruebas. (SMART EARTHING, 2022). Como se visualiza en la **figura 4** que representa a la forma de medición de la resistividad de un terreno.

Figura 4

Método de Schlumberger



Fuente: (Perez, 2023)

2.2.5. Barras Colectoras

Las barras colectoras de cobre, también conocidas como Busbars, son componentes esenciales en sistemas eléctricos y paneles de distribución que se utilizan para conducir corrientes eléctricas de gran magnitud. Estas barras, generalmente de cobre electrolítico, son apreciadas por su alta conductividad eléctrica y encuentran aplicaciones en una variedad de dispositivos, desde paneles eléctricos hasta cabinas de distribución y disyuntores. Su selección se fundamenta en la necesidad de disponer de un material con alta conductividad y fiable para diversas aplicaciones eléctricas. (Favarello, 2021). La disposición típica de una barra colectora se muestra en la **Figura 5**.

Figura 5

Método de Schlumberger



Fuente: (JD ELECTRICOS, 2020)

2.2.6. Seccionadores

Un seccionador es un elemento eléctrico de seguridad que acepta la interrupción de la corriente en un circuito o instalación eléctrica al separarlo de su fuente de alimentación mediante una apertura física. Se utiliza principalmente



para asegurar la protección de las personas que laboran en zonas aisladas del circuito o para eliminar una sección averiada y mantener el funcionamiento en el resto del circuito. A diferencia de los interruptores o disyuntores, los seccionadores no tienen la capacidad de extinguir arcos eléctricos, lo que hace necesario detener previamente la carga antes de su operación para evitar daños en el dispositivo. Su función es proporcionar una desconexión visible y es fundamentalmente un dispositivo de apertura lenta. (Alta Tecnología, 2021)

2.2.7. Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI o UPS)

Un Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI o UPS) es un aparato que asegura un suministro eléctrico constante durante interrupciones causadas por fallos en la red eléctrica, lo que resulta en la protección y asegura el funcionamiento constante de los dispositivos conectados. Su objetivo principal es prevenir la pérdida de información y proteger archivos importantes. Asimismo, funciona como un filtro que protege la carga conectada contra picos de tensión y descensos en el voltaje. (Jaime, 2021)

2.2.8. SAI para Continuidad de Servicios Críticos en el Hogar

En este apartado se resalta la importancia de los Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI o UPS) como parte vital de la protección en el hogar. Estos dispositivos aseguran que servicios esenciales, como cierres eléctricos, sistemas de seguridad y comunicación, sigan funcionando en situaciones de interrupciones eléctricas. Se discute la ubicación y la instalación sencilla de un SAI, así como la elección adecuada basada en potencia y tiempo de respaldo. La implementación de un SAI en el hogar se presenta como un componente esencial para mantener la seguridad y la funcionalidad en situaciones críticas.



2.2.9. Capacitación del Personal

La capacitación en el ámbito de sistemas de protección eléctrica en instalaciones eléctricas es un proceso esencial y continuo que se lleva a cabo de manera planificada y sistemática. Su objetivo principal es proporcionar a los profesionales la formación necesaria y desarrollar las competencias esenciales, incluyendo conocimientos, habilidades, aptitudes y actitudes. Esto capacita a los profesionales en el área de instalaciones eléctricas para realizar sus tareas de forma eficiente y eficaz, asegurando así el funcionamiento adecuado de los sistemas de protección eléctrica y la seguridad en el suministro de energía. (López, 2011)

2.2.10. Instalaciones Eléctricas

Las instalaciones eléctricas comprenden sistemas y circuitos que son esenciales para la distribución eficiente y segura de la energía eléctrica en diferentes entornos, como en edificios, hogares y oficinas, asegurando el correcto funcionamiento de los dispositivos y la protección de las personas. Estas configuraciones comprenden una variedad de componentes para producir, transmitir y distribuir electricidad. La planificación detallada de proyectos resulta esencial para prevenir contratiempos y cumplir con los requerimientos normativos específicos para cada categoría de instalaciones eléctricas. (Podo, 2023)

2.2.10.1. Acometida

La acometida eléctrica es la conexión que establece el enlace entre la red de distribución de la empresa eléctrica y la caja de protección de una instalación, ya sea un edificio residencial, una planta industrial o un establecimiento comercial. Estas conexiones pueden clasificarse como de



baja tensión, que terminan en una caja de protección general, o de media tensión, que finalizan en un transformador. Importante destacar que las acometidas son propiedad de la compañía eléctrica regional. Es necesario que los proyectos de acometidas incluyan una conexión a tierra en varios escenarios y deben prever una estimación de carga para establecer la potencia necesaria en la instalación. Esta potencia máxima está restringida por el calibre del interruptor de protección general, tal como se establece en el Certificado de Instalación Eléctrica en Baja Tensión. (Electricistas de la Fuente, 2019)

2.2.10.2. Equipo de medición (medidor)

Un equipo de medición, comúnmente conocido como medidor eléctrico, es un dispositivo instalado en la acometida que tiene la función de registrar y medir el consumo de energía eléctrica del usuario. Este equipo debe instalarse en un sitio que sea accesible y que esté protegido del exterior, facilitando así su lectura y mantenimiento. Generalmente, el medidor es propiedad de la compañía distribuidora de energía y cumple una función esencial en la medición precisa del consumo eléctrico de un usuario. (Podo, 2023)

2.2.10.3. Cuadro general y distribución de protección

El panel general de control y protección, esencial en cualquier instalación eléctrica de edificios o viviendas, constituye un conjunto de dispositivos automáticos que tiene un papel crítico en la optimización de seguridad y protección de la instalación. Estos mecanismos trabajan de manera coordinada para garantizar un funcionamiento eléctrico confiable



y seguro, supervisando y actuando en respuesta a posibles situaciones de riesgo o fallas en el suministro eléctrico. (PepeEnergy, Blog;, 2020)

2.2.11. Transformador

Un transformador de corriente es un instrumento de corriente alterna estático que permite ajustar el voltaje o la corriente sin que se produzcan pérdidas de frecuencia o potencia. Funciona convirtiendo electricidad en magnetismo y luego revirtiéndola en electricidad, transfiriéndola del devanado de entrada al secundario. Estos transformadores se utilizan ampliamente en la red eléctrica para optimizar la distribución de electricidad y reducir las pérdidas durante el transporte, en aplicaciones industriales y en la mayoría de los dispositivos electrónicos y electrodomésticos en hogares. También son esenciales en la seguridad eléctrica de viviendas al emplearse en diferenciales para evitar riesgos eléctricos y lesiones. (Bricoladores, 2017)

2.2.12. Tablero general

Un tablero eléctrico es una carcasa que alberga dispositivos fundamentales para la conexión, control, operación, medición, protección, alarmas y señalización en un sistema eléctrico. Su montaje debe adherirse a criterios de diseño y normativas para respaldar un desenvolvimiento seguro. Los tableros protegen los circuitos mediante fusibles, interruptores magneto térmicos y diferenciales. En términos generales, estos gabinetes se centran en las funciones clave para asegurar el funcionamiento adecuado de una instalación eléctrica. En una implementación típica, hay al menos un cuadro principal, como en viviendas, que puede alimentar varios cuadros secundarios en instalaciones más grandes. Además, se destacan el

medidor de consumo, que es inalterable, y el interruptor, que restringe el consumo sin ofrecer funciones de seguridad. (JD Eléctricos , 2020)

2.2.12.1. Partes de un tablero

La **Tabla 1** detalla los componentes estructurales y funcionales de un tablero eléctrico, esenciales para su correcto funcionamiento y seguridad.

Tabla 1

Partes de un tablero

Gabinete	Es el revestimiento exterior que resguarda los elementos de un circuito de control, generalmente construido de metal, aunque ocasionalmente se utiliza plástico según la aplicación
Rieles metálicos	Son guías que actúan como plataforma para la instalación de los componentes empleados en el sistema.
Barras colectoras	Son barras de material conductor proporcionan alta corriente a los componentes del tablero cuando se requiere una gran potencia eléctrica.
Canaletas	Nos permiten transportar los cables de un lado a otro con mayor orden
Borneras de conexiones	También llamadas clemas, son conectores eléctricos que aseguran los cables mediante tornillos y se emplean cuando los cables se dirigen desde el tablero hacia componentes externos, como motores o actuadores.
Prensa cables	Son conectores de glándula utilizados para asegurar el paso seguro de cables entre el ámbito interno y el externo del gabinete eléctrico.

Fuente: elaboración propia



2.2.13. Salidas eléctricas

Una salida eléctrica es un componente vital del sistema eléctrico que proporciona electricidad a dispositivos y equipos al conectarlos a través de una toma de corriente y un enchufe. Para garantizar un flujo eléctrico seguro y efectivo, es fundamental que los usuarios consideren aspectos como el voltaje, el amperaje y el número de polos en la conexión. Es fundamental examinar la etiqueta del dispositivo antes de conectarlo para prevenir posibles daños y asegurar un correcto funcionamiento. Las salidas eléctricas son esenciales para el uso de dispositivos eléctricos, y su correcta utilización y consideración de la etiqueta del dispositivo son clave para la seguridad y eficiencia de la conexión eléctrica. (Electropreguntas, 2023)

2.2.14. Toma de corriente o enchufe

Un tomacorriente, conocido comúnmente como enchufe, es un componente crucial en una instalación eléctrica. Permite la conexión de clavijas, que son extensiones aisladas al final de un cable, para establecer una conexión eléctrica. El tomacorriente es la parte receptora, generalmente empotrada en la pared, y contiene componentes metálicos para la circulación de la corriente. Asimismo, factores como la cantidad de polos, la tensión máxima y la corriente máxima determinan su capacidad y operatividad.. El tomacorriente es esencial en las conexiones eléctricas y está vinculado a la red de electricidad. (Porto & Merino, 2015)



2.2.14.1. Tipos de contacto

Contacto no polarizado tiene los orificios del mismo tamaño y se puede conectar independiente del lado

Contacto polarizado en este contacto se puede identificar una diferencia en sus orificios haciendo que el usuario siempre lo conecte de una sola posición

Contacto polarizado con tierra física es el que tiene 3 orificios, también está polarizado y adicionalmente tiene un orificio que es la conexión a la tierra física

2.2.15. Salidas para alumbrado y contacto

Los dispositivos de iluminación, situados al final de las redes eléctricas, son elementos que consumen energía al transformarla en luz o calor. (Maxim, 2021)

2.2.16. Toma a tierra o neutro

Se emplea para evitar que la corriente fluya hacia el usuario en caso de que ocurra un fallo de aislamiento entre los conductores activos. Posee una resistencia baja que permite el paso de corrientes de fuga y es fundamental como medida de seguridad en el sistema eléctrico. (Maxim, 2021)

2.2.17. Factor de simultaneidad

El factor de simultaneidad, en el ámbito eléctrico, se refiere a la proporción entre la carga máxima permitida en una instalación y la suma de las potencias de los dispositivos conectados. Este factor indica qué parte de la potencia total será



utilizada de manera simultánea en una residencia. La capacidad máxima está indicada en el boletín eléctrico o Certificado de Instalación Eléctrica (C.I.E.), y cualquier modificación debe ser evaluada por un especialista para asegurar la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema. En definitiva, el factor de simultaneidad es clave para calcular la demanda real de energía en una vivienda. (ENDESA, 2020)

El Artículo 7 de la Norma Técnica Em.010 sobre Instalaciones Eléctricas Interiores, del Reglamento Nacional de Edificaciones, dispone que los proyectos eléctricos deben incluir un análisis de la potencia instalada y la demanda máxima de energía de las instalaciones proyectadas. Este examen se realiza mediante dos métodos: el primero implica considerar las cargas reales durante su instalación junto con coeficientes de demanda y simultaneidad observados durante la ejecución, y el segundo consiste en utilizar cargas individuales y factores de demanda establecidos por el CNE, asumiendo y justificando el factor de simultaneidad por parte del proyectista en ambas metodologías. (El Peruano, 2019)

2.3. NORMATIVAS Y REGULACIONES:

2.3.2. Normas Nacionales

2.3.2.1. Norma Técnica Em.10 Instalaciones Eléctricas Interiores

Del RNE

La Norma Técnica EM.010 "Instalaciones Eléctricas Interiores" del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú indica lineamientos técnicos básicos para el diseño y construcción de



instalaciones eléctricas interiores con diversos tipos de edificaciones. Su propósito fundamental es asegurar condiciones óptimas de seguridad eléctrica en las edificaciones, protegiendo la integridad de las personas y garantizando un suministro constante de electricidad. Esta normativa es de cumplimiento obligatorio en todas las instalaciones eléctricas del país, abarcando tanto construcciones nuevas como renovaciones, reparaciones y proyectos que incluyan alteraciones a las instalaciones eléctricas ya existentes. También establece criterios de seguridad y estándares técnicos para la realización de instalaciones eléctricas adecuadas en el país. (El Peruano, 2019)

2.3.2.2. Código Nacional de Electricidad Utilización

El Código Nacional de Electricidad - Utilización Se trata de un documento normativo que establece las normas y requisitos técnicos para la instalación, operación y mantenimiento de sistemas eléctricos en el Perú. Su propósito es asegurar la integridad de las personas, la calidad del suministro de energía y la eficiencia en la utilización de la electricidad. Este código aborda aspectos esenciales como la conexión de equipos eléctricos, la protección contra sobrecargas y cortocircuitos, y la mitigación de peligros eléctricos. Además, establece estándares para la calificación de instaladores eléctricos y supervisa el cumplimiento de sus disposiciones para asegurar un desenvolvimiento eléctrico seguro y confiable en el país. Puedes consultar el documento completo para obtener detalles específicos sobre las regulaciones y directrices aplicables. (Ministerio de Energías y Minas, 1982).



2.3.3. Normas internacionales

2.3.3.1. Normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC)

Las normas IEC son empleadas de manera global para establecer requisitos técnicos para equipos y sistemas eléctricos. En Perú, las normas IEC relacionadas con la seguridad eléctrica y la compatibilidad electromagnética se aplican en diversas industrias.

2.3.3.2. Normas del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE)

Las normas IEEE son muy respetadas en el ámbito de la ingeniería eléctrica y electrónica. En Perú, son empleadas en aplicaciones industriales, redes de distribución de energía y tecnología de la información.

2.3.3.3. Normas del National Electrical Code (NEC)

Aunque el NEC es una norma de Estados Unidos, se utiliza como referencia en algunos proyectos eléctricos en Perú, especialmente en instalaciones eléctricas en edificaciones comerciales e industriales.

2.3.4. Instalaciones eléctricas en infraestructuras críticas

Las infraestructuras críticas son componentes vitales para el funcionamiento de una sociedad, abarcando sectores como defensa, energía, servicios de emergencia, incluyendo los bomberos, y más. Estas estructuras son esenciales para el bienestar, la prosperidad y la seguridad de una sociedad, pero también son altamente vulnerables a amenazas como desastres naturales o



ataques. Garantizar su resiliencia y protegerlas contra riesgos, es una prioridad esencial. Las instalaciones eléctricas son una parte crucial de estas infraestructuras, asegurando un suministro ininterrumpido de energía, y su diseño y operación seguros son imperativos para la continuidad de estas infraestructuras.

Según las normas EM.010 del artículo 4, relacionado con Las instalaciones eléctricas interiores nos señalan “Las instalaciones eléctricas interiores incluyen: el punto de conexión o acometida, alimentadores, paneles, circuitos ramificados, sistemas de protección y control, sistemas de medición y registro, conexión a tierra, entre otros elementos especificados por el Proyectista.” (Ministerio de Vivienda, 2019, pág. 5).

Como se puede ver en la **figura 6**, una conexión típica en instalaciones de baja tensión muestra la manera en que deben llevarse a cabo las conexiones eléctricas. para garantizar la seguridad y eficiencia del sistema.

Figura 6

Conexión típica en instalaciones de baja tensión

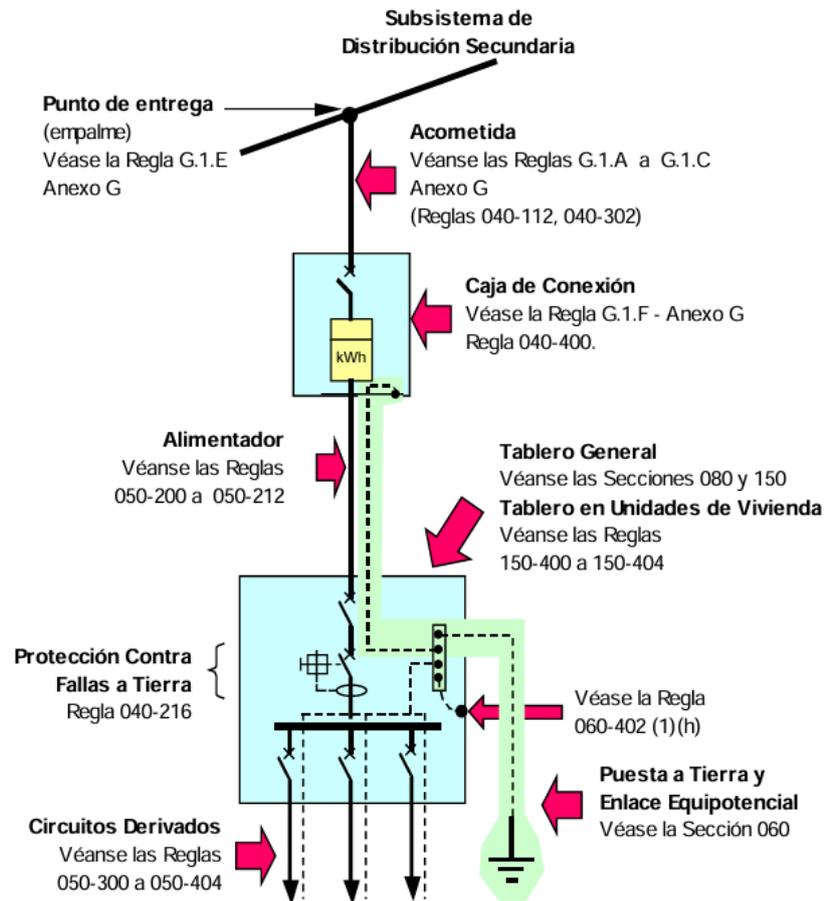


Figura 040-000
Conexión Típica y su Equipamiento

Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2006, pág. 35)

2.3.5. Evaluación de la máxima demanda

De acuerdo con lo establecido en la normativa EM-010, es obligatorio que los proyectos incluyan un análisis detallado de la potencia instalada y la demanda máxima de potencia necesaria para las instalaciones propuestas. Esta evaluación de la demanda puede llevarse a cabo mediante dos métodos establecidos en el Código Nacional de Electricidad - Utilización. El primer método consiste en



considerar las cargas proyectadas en la construcción, así como los factores de demanda y simultaneidad que resultan de la operación de la instalación. En el segundo método, se toman en cuenta las cargas unitarias y los factores de demanda definidos en las Normas DGE pertinentes, mientras que el proyectista determina y respalda el factor de simultaneidad. Estos procedimientos garantizan una planificación precisa de la potencia eléctrica necesaria para las instalaciones proyectadas. (Ministerio de Vivienda, 2019)

La demanda máxima se establece mediante un análisis exhaustivo de las cargas, donde se asignan las potencias instaladas de forma individual y se aplican los factores de demanda sugeridos por el Código Nacional de Electricidad (CNE). Este procedimiento permite calcular la demanda máxima de cada carga instalada. Posteriormente, se suman todas estas demandas máximas individuales para obtener la demanda máxima total, que es crucial para realizar cálculos seguros y eficientes en el diseño de la instalación eléctrica. Es relevante mencionar que la potencia se expresa en vatios o kilovatios (kW), y esta información es fundamental para asegurar el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas.

Podemos calcular la máxima demanda según la **Ecuación 2**

$$MD = PI \times FD \quad (2)$$

Donde:

PI = Potencia Instalada

FD = Factor de Demanda

Para determinar la demanda máxima de un sistema eléctrico, es esencial seguir las pautas establecidas en el Código Nacional de Electricidad (CNE). El cálculo de la demanda se fundamenta en el análisis de las cargas instaladas y la

implementación de factores de demanda específicos, según lo establecido en la normativa vigente. A continuación, se presenta una tabla que ilustra el proceso de cálculo de demanda según el CNE, proporcionando un ejemplo claro y detallado de cómo aplicar estos factores en la práctica. Como apreciamos en la Figura 8, esta tabla facilita la determinación precisa de la demanda, lo cual es fundamental para el correcto diseño y dimensionamiento de las instalaciones eléctricas.

La **Tabla 2** presenta los valores de potencia específica en vatios por cada metro cuadrado y los factores de demanda correspondientes a diferentes tipos de actividades. Estos factores son fundamentales para dimensionar adecuadamente los cables de cobre para la acometida y sus respectivas alimentaciones, asegurando así la eficiencia y seguridad del suministro eléctrico en función de la demanda real esperada para cada tipo de instalación.

Tabla 2

Vatios por m² y Factores de Demanda por Tipo de Actividad

Tipo de actividad	Watts por metro cuadrado	Factor de demanda %	
		Conductores de acometida	Alimentadores
Bodegas,			
Restaurantes,	30	100	100
Oficina			
• Primeros 930 m ²	50	90	100
• Sobre 930 m ²	50	70	90



Tipo de actividad	Watts por metro cuadrado	Factor de demanda %	
		Conductores de acometida	Alimentadores
Industria comercial	25	100	100
Iglesias	10	100	100
Garajes	10	100	100
Edificios de Almacenaje	5	70	90
Teatros	30	75	95
Auditorios	10	80	100
Bancos	25	100	100
Barberías y Salones de Belleza	30	90	100
Clubes	20	80	100
Cortes de Justicia	20	100	100
Hospedajes	15	80	100
Viviendas	15	100	100

Fuente: (Ministerio de Energia y Minas, 2006, pág. 595)

2.3.6. Conductores eléctricos

Según las normal del CNE 050-106 “El tamaño de los conductores e interruptores especificado en esta Sección debe ser el mínimo permitido, a menos

que las dimensiones normalizadas inmediatamente menores ofrezcan una capacidad que sea hasta un 5% inferior a la calculada, en cuyo caso se pueden emplear esos conductores e interruptores.” (Ministerio de Energía y Minas, 2006, pág. 62)

2.3.7. Corriente Nominal y Corriente de Diseño

El análisis de la corriente nominal y de diseño es fundamental para elegir correctamente la capacidad en amperios de los interruptores termomagnéticos y el tamaño adecuado del conductor eléctrico requerido. Estos cálculos se basan en la demanda máxima identificada en el panel de cargas y se ajustan de acuerdo con lo indicado en las normas del CNE - Utilización. De acuerdo con las normativas, el área mínima de los conductores no debe exceder los 2.5 mm². Para llevar a cabo estos cálculos, aplicamos las fórmulas correspondientes. (Criollo, 2022). En particular, para determinar la corriente nominal, nos auxiliamos de la **Ecuación 3**.

$$I_n = \frac{M.D}{K * V * \cos\phi} \quad (3)$$

I_n : Corriente Nominal

M.D : Máxima demanda (Kw)

K : 1(1 ϕ): $\sqrt{3}$ (3 ϕ)

V : Tensión (Kv)

Cos ϕ : Factor de potencia

Mientras que, para realizar el cálculo de la corriente de diseño, empleamos la **Ecuación 4**.



$$I_d = \frac{1.25 \cdot I_n}{F, C} \quad (4)$$

I_d : Corriente de Diseño (A)

I_n : Corriente Nominas (A)

F.C : Factor de corrección (tablas 5A, 5B, 5C Y 5D del CNE)

2.3.8. Caída de tensión

De acuerdo con el CNE, la disminución de voltaje en sistemas eléctricos es un aspecto crítico que debe ser gestionado cuidadosamente para asegurar un suministro de energía eléctrica eficaz y confiable. Para lograrlo, se dimensionan los conductores de los alimentadores y circuitos secundarios según criterios específicos: la reducción de tensión en los alimentadores no debe superar el 2,5%, y la disminución total de tensión, considerando alimentadores y circuitos derivados hasta el punto de uso más distante, no debe exceder el 4%. De manera similar, en los circuitos derivados se aplican criterios similares. Cuando se conoce la carga conectada, se utiliza para el cálculo; de lo contrario, se considera el 80% de la capacidad nominal de los elementos de seguridad contra sobrecargas o sobrecorrientes del circuito derivado. Este enfoque asegura una gestión efectiva de la caída de tensión, manteniendo la calidad y eficiencia del suministro eléctrico. (Ministerio de Energía y Minas, 2006).

Asimismo, podemos calcular la caída de tensión según la **Ecuación 5**, la cual proporciona una herramienta precisa para evaluar este factor fundamental en el diseño de sistemas eléctricos.



$$\Delta V = \frac{\delta \cdot K \cdot I_d \cdot L \cdot \cos\phi}{S} \quad (5)$$

ΔV : Caída de tensión sobre el conductor

K : 1.73 (para un sistema 3ϕ) $K = 2$ (para un sistema 1ϕ)

I_d : Corriente de diseño (A)

δ : Resistividad del cobre 0,0175 (ohm.mm/m)

L : Factor de potencia (m)

S : Sección del conductor (mm^2)

2.4. NORMAS CONSIDERADAS PARA LA ILUMINACIÓN

2.4.2. Cálculo de iluminación

En conformidad con la Norma Técnica EM.010, los proyectistas deben calcular la iluminación en edificaciones, eligiendo la temperatura de color y garantizando la calidad lumínica. Se establecen requisitos para la reproducción cromática y se evita el parpadeo. Además, se considera el mantenimiento y se registra el consumo energético, cumpliendo con las normativas vigentes. (El Peruano, 2019)

Para lo diferentes ambientes se consideran la Norma EM.010 sobre confort térmico y lumínico con eficiencia energética, en el reglamento no exige una norma determinada para compañía de bomberos por ende se considerará los ambientes de vivienda, industria y oficinas.

2.4.3. Iluminación Viviendas

Según las Norma Técnica Em.010 Instalaciones Eléctricas Interiores del Reglamento Nacional de Edificaciones se consideran para la iluminación los siguientes puntos

La **Tabla 3** especifica los grados de iluminación recomendados para distintas áreas y actividades dentro de viviendas. Estos valores incluyen la iluminancia media (E_m) medida en lux, el coeficiente de deslumbramiento unificado (UGR), la homogeneidad de la iluminancia (U_o) y requisitos específicos adicionales que deben cumplirse para asegurar un ambiente visual adecuado y seguro. Estas especificaciones son fundamentales para asegurar el confort visual y la seguridad de quienes se encuentran en el espacio, ajustándose a las normativas de iluminación para diferentes entornos residenciales y comunes.

Tabla 3

Iluminación Viviendas

1. VIVIENDA						
N° ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	E_m Lux	UGR	U_o	R	Requisitos específicos
1.1	Zona Privada					
	Área de Dormitorio	50				
	Área de Baño	100				
	Área de Baño (Zona de espejo)	500				
	Área de Cocina	300				
	Área de Sala, Sala de estar	100				
	Área de Comedor	100				



1. VIVIENDA

N° ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em Lux	UGR	Uo	R	Requisitos específicos
	Área de Estudios, almacenes, depósitos, walking, closet, cuartos de trabajo doméstico (planchado, lavandería, similares)	500				
	Área de Patios, zonas abiertas	20				
	Área de Estacionamientos bajo techo	50				
1.2	Zonas comunes (aplicable a zonas comunes de cualquier tipo de edificación)					
	Área de Vestíbulos de entrada	100	22		60	
	Área de Salas de estar (pública)	200	22		80	
	Áreas de circulación y pasillos	100	28	0.40	40	<ol style="list-style-type: none"> 1. Iluminación a ras de suelo 2. Ra y UGR parecidas a las zonas contiguas 3. 150 lux en caso de que haya vehículos en la vía. 4. La iluminación en las entradas y salidas debe ofrecer una zona de transición que

1. VIVIENDA

N° ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em Lux	UGR	Uo	R	Requisitos específicos
						evite variaciones bruscas en la luminancia entre el interior y el exterior, tanto de día como de noche.
						5. Se debe prevenir el deslumbramiento tanto de los conductores como de los peatones.
	Escaleras, escaleras mecánicas y transportadores (de persona)	150	25	0.40	40	Se necesita un mayor contraste en los escalones.
	Ascensores, montacargas	100	25	0.40	40	La iluminación frente al montacargas debe alcanzar un mínimo Em= 200lx
	Rampas/andenes/patios de carga	150	25	0.40	40	

Fuente: requisitos mínimos de iluminación en viviendas (Ministerio de Vivienda, 2019)

2.4.4. Iluminación en Salud

La **Tabla 4** detalla las intensidades de luz recomendados para diversos entornos y tareas en entornos de salud. Estos valores son fundamentales para proporcionar un entorno seguro y confortable para los pacientes, personal médico y visitantes, garantizando una adecuada visibilidad y evitando el

deslumbramiento. Se especifican requisitos particulares para cada tipo de área, como las salas de espera, corredores, salas de consulta médica, y laboratorios, adaptándose a las necesidades específicas de cada espacio para optimizar la eficiencia y efectividad de las tareas realizadas.

Tabla 4

Iluminación en Salud

3. SALUD						
N° ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em Lux	UGR	Uo	R	Requisitos específicos
3.1	Salas de uso general	-	-	-	-	-
	Salas de espera	200	22	0.40	80	Se deben evitar niveles de luminancia excesivamente altos en el campo visual de los pacientes.
	Pasillos: en horario diurno	100	22	0.40	80	Iluminación a nivel del suelo
	Pasillos: en horario nocturno	50	22	0.40	80	Iluminación a nivel del suelo
	Ambientes para curaciones	500	19	0.60	80	-
	Salas para consulta medica	500	16	0.60	90	Tcp 4000k, como mínimo
	Ascensores para personas y visitantes	100	22	0.60	80	Iluminación en el suelo

3. SALUD

N° ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em Lux	UGR	Uo	R	Requisitos específicos
	Evaluaciones y tratamientos	1000	19	0.60	90	Iluminación al ras del suelo
	Vigilancia nocturna	20	19	-	90	-
3.2	Laboratorios y farmacias	-	-	-	-	-
	Alumbrado general	500	19	0.60	80	-

Nota: Revise el Anexo 3 Normas Luminarias.

Fuente: Normas básicas de iluminación en el ámbito de la Salud (Ministerio de Vivienda, 2019)

2.4.5. Iluminación en Oficinas

La **Tabla 5** presenta los grados de iluminación recomendados para diversas áreas y tareas en entornos de oficina. Estos niveles aseguran un ambiente de trabajo adecuado, promoviendo la eficiencia y el bienestar de los trabajadores. al proporcionar condiciones óptimas de visibilidad. Las especificaciones incluyen requisitos para áreas comunes como archivos, y áreas de reunión, adaptándose a las demandas visuales específicas de cada tarea y garantizando un confort visual adecuado para los usuarios.

Tabla 5*Iluminación en Oficinas*

6. OFICINAS						
N° ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em Lux	UGR	Uo	R	Requisitos específicos
	Salas de uso general	-	-	-	-	-
	Archivo, copia, circulación, etc.	300	19	0.40	80	-
	Escritura, mecanografía, lectura, procesamiento de datos	500	19	0.60	80	-
	Estación de trabajo CAD	500	19	0.60	80	-
	Salas de conferencias y reuniones	500	19	0.60	80	-
	Archivos	200	25	0.40	80	-

Nota: Revise el Anexo 3 Normas Luminarias.

Fuente: Requisitos básicos para iluminación en Oficinas (Ministerio de Vivienda, 2019)

2.4.6. Iluminación en Áreas de Recreación y Deportes

La **Tabla 6** muestra las intensidades de luz recomendados para varios espacios en áreas de recreación y deportes. Estos niveles son esenciales para proporcionar un entorno seguro y confortable, tanto para realizar actividades físicas como para el uso de vestuarios y servicios asociados. Las especificaciones consideran las necesidades visuales y de seguridad de los usuarios, asegurando

que las circunstancias de iluminación sean adecuadas para las acciones recreativas y deportivas ejecutadas en estos espacios.

Tabla 6

Iluminación en Áreas de Recreación y Deportes

8. RECREACION Y DEPORTES						
N° ref.	Tipo de interior, tarea o actividad	Em Lux	UGR	Uo	R	Requisitos específicos
	Salas de uso general	-	-	-	-	-
	Salas para ejercicios físicos	300	22	0.40	80	-
	Vestuarios, salas de lavado, cuartos de baño, servicios	200	25	0.40	80	En cada baño individual si está completamente cerrado

Nota: Revise el Anexo 3 Normas Luminarias.

Fuente: Requisitos mínimos de iluminación en Áreas de Recreación y Deportes (Ministerio de Vivienda, 2019)



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Diseño de investigación

La presente tesis se sitúa en el contexto de una investigación aplicada y de desarrollo, aplicada con el objetivo de abordar la problemática identificada en la Compañía de Bomberos Puno 42 mediante el análisis y de desarrollo porque se diseñó un sistema de protección eléctrica con el fin de resolver un problema específico detectado en la compañía de Bomberos Puno-42 mediante una propuesta de implementación adecuada para abordar la necesidad que se identificó. Esta investigación se sitúa en un nivel descriptivo y exploratorio, porque se describe la situación actual de las instalaciones eléctricas de la compañía y exploratoria porque se propone un nuevo diseño de un sistema de protección eléctrica para resolver los problemas detectados.

3.1.2. Tipo de investigación

Según Hernández et al. (2014), la investigación aplicada se caracteriza por su enfoque práctico y la resolución de problemas concretos en contextos específicos. Asimismo, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014) destacan que la investigación de desarrollo implica la creación e implementación de soluciones innovadoras para satisfacer necesidades identificadas.

3.1.3. Nivel de investigación

En relación con el nivel de investigación, este estudio se define como descriptivo y exploratorio. De acuerdo con Hernández et al. (2014), la investigación descriptiva se centra principalmente en detallar las características de una situación o fenómeno, mientras que la investigación exploratoria busca explorar nuevas posibilidades y generar hipótesis o ideas para investigaciones futuras.

3.1.4. Población y muestra

Población

Según (Sucasaire, 2021) menciona que algunas poblaciones pueden ser infinitas o conceptualmente infinitas, especialmente en estudios experimentales con resultados ilimitados. Sin embargo, en este caso, la población de estudio es cualitativa debido a que es finita y bien definida.

La población de estudio es finita debido a que se puede contar y definir claramente todos los ambientes y áreas dentro de la Compañía de Bomberos Puno 42 y a los sistemas eléctricos asociados en cada espacio. Es por ello que podemos contar y definir específicamente cada componente de la población como se muestra en la **tabla 7**.

Tabla 7

Población finita

Nivel	Ambiente	Instalaciones Eléctricas	Numero
	Sala de máquinas	Tablero general, sistema de iluminación y enchufes	1



Nivel	Ambiente	Instalaciones Eléctricas	Numero
Primer Nivel	Área de prevención	IE	1
	Área de gaveteros 1 y 2	IE	2
	Área de duchas 1 y 2	IE	2
	Baños 1,2 y lavandería	IE	3
	Sala de operaciones	IE	1
	Almacén 1	IE	1
	Almacén 2	IE	1
	Gruta	IE	1
	Entrada lateral	IE	1
	Segundo Nivel	Gimnasio	IE
Administración		IE	1
Comandancia		IE	1
Almacén 3		IE	1
Sanidad		IE	1
Sala de disciplina		IE	1
SS.HH. (Servicios Higiénicos)		IE	1
Cocina comedor		IE	1
Cuadra de varones		IE	1
Cuadra de mujeres		IE	1
Secretaría		IE	1
SS.HH. 2 (Servicios Higiénicos 2)		IE	1
Oficina de departamental		IE	1
Sala de eventos		IE	1
Área de descanso		IE	1
Área de uso común		IE	1
Escaleras 1		IE	1



Nivel	Ambiente	Instalaciones Eléctricas	Numero
	Escaleras 2	IE	1
	Sala de tratamientos	IE	1
TOTAL			33

Fuente: elaboración propia

La población objeto de estudio se encuentra claramente definida y constituida por todos los ambientes de los sistemas eléctricos dentro de la Compañía de Bomberos Puno 42. Dado que la población es finita y bien delimitada, se puede identificar y contar de manera precisa cada componente relevante para el análisis.

La **Tabla 7** detalla exhaustivamente la población de estudio, enumerando los ambientes y las instalaciones eléctricas correspondientes en cada nivel de la compañía. En total, se identifican 33 unidades distribuidas en diversas áreas funcionales y operativas. Esta tabla proporciona una descripción completa de cada ambiente específico y los sistemas eléctricos asociados que integran la población de estudio. Así, la población de 33 unidades representará todas las áreas y sistemas eléctricos que se analizarán en el estudio

Muestra

Dado que la población total está compuesta por 33 unidades, la dimensión de la muestra se ajusta a la población completa. Según (Sampieri Hernández, Fernández Collado, & Baptista, 2014), para poblaciones finitas menores de 50 unidades, no es necesario aplicar fórmulas complejas para establecer la magnitud de la muestra, ya que se considera que toda la población puede ser incluida en el estudio.

En este escenario, al tratarse de una población relativamente pequeña, la muestra coincide con la población completa. Esto garantiza que todos los ambientes y sistemas eléctricos detallados en la Tabla 7 serán evaluados exhaustivamente, proporcionando una representación integral y precisa de los componentes dentro de la Compañía de Bomberos Puno 42.

3.1.5. Ubicación geográfica

Esta tesis se realizó en la Estación de Bomberos Puno 42, ubicada en la ciudad de Puno, Perú. La ciudad está situada a una altitud de aproximadamente 3.827 msnm. Las coordenadas geográficas de la Compañía de Bomberos 42 de Puno son 15.8402 grados de latitud sur y 70.0219 grados de longitud oeste. Esta ubicación particular proporciona un contexto especial para el análisis del sistema eléctrico como resultado de las circunstancias ambientales y climáticas de la zona de gran altitud observadas en la **figura 7**.

Figura 7

Compañía de Bomberos Puno - 42



Fuente: Internet

3.1.6. Periodo de Duración

La investigación se realizó desde enero de 2022 y junio del 2024, con una duración total de 30 meses por ello la **tabla 8** detalla las etapas de la investigación junto con su duración estimada.

Tabla 8

Periodo de Duración de Estudio

Etapas de la investigación	Detalle de las etapas	Duración estimada
Revisión bibliográfica	Realización de una búsqueda exhaustiva de literatura y antecedentes relevantes sobre sistemas de protección eléctrica y su aplicación en estaciones de bomberos.	6 meses
Diseño de la investigación	Definición del enfoque metodológico, diseño experimental, y planificación detallada de las actividades de investigación.	8 meses
Selección y preparación de la muestra	Identificación y preparación de las instalaciones eléctricas específicas dentro de la Compañía de Bomberos Puno 42 que serán analizadas.	2 meses
Recolección de datos cuantitativos y cualitativos	Realización de mediciones y pruebas en las instalaciones eléctricas utilizando instrumentos especializados. Entrevistas y observaciones para obtener información cualitativa.	5 meses
Análisis de datos	Procesamiento y análisis de los datos recopilados para identificar patrones, problemas y posibles soluciones.	6 meses
Redacción y presentación del informe final	Elaboración del informe de investigación, incluyendo la discusión de los hallazgos,	3 meses



Etapa de la investigación	Detalle de las tapas	Duración estimada
	conclusiones y recomendaciones. Preparación para la presentación del informe final.	
TOTAL		30 meses

Fuente: Elaboración Propia

3.1.7. Técnica e Instrumento de Recolección de Datos

3.1.7.1 Técnicas de Investigación

3.1.7.1.1 Técnicas Cuantitativas

Medición de Parámetros Eléctricos, se llevaron a cabo mediciones precisas de diferentes parámetros eléctricos para identificar fallas y deficiencias en el sistema. Esto incluyó la evaluación de la resistencia del sistema de puesta a tierra, el aislamiento del cableado. Las mediciones se realizaron utilizando equipos especializados para garantizar la precisión de los datos.

3.1.7.1.2 Técnicas Cualitativas

Observación Directa, se llevó a cabo una revisión directa de las IE de la Compañía de Bomberos Puno - 42 para identificar problemas visibles y áreas de mejora. Esta técnica permitió observar de primera mano las condiciones de las instalaciones y detectar deficiencias que podrían no ser evidentes en los registros documentales.

Entrevistas, Se realizaron entrevistas con el personal perteneciente a la Compañía de Bomberos Puno - 42 para obtener información



cuantitativa sobre los problemas y desafíos relacionados con el sistema eléctrico. Estas entrevistas fueron estructuradas mediante un cuestionario específicamente diseñado, el cual se fundamentó en las normativas peruanas vigentes para garantizar que la información recopilada fuera pertinente y alineada con los estándares técnicos requeridos. El cuestionario utilizado se basó en las siguientes normativas peruanas.

- NTP 370.264-0:2013 - Cables dañados o desgastados.
- NTP-IEC 60884-2-2:2013 - Conexiones sueltas o mal ajustadas.
- NTP-IEC 60364-4-42:2013 - Sobrecarga en los circuitos.
- NTP-IEC 60364-4-41:2013 - Falta de resguardo contra sobrecorriente.
- NTP-IEC 60364-4-41:2013 - Ausencia de sistema de puesta a tierra.
- NTP-IEC 60364-4-44:2013 - Falta de protección de los conductores.
- NTP-IEC 60332-3-21:2018 - Utilización de materiales no adecuados.
- NTP-IEC 61386-1:2018 - Instalaciones eléctricas expuestas.
- NTP-IEC 60364-7-710:2023 - Ausencia de identificación de circuitos.
- NTP 370.304:2012 - Protección insuficiente contra contactos indirectos.
- NTP-ISO 3864-1:2017 - Ausencia de señalización adecuada.
- NTP-IEC 61010-1:2017 - Equipos eléctricos sin etiquetado adecuado.
- NTP-ISO 21003-2:2024 - Uso de materiales no certificados.



- NTP-IEC 60364-4-42:2013 - No cumplimiento de distancias de seguridad.
- NTP 712.011:2024 - Instalaciones eléctricas expuestas a daños.

3.1.7.1.3 Técnicas Documentales

Revisión de Documentos Técnicos y Normativas, se llevó a cabo un análisis detallado de las normativas vigentes y documentación técnica relacionados con la seguridad eléctrica. Esto incluyó la evaluación de documentos normativos y manuales técnicos para garantizar que el diseño del nuevo sistema satisfaga los requisitos establecidos y las mejores prácticas.

3.1.7.1.4 Técnicas de Diseño

Diseño del Sistema de Protección Eléctrica está basado en la información obtenida y el análisis efectuado, se diseñó un sistema de protección eléctrica que aborda las deficiencias identificadas y mejora la seguridad del personal y la infraestructura. El diseño abarcó la elección de dispositivos de protección apropiados y la organización de su integración en las instalaciones existentes.

3.1.7.2 Instrumentos de Investigación

3.1.7.2.1 Instrumentos Cuantitativos

Telurómetro, empleado para determinar la resistencia de puesta a tierra y analizar la efectividad de los sistemas de aterrizaje existentes.



Multímetro, empleado para medir voltajes, corrientes y resistencias en el sistema eléctrico, permitiendo una evaluación detallada del estado de los componentes eléctricos.

3.1.7.2.2 Instrumentos Cualitativos

Guías de Entrevista, documentos estructurados realizados en base al análisis de a la compañía de bomberos y en comparación con las Normativas Peruanas utilizados para formular preguntas durante las entrevistas con el personal de la compañía, asegurando que se cubran todos los aspectos relevantes del sistema eléctrico.

Grabadoras, fueron empleadas para capturar las entrevistas con precisión, facilitándome el análisis posterior de las respuestas y comentarios del personal.

3.1.7.2.3 Instrumentos Documentales

Documentos Normativos, incluyen las normativas técnicas (NTP, IEC) y manuales que establecen los requisitos para la seguridad y protección eléctrica en el Perú.

Registros de Mantenimiento, documentos que me proporcionaron información sobre las intervenciones previas en el sistema eléctrico y el historial de problemas.

3.1.7.2.4 Instrumentos de Diseño

Herramientas de Diseño Eléctrico, software de simulación y diseño, AutoCAD y Dialux, utilizados para desarrollar la estructura del sistema de protección eléctrica y planificar su implementación.

3.2. ANÁLISIS REALIZADO EN LA COMPAÑÍA DE BOMBEROS PUNO 42

Para el análisis y diseño de un sistema de protección eléctrica adecuado enfocado en la compañía de bomberos Puno 42 se realizó varios procesos, iniciando con la solicitud de autorización de trabajo y recolección de datos, análisis visual de la compañía de bomberos (revisión), análisis de la puesta a tierra, entrevistas con bomberos (resultados y discusiones) identificación de riesgos (una tabla)

3.2.1. Autorización y Recolección de Datos

Inicialmente, Se realizó un encuentro con el comandante de la compañía de bomberos para solicitar la autorización necesaria y facilitar la obtención de los documentos pertinentes para el inicio del proyecto. Durante esta reunión, se explicó el propósito del estudio y se discutieron los procedimientos que se iban a llevar a cabo. El comandante otorgó la autorización formal, permitiendo así el acceso a las instalaciones y a la información requerida para la recopilación de información.

Luego, se llevó a cabo la recolección de datos mediante varias etapas:

Revisión visual de las instalaciones: Se realizó una inspección visual exhaustiva de cada ambiente dentro de la compañía de bomberos para identificar posibles riesgos eléctricos y analizar el estado general de las instalaciones.



Mediciones de sistemas eléctricos: Realicé mediciones de los sistemas eléctricos presentes en las instalaciones para evaluar su conformidad con los estándares de seguridad.

Medición de la puesta a tierra: Efectué mediciones de la puesta a tierra en puntos críticos de la instalación para asegurar que satisficieran los estándares de seguridad eléctrica.

Entrevistas con los bomberos: Se llevaron a cabo entrevistas estructuradas con el equipo de trabajo de la compañía para recolectar datos acerca de su experiencia y observaciones relacionadas con el sistema eléctrico.

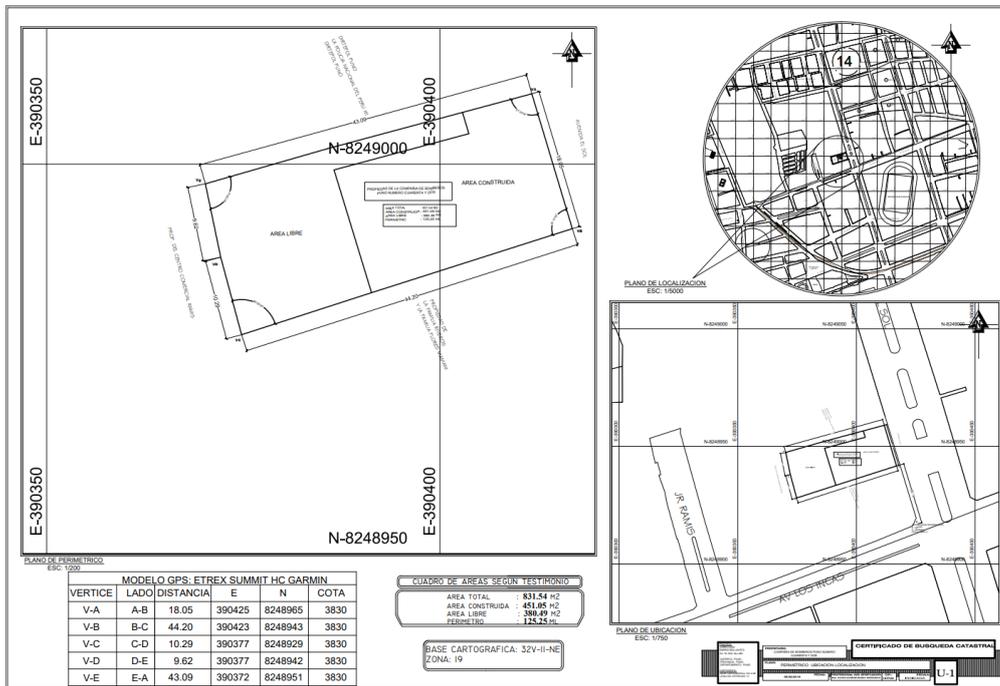
Cada una de estas etapas fue documentada detalladamente, y los datos recolectados se utilizaron para realizar un análisis exhaustivo de las condiciones eléctricas de la compañía de bomberos.

3.2.1.1 Plano Perimétrico y Plano de Ubicación

Se obtuvo el plano perimétrico y el plano de ubicación de la compañía de bomberos de Puno. Este es el único plano con el que cuenta la compañía Puno 42. En este plano, se detalla el perímetro total del terreno, las áreas libres y las áreas construidas, así como la ubicación de la compañía en la región de Puno. La **Figura 8** muestra este plano en detalle, ofreciendo una perspectiva clara de la organización espacial de las instalaciones de la empresa.

Figura 8

Plano perimétrico y plano de ubicación



Fuente: Compañía de bomberos Puno – 42

3.2.2. Evaluación Técnica del Estado Actual por Ambiente de la Compañía de Bomberos

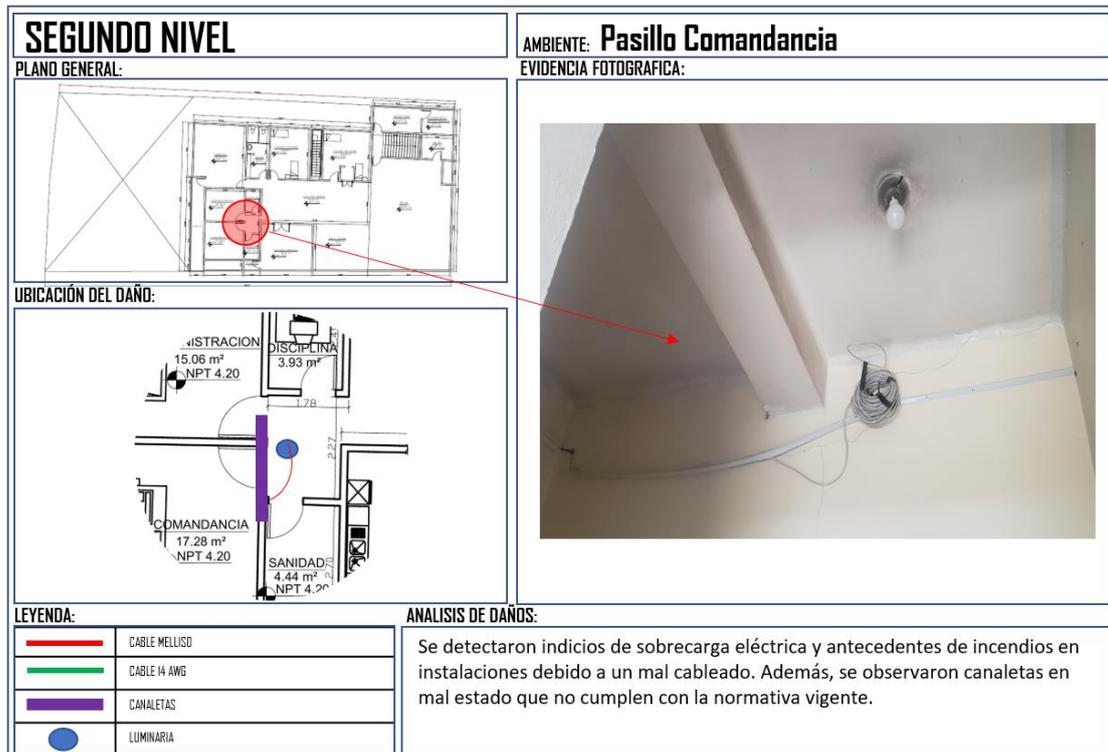
Posterior a la autorización por parte del comandante departamental y recolección de datos se pasó a la revisión del estado actual de la compañía de bomberos Puno-42 donde se reflejó el estado real en el que se encuentra.

En la **figura 9** se observa el incumplimiento de la Norma de Instalaciones Eléctricas IEC 60364, se determinan las especificaciones para el tipo de cableado y la colocación de luminarias. Las instalaciones de luminarias deben utilizar cables de tipo N°12 AWG para circuitos de iluminación y garantizar que las

canaletas sean de material no combustible, estén en buen estado y cumplan con la capacidad de carga y protección mecánica adecuada. (IEC, 2013)

Figura 9

Evaluación técnica pasillo comandancia

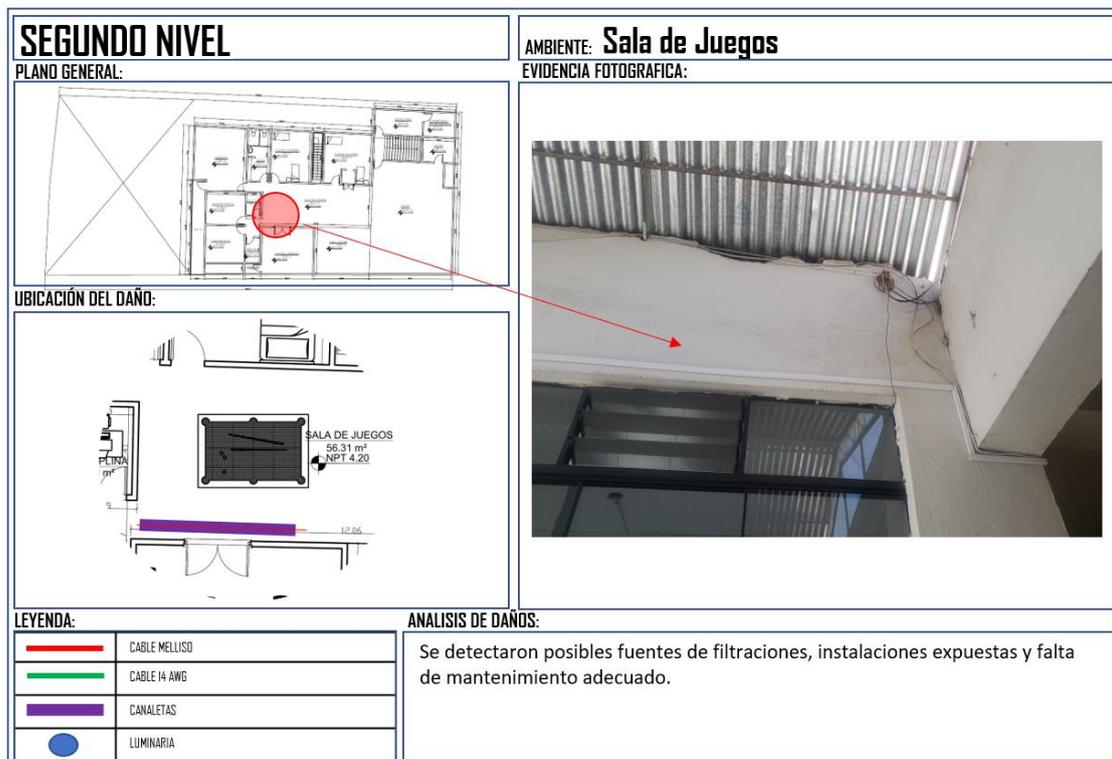


Fuente: Elaboración propia

En la **figura 10** se puede ver la falta de cumplimiento con la Norma de Instalaciones Eléctricas NM.IEC 60364, las instalaciones eléctricas deben estar protegidas contra la humedad y otros factores ambientales que puedan comprometer su integridad. Las fuentes de filtraciones deben ser identificadas y corregidas para prevenir daños a las instalaciones eléctricas. Las instalaciones expuestas deben ser adecuadamente encapsuladas o canalizadas para adherirse a las normativas de seguridad y protección. (IEC, 2013)

Figura 10

Evaluación técnica Sala de Juegos



Fuente: Elaboración Propia

En la **Figura 11** se observa el incumplimiento de la Norma de Instalaciones Eléctricas IEC 60364, que determina los criterios técnicos para la instalación segura de sistemas eléctricos en edificaciones. En particular, se hace referencia a los siguientes estándares específicos:

- IEC 60364-4-41: Requisitos para la protección contra descargas eléctricas, que aseguran que todas las instalaciones eléctricas cuenten con mecanismos adecuados para salvaguardar a las personas del peligro de electrocución.

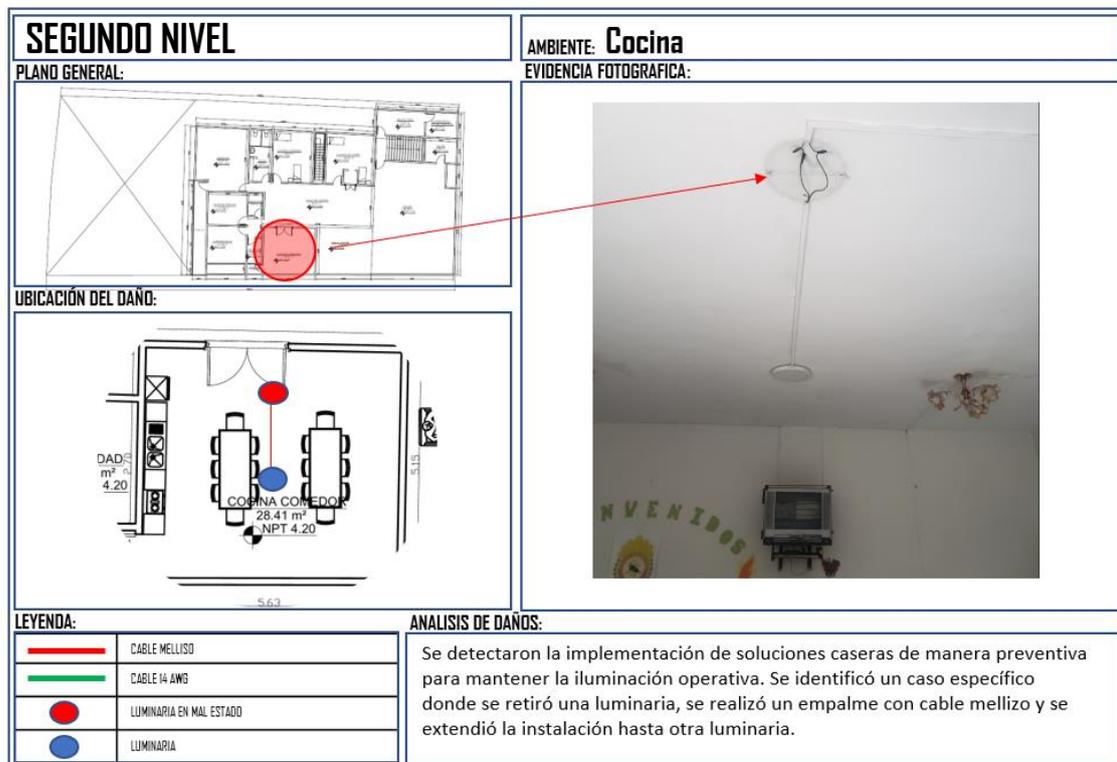


- IEC 60364-4-42: Normas para la protección contra sobrecorrientes, que incluyen la necesidad de dispositivos de protección para evitar riesgos asociados con sobrecargas y cortocircuitos.
- IEC 60364-4-44: Requisitos para salvaguardar a los conductores, detallando las formas en que deben ser instalados y resguardados para prevenir daños mecánicos y térmicos.
- IEC 60364-5-52: Orientaciones para la planificación y realización de instalaciones eléctricas en edificaciones, asegurando que las modificaciones y reparaciones se realicen de acuerdo con especificaciones técnicas rigurosas.

Las intervenciones eléctricas deben cumplir con estos estándares de seguridad rigurosos para asegurar la solidez de la instalación reduciendo la probabilidad de fallo y accidentes. Es esencial que todas las modificaciones y reparaciones se realicen de acuerdo con estas especificaciones técnicas y bajo la supervisión de personal calificado. (IEC, 2013)

Figura 11

Evaluación técnica Cocina



Fuente: Elaboración Propia

Según la Normativa Peruana EM.010 los sistemas eléctricos deben ser diseñados y ejecutados de manera que se eviten sobrecargas y se asegure una distribución equitativa de la carga entre los circuitos disponibles. Los puertos de corriente deben estar correctamente dimensionados y configurados según estas normativas para asegurar una operación segura y eficaz. (Ministerio de Vivienda, 2019).

En la **Tabla 9** se presentan las dimensiones mínimas y configuraciones que establecen las normativas para instalaciones eléctricas en edificaciones.



Tabla 9

Dimensionamiento y configuración estándar

Aspecto	Recomendación/Valor Mínimo
Dimensionamiento de Conductores	
- Iluminación	2.5 mm² mínimo
- Tomacorrientes	4 mm² para aplicaciones críticas
- Caída de Tensión	5% para distribución, 3% para iluminación
Configuración de Circuitos	
- Iluminación	Máximo 10 A por circuito
- Tomacorrientes	Máximo 16 A por circuito, hasta 20 A en áreas críticas
Protección contra Sobrecargas	
- Interruptores Automáticos	10 A a 16 A para iluminación, 16 A a 20 A para tomacorrientes
- Protección contra Cortocircuitos	Capacidad de interrupción mayor que la corriente de cortocircuito anticipada
Conexiones y Puertos de Corriente	

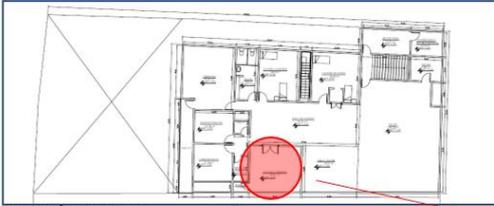
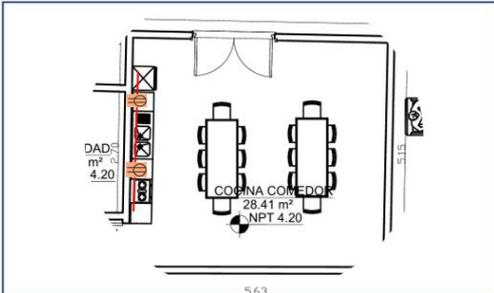
Aspecto	Recomendación/Valor Mínimo
- Enchufes/Tomacorrientes	Capaces de manejar 16 A a 32 A
- Caja de Empalmes	Tamaño adecuado para conductores y accesorios

Fuente: Elaboración propia

Podemos notar que esta regulación no se está siguiendo en las instalaciones eléctricas, tal como se ilustra en la **figura 12**.

Figura 12

Evaluación técnica Cocina – Sobrecarga

SEGUNDO NIVEL		AMBIENTE: Cocina								
PLANO GENERAL: 	EVIDENCIA FOTOGRAFICA: 									
UBICACIÓN DEL DAÑO: 	ANÁLISIS DE DAÑOS: <p>Se observó la instalación de varios equipos de alto consumo eléctrico conectados únicamente a dos puertos de corriente, lo cual podría provocar sobrecargas en los circuitos eléctricos y dañar los equipos. Además, se identificó que estos puertos no cumplen con ninguna normativa establecida.</p>									
LEYENDA: <table border="1"> <tr> <td></td> <td>CABLE MELLISDO</td> </tr> <tr> <td></td> <td>CABLE 14 AWG</td> </tr> <tr> <td></td> <td>TOMACORRIENTE</td> </tr> <tr> <td></td> <td>LUMINARIA</td> </tr> </table>		CABLE MELLISDO		CABLE 14 AWG		TOMACORRIENTE		LUMINARIA		
	CABLE MELLISDO									
	CABLE 14 AWG									
	TOMACORRIENTE									
	LUMINARIA									

Fuente: Elaboración Propia

Según la NTP EM 0.10 se establecen los criterios para el diseño seguro de las instalaciones eléctricas en cualquier tipo de construcción, incluyendo tanto las



residenciales como las comerciales. Estos criterios abarcan el dimensionamiento de conductores, que deben tener un tamaño mínimo de 2.5 mm² para iluminación y 4 mm² para tomacorrientes en situaciones críticas, así como la configuración de circuitos, con un máximo de 10 A por circuito para iluminación y hasta 20 A para tomacorrientes en áreas críticas. Es fundamental que las instalaciones cumplan con estas regulaciones son esenciales para asegurar la seguridad eléctrica y su correcto funcionamiento (El Peruano, 2019), también consideramos que las normativas para la iluminación de interiores, según las recomendaciones del RNE, establecen que los sistemas de iluminación tienen que proporcionar niveles adecuados de luz, que para una sala de estar deberían ser de al menos 150 a 300 lux, asegurando así una iluminación confortable para las actividades cotidianas. La eficiencia energética también debe ser óptima, utilizando luminarias de bajo consumo y distribución uniforme de la luz para maximizar la efectividad y reducir el consumo energético. (El Peruano, 2019), por lo tanto, en la **figura 13** se observa el incumplimiento de estas normativas lo que compromete tanto la seguridad eléctrica, como la efectividad de la iluminación.

Figura 13

Evaluación técnica Sala de Estar

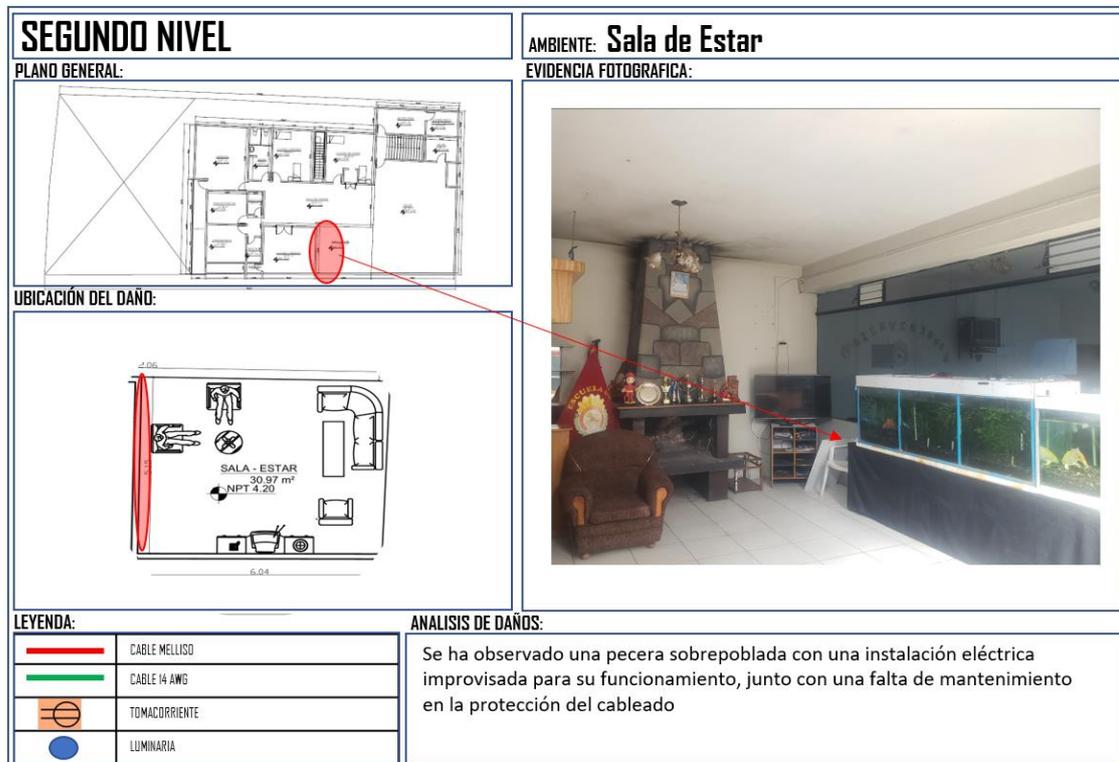


Fuente: Elaboración Propia

En la **figura 14** se evidencia el incumplimiento del Código Nacional de Electricidad en lo referente a las instalaciones eléctricas en piscinas y fuentes. Estas instalaciones deben adherirse a normas estrictas para asegurar la seguridad tanto de las personas como de los equipos. Es esencial en cualquier instalación eléctrica, incluida la utilizada para equipos como peceras, sea diseñada y mantenida de acuerdo con estas normativas para prevenir riesgos eléctricos y asegurar un funcionamiento seguro. (Ministerio de Energía y Minas, 2006)

Figura 14

Evaluación técnica Sala de Estar - Pecera



Fuente: Elaboración Propia

La **figura 15** muestra en incumplimiento de la normativa CNE y EM.010 en la sala de juegos, donde toda instalación eléctrica debe cumplir con requisitos específicos para asegurar la protección de las personas y los equipos. Las observaciones revelan que los conductores empleados presentan secciones por debajo de las mínimas sugeridas: 2.5 mm² para los circuitos de iluminación y 4 mm² para los tomacorrientes, lo que puede resultar en sobrecalentamientos y aumentar el riesgo de incendios. El incumplimiento de estas normativas puede resultar en riesgos eléctricos significativos y una eficiencia energética reducida debido a prácticas no estándar y falta de supervisión adecuada. (El Peruano, 2019)

Figura 15

Evaluación técnica Sala de Juegos



Fuente: Elaboración Propia

A continuación, para la **figura 16** se ha detectado una sobrecarga en el circuito de iluminación eléctrica, manifestada por luz parpadeante, calentamiento de cables y disparo prematuro de dispositivos e interruptores. Esto sugiere un incumplimiento de varias normativas peruanas, incluyendo la NTP 370.264-0:2013, que estipula que los conductores destinados a la iluminación deben tener una sección mínima de 2.5 mm² para prevenir sobrecalentamientos; la NTP-IEC 60364-4-42:2013, que establece que las instalaciones deben prevenir sobrecargas mediante una correcta distribución de carga; y la NTP-IEC 60364-4-41:2013, que requiere el uso de interruptores automáticos con capacidad adecuada para proteger los circuitos contra sobrecorrientes, típicamente de 10 A a 16 A para iluminación. Estos problemas evidencian la necesidad de revisar y ajustar la instalación

eléctrica para cumplir con estos requisitos normativos y garantizar tanto la protección como la eficacia del sistema eléctrico. (El Peruano, 2016)

Figura 16

Evaluación técnica Salon de eventos



Fuente: Elaboración Propia

En dicha **figura 17** muestra la posibilidad del incumplimiento de las normativas peruanas pertinentes, como la NTP EM.010 la cual establece criterios técnicos esenciales necesarias en la instalación adecuada de luminarias. Estos criterios incluyen que las luminarias deben proporcionar una iluminación uniforme y suficiente para evitar áreas oscuras, con niveles mínimos de iluminancia de 300 lux para áreas de trabajo y de 150 lux para áreas de circulación en edificaciones normales y en el salón de eventos de una compañía de bomberos. Además, se requiere que la distribución de la iluminación sea tal que minimice deslumbramientos y sombras, y que las luminarias sean instaladas con una

separación adecuada para asegurar una cobertura efectiva. Estas medidas aseguran que las construcciones se adhieran a normas de seguridad y funcionamiento eficiente en términos de iluminación. (El Peruano, 2019)

Figura 17

Evaluación técnica Salon de eventos - Interior

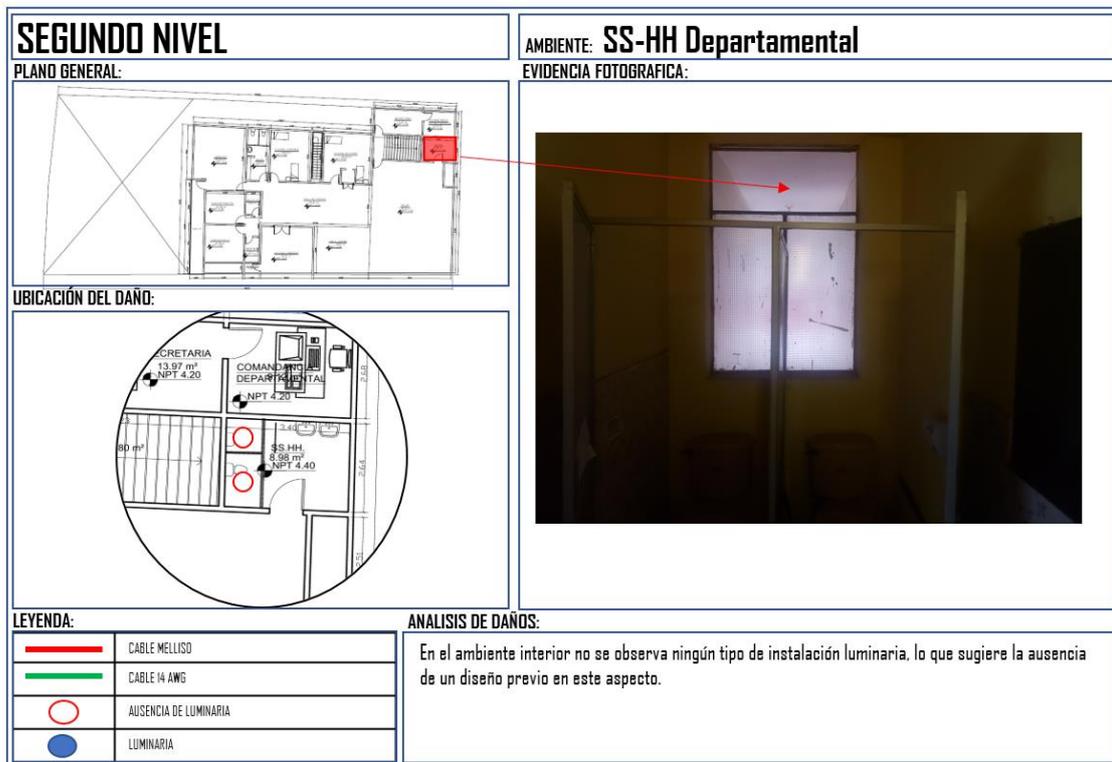


Fuente: Elaboración Propia

Para la **figura 18** se observa el mismo problema de la **figura 17**, indica un posible incumplimiento de las normativas peruanas pertinentes, como la Norma Técnica Peruana EM.010 la cual determina los lineamientos técnicos fundamentales para la correcta instalación de luminarias.

Figura 18

Evaluación técnica SS-HH Departamental

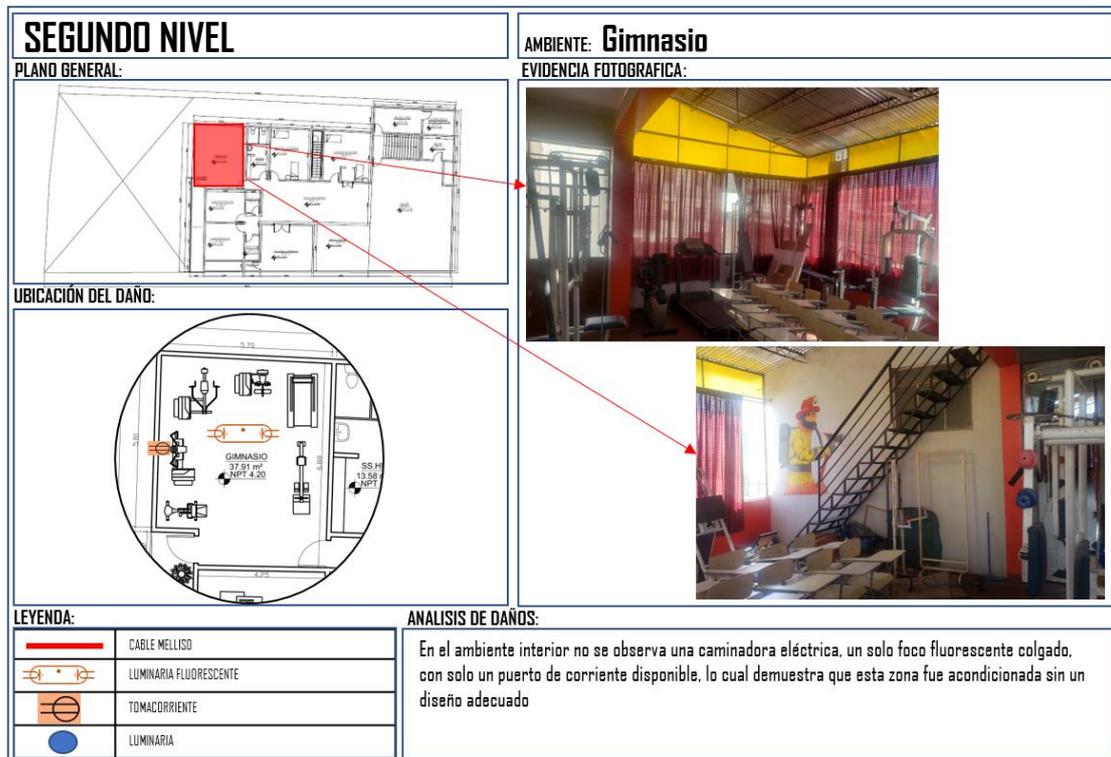


Fuente: Elaboración Propia

En la **figura 19** se nota un posible incumplimiento de las normativas peruanas relevantes, como la Norma Técnica Peruana NTP 370.264-0:2013, establece que los conductores deben tener una sección mínima de 4 mm² para manejar la carga de dispositivos de alto consumo, como las caminadoras. Además, la NTP-IEC 60364-4-42:2013 exige que los cables estén dimensionados para evitar sobrecalentamiento, y la NTP-IEC 60364-4-41:2013 requiere una protección adecuada contra sobrecorrientes, lo que implica el uso de interruptores automáticos correctamente dimensionados. Por lo tanto, es esencial contar con puertos de corriente adecuados, capaces de manejar al menos 20 A, para satisfacer los criterios de seguridad y eficiencia para el ambiente denominado gimnasio. (INDECOPI, 2002)

Figura 19

Evaluación técnica Gimnasio

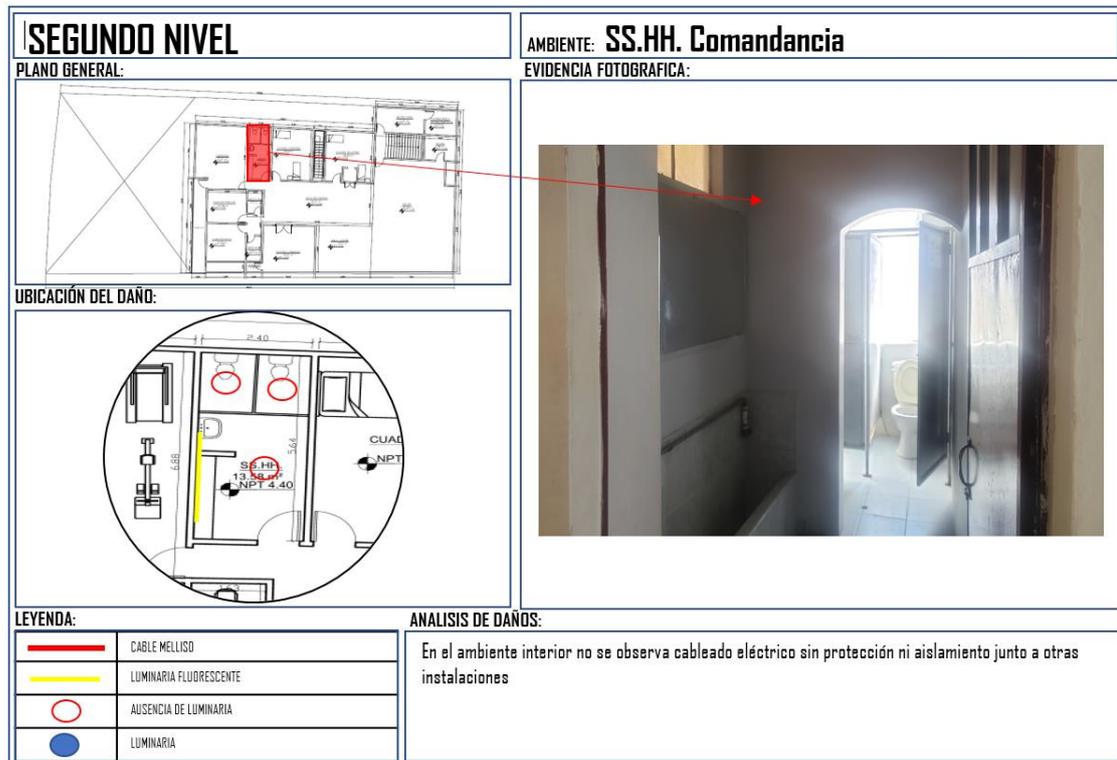


Fuente: Elaboración Propia

La presente **figura 20** apreciamos un posible incumplimiento de la Norma Técnica Peruana NTP 370.011 que establece la necesidad de proteger y aislar adecuadamente el cableado eléctrico para prevenir riesgos de cortocircuitos, incendios y otros peligros.

Figura 20

Evaluación técnica SS.HH. Comandancia



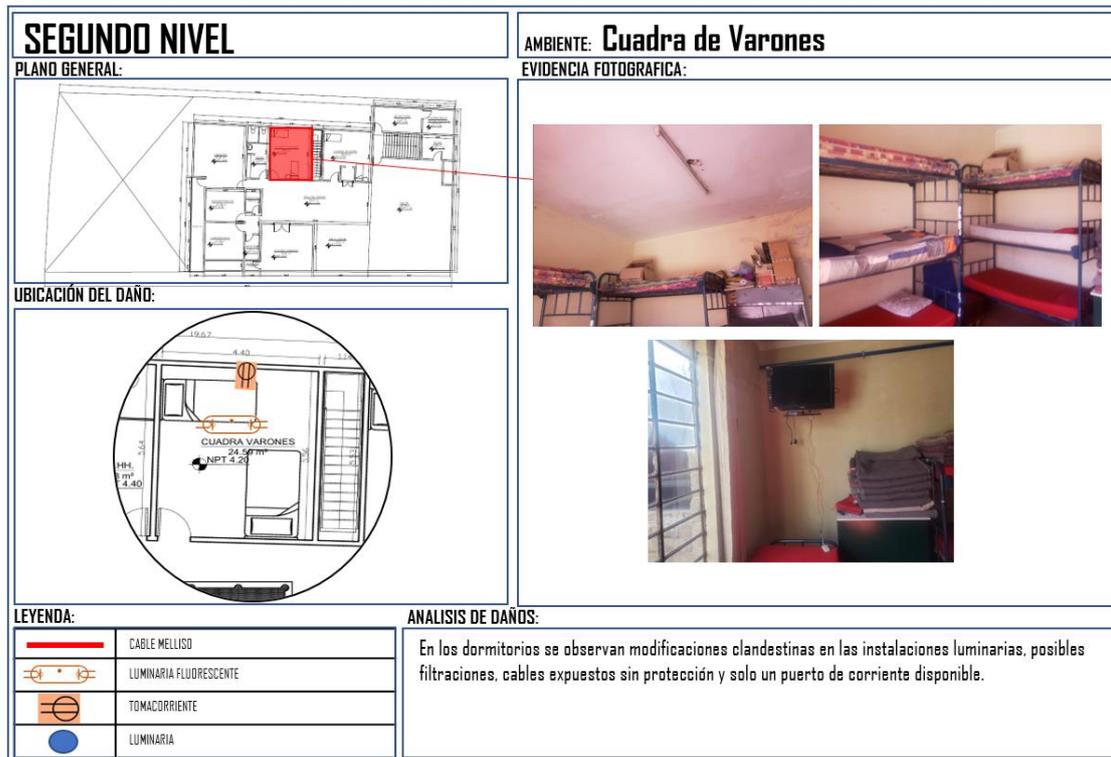
Fuente: Elaboración Propia

La **figura 21** sugiere el incumplimiento de normativas peruanas, como la NTP 370.011, que nos dice que los cableados eléctricos deben estar protegido con tuberías de protección y utilizar interruptores automáticos de 16 A para circuitos de iluminación y de 20 A para tomacorrientes, además de asegurar un número suficiente de puertos de corriente para evitar sobrecargas. La Norma Técnica Peruana NTP 370.410 requiere que las instalaciones eléctricas en dormitorios, como en una cuadra de varones con aproximadamente 6 camas, se ajusten a las normativas de seguridad especificados, que contemplan la implementación de dispositivos de protección diferencial (DPD) con un nivel máxima de sensibilidad de 30 mA para prevenir riesgos de electrocución, así como el cumplimiento de las

especificaciones de aislamiento y puesta a tierra para evitar fallos eléctricos. Esto garantiza un entorno seguro y libre de riesgos eléctricos.

Figura 21

Evaluación técnica Cuadra de Varones



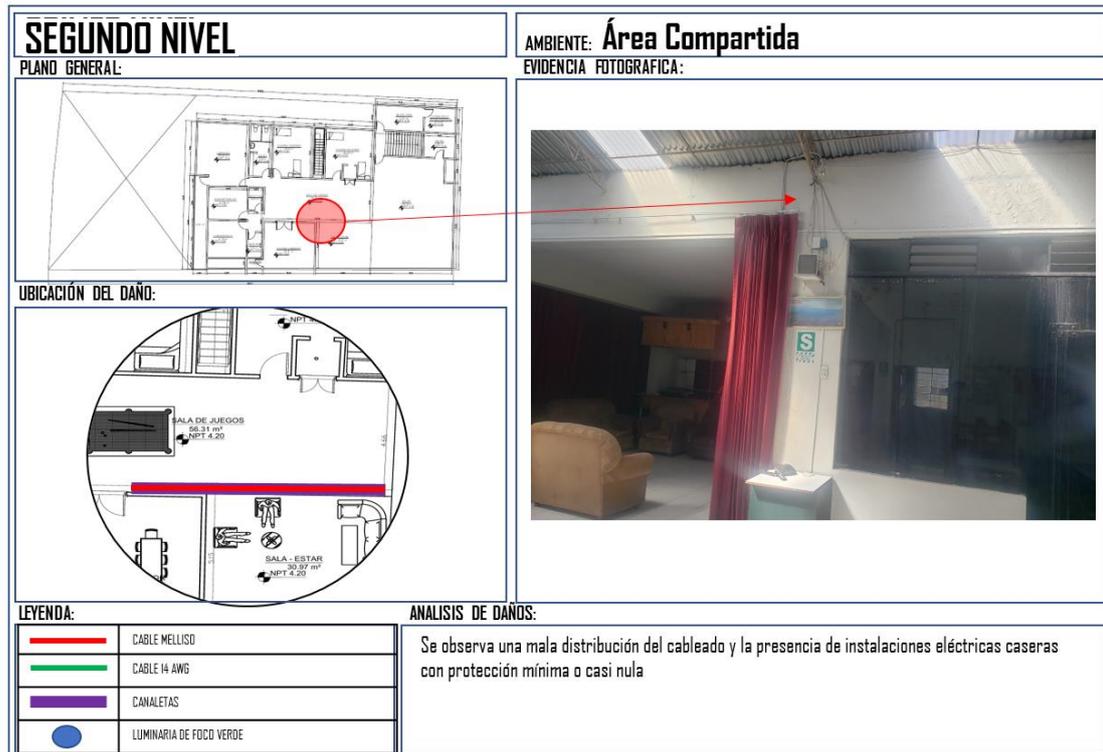
Fuente: Elaboración Propia

Observamos que la **figura 22** se identifica una falta de la Norma Técnica Peruana NTP, que establece que la distribución adecuada del cableado eléctrico debe incluir la instalación de conductores en canalizaciones apropiadas, como tuberías de PVC o metálicas, y utilizar protecciones adecuadas como interruptores automáticos de 16 A para circuitos de iluminación y de 20 A para tomacorrientes, además de asegurarse de que el cableado esté debidamente aislado y protegido contra el sobrecalentamiento. La Norma Técnica Peruana también exige el cumplimiento de la normativa como la NTP 370.411, que requiere la implementación de dispositivos de protección diferencial (DPD) con un máximo

de 30 mA para prevenir riesgos de electrocución y asegurar una puesta a tierra adecuada y evitar fallos eléctricos por posibles incendios. (Ministerio de Energía y Minas, 2006)

Figura 22

Evaluación técnica Área Compartida

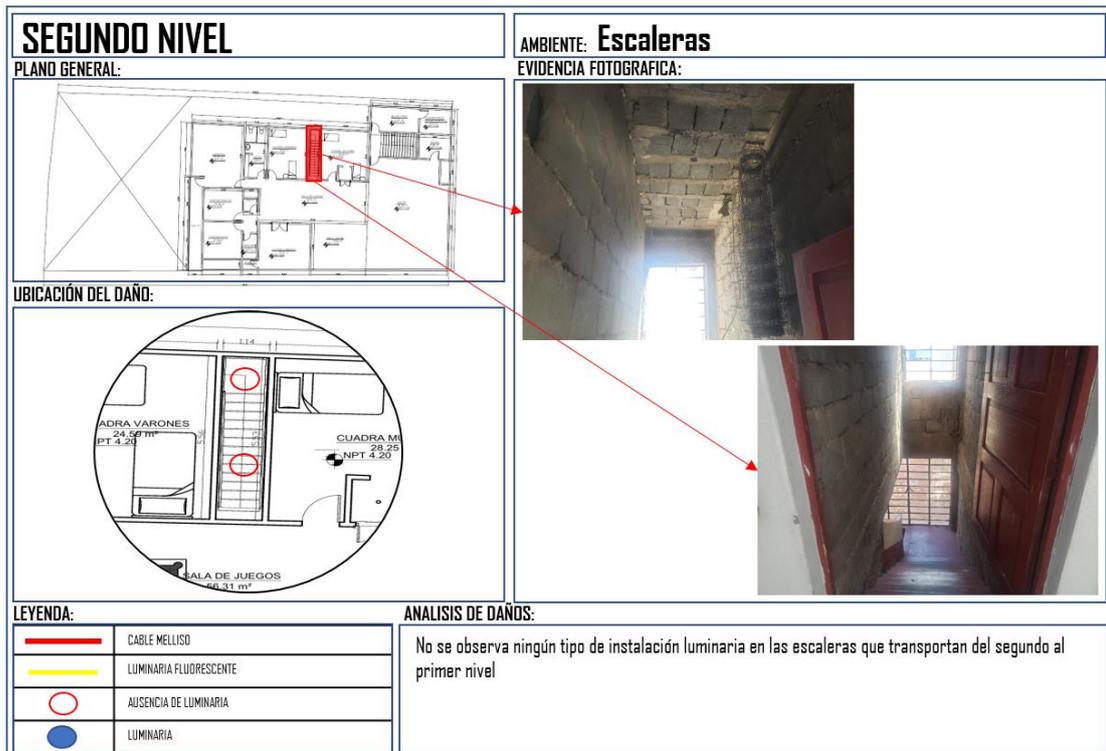


Fuente: Elaboración Propia

Un incumplimiento de las normativas peruanas se observa en la **figura 23**, donde se establece la necesidad de una iluminación adecuada, con una intensidad mínima de 100 lux en áreas de circulación y 200 lux en escaleras, para garantizar la seguridad de las personas. Además, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) requiere que todas las edificaciones cuenten con un diseño e instalación de luminarias que aseguren una iluminación suficiente en zonas de tránsito, a fin de prevenir accidentes y garantizar la seguridad. (RNE, 2006)

Figura 23

Evaluación técnica Escaleras



Fuente: Elaboración Propia

Se observa un posible incumplimiento de la Norma Técnica Peruana NTP en la **figura 24**, la cual establece la necesidad de una iluminación adecuada, con una intensidad mínima de 150 lux en las áreas de circulación y 200 lux en las escaleras de entrada, para garantizar la seguridad de las personas. Además, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) exige que todas las edificaciones cuenten con un diseño e instalación de luminarias que aseguren una iluminación suficiente mediante una correcta distribución de las luminarias y el uso de lámparas con el flujo luminoso adecuado, a fin de prevenir accidentes y garantizar la seguridad. (RNE, 2006)

Figura 24

Evaluación técnica Escaleras de entrada



Fuente: Elaboración Propia

Un incumplimiento de la Norma Técnica Peruana NTP, que establece la necesidad de proteger adecuadamente los equipos electrónicos mediante el uso de dispositivos de protección como fusibles, interruptores automáticos y sistemas de puesta a tierra efectivos para evitar daños por sobrecargas o cortocircuitos, se observa en la **figura 25**. Además, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) exige que todas las edificaciones cuenten con instalaciones eléctricas en buen estado y debidamente protegidas, lo que incluye el uso de cableado con aislamiento adecuado y sistemas de protección contra sobrecorrientes, para prevenir riesgos eléctricos y garantizar la seguridad operativa.

Figura 25

Evaluación técnica Área de prevención

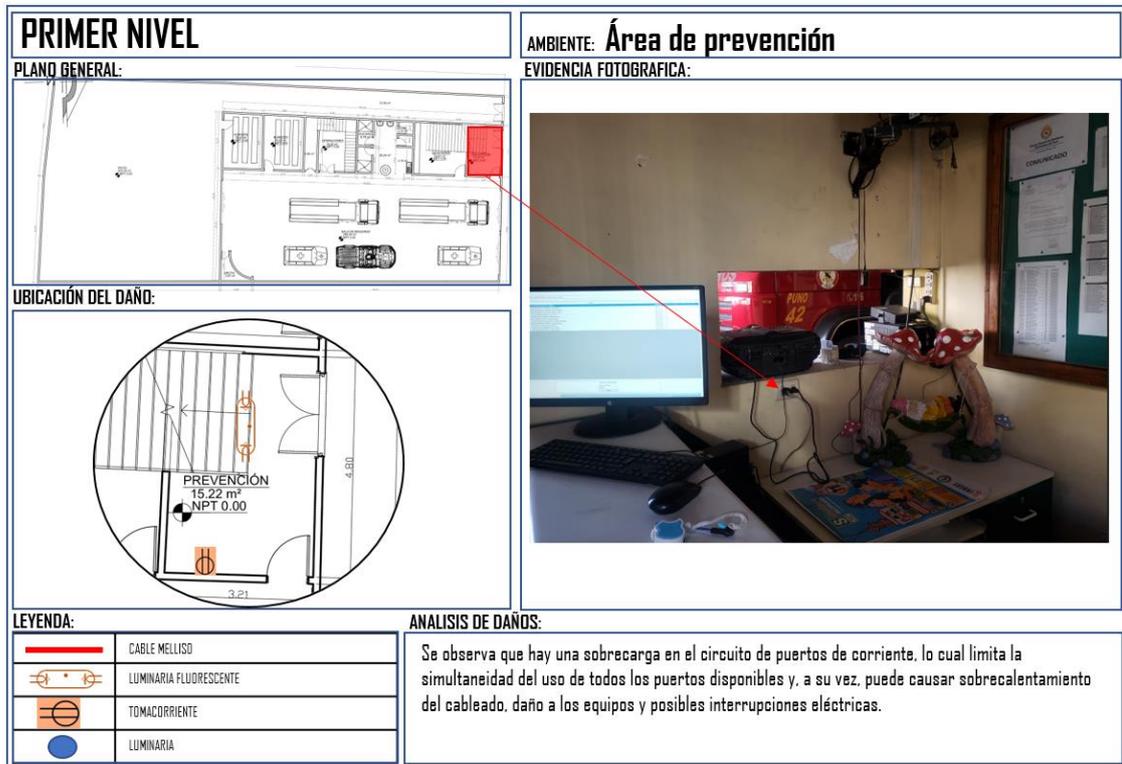


Fuente: Elaboración Propia.

Se indica en la **figura 26** un posible incumplimiento de las normativas peruanas, como la Norma Técnica Peruana NTP 370.410, que establece la necesidad de dimensionar adecuadamente los circuitos eléctricos para evitar sobrecargas. Esta norma especifica que los circuitos de iluminación deben diseñarse para soportar una carga máxima de 10 A, mientras que los circuitos de tomacorrientes deben permitir hasta 16 A en aplicaciones generales. Además, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) exige que todas las instalaciones eléctricas sean diseñadas y mantenidas para garantizar la seguridad y eficiencia operativa, previniendo riesgos de sobrecalentamiento y asegurando la integridad de los equipos conectados.

Figura 26

Evaluación técnica Area de prevencion – Radio

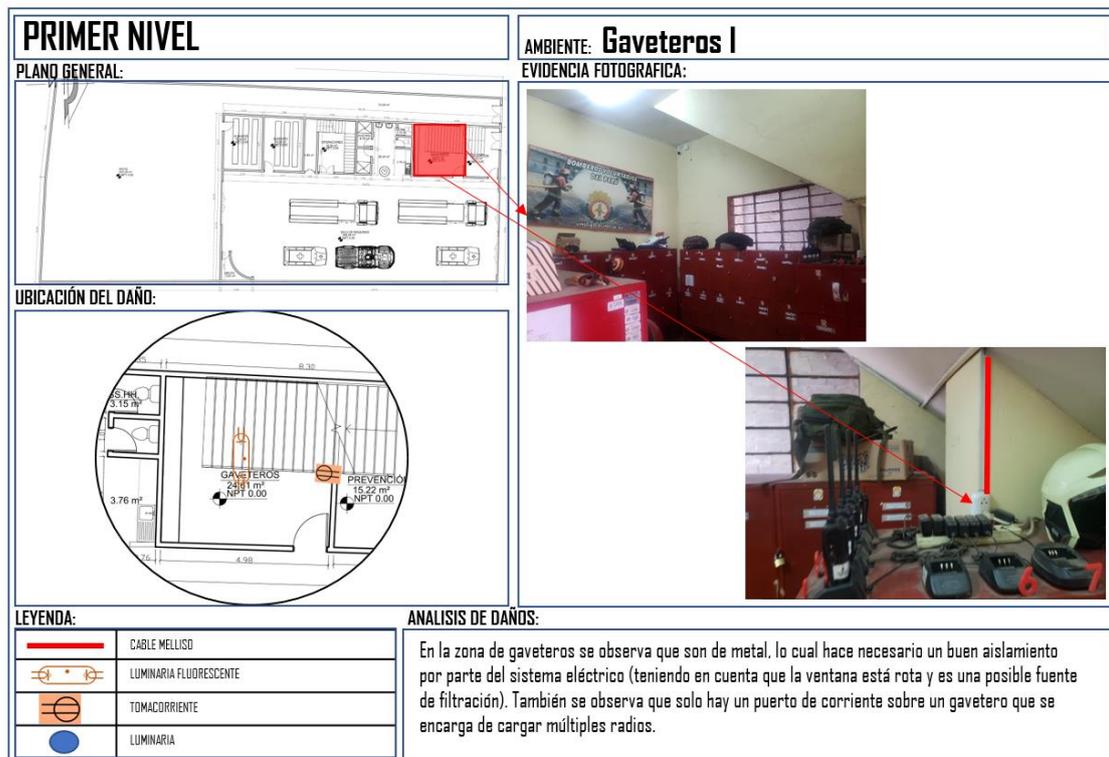


Fuente: Elaboración Propia

Un posible incumplimiento de las normativas peruanas se indica en la **figura 27**, incluyendo la NTP 370.410, que establece la necesidad de proteger adecuadamente las instalaciones eléctricas. Esto implica asegurar que el cableado esté resguardado con conduits o canaletas adecuadas y utilizar cubiertas a prueba de agua y polvo en áreas con riesgo de contacto con superficies metálicas y fuentes de filtración. Además, el RNE exige que todas las instalaciones eléctricas cuenten con al menos un puerto de corriente por cada 10 metros cuadrados en áreas de oficinas. De acuerdo con el CNE, se debe conectar a tierra todas las superficies metálicas y garantizar una correcta instalación en ambientes con riesgos de filtración.

Figura 27

Evaluación técnica Gaveteros I



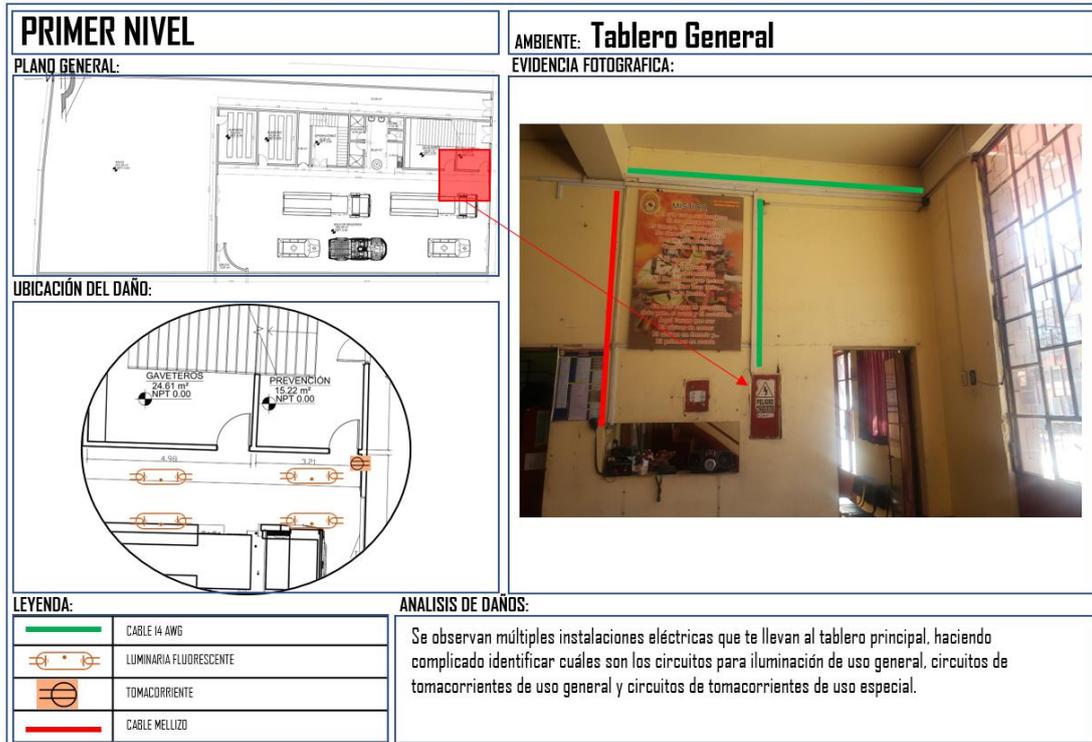
Fuente: Elaboración Propia

En la **figura 28** se señala un posible incumplimiento de las normativas peruanas, como la Norma Técnica Peruana NTP 370.410, que exige una organización y etiquetado adecuado de los circuitos eléctricos, asegurando que cada circuito esté claramente etiquetado con su propósito específico, como "iluminación", "tomacorrientes de uso general" o "tomacorrientes de uso especial", y que los paneles de control y tableros eléctricos contengan diagramas y etiquetas claras para facilitar el mantenimiento y la seguridad operativa. Además, el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y el Código Nacional de Electricidad (CNE) requieren que los circuitos para iluminación, tomacorrientes de uso general y tomacorrientes de uso especial estén claramente

identificados y separados para evitar confusiones y facilitar las reparaciones y el mantenimiento.

Figura 28

Evaluación técnica Tablero General



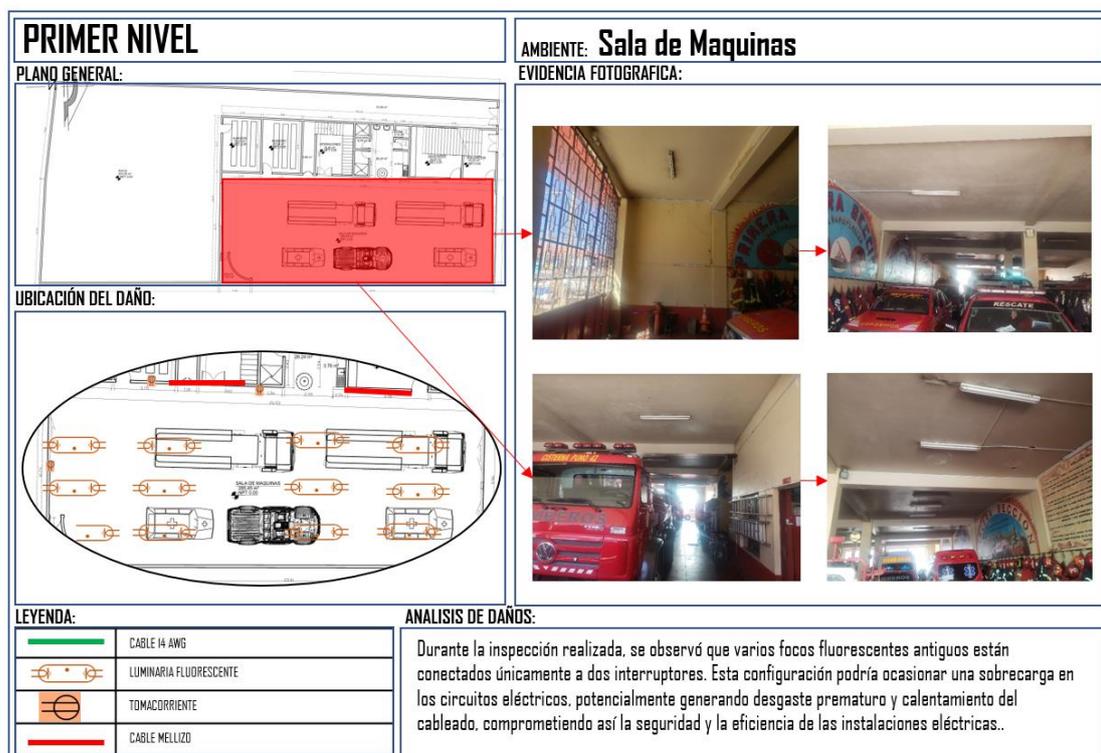
Fuente: Elaboración Propia

Este análisis revela que la disposición contraviene normativas técnicas, como la Norma Técnica Peruana NTP 370.410, que especifica que los circuitos eléctricos deben dimensionarse adecuadamente para evitar sobrecargas, con una carga máxima recomendada que no debe exceder el 80% de la capacidad nominal del circuito para garantizar la seguridad y evitar daños al sistema, como se muestra en la **figura 29**. Además, los focos fluorescentes antiguos no cumplen con los estándares actuales de eficiencia energética y seguridad, como lo estipula la NTP 370.015, que exige el uso de luminarias de alta eficiencia y bajo consumo para reducir el impacto ambiental y mejorar la seguridad. Conforme al Reglamento

Nacional de Edificaciones (RNE), se deben seguir disposiciones técnicas específicas como la correcta identificación y separación de circuitos para iluminación y tomacorrientes, y la implementación de protecciones adecuadas contra sobrecargas y cortocircuitos, para asegurar tanto la seguridad estructural como la funcionalidad eficiente de las instalaciones eléctricas en los edificios.

Figura 29

Evaluación técnica Sala de Maquinas



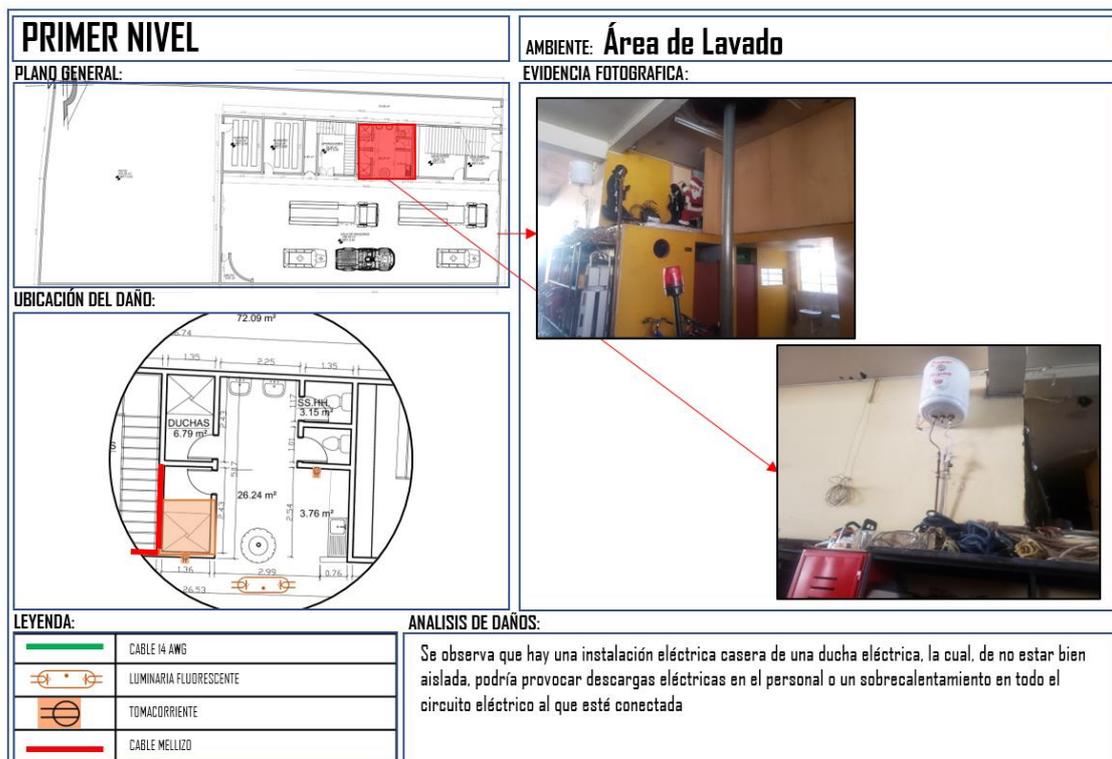
Fuente: Elaboración Propia

El análisis realizado en la **figura 30** revela que esta instalación infringe normativas técnicas que requieren que todas las instalaciones eléctricas, especialmente en zonas húmedas como los baños, estén debidamente aisladas y protegidas contra descargas eléctricas. Esto se debe a la necesidad de utilizar cables y dispositivos con una clasificación IP (Ingress Protection) mínima de IP44, lo que asegura resistencia a la entrada de agua y sólidos. Además, las duchas

eléctricas deben adherirse a estándares de seguridad específicos, como los establecidos en la Norma Técnica Peruana NTP 370.012, que requieren que estos dispositivos estén equipados con mecanismos de protección contra sobrecalentamientos, como termostatos y disyuntores térmicos, para prevenir riesgos de incendio y asegurar el funcionamiento seguro del circuito eléctrico. Según el RNE, es crucial implementar normativas técnicas adecuadas como la correcta implementación de dispositivos de protección diferencial y el uso de cajas de conexión y enchufes con protección adecuada para evitar riesgos eléctricos, garantizando así la seguridad estructural y funcional de las edificaciones en áreas críticas.

Figura 30

Evaluación técnica Area de lavado



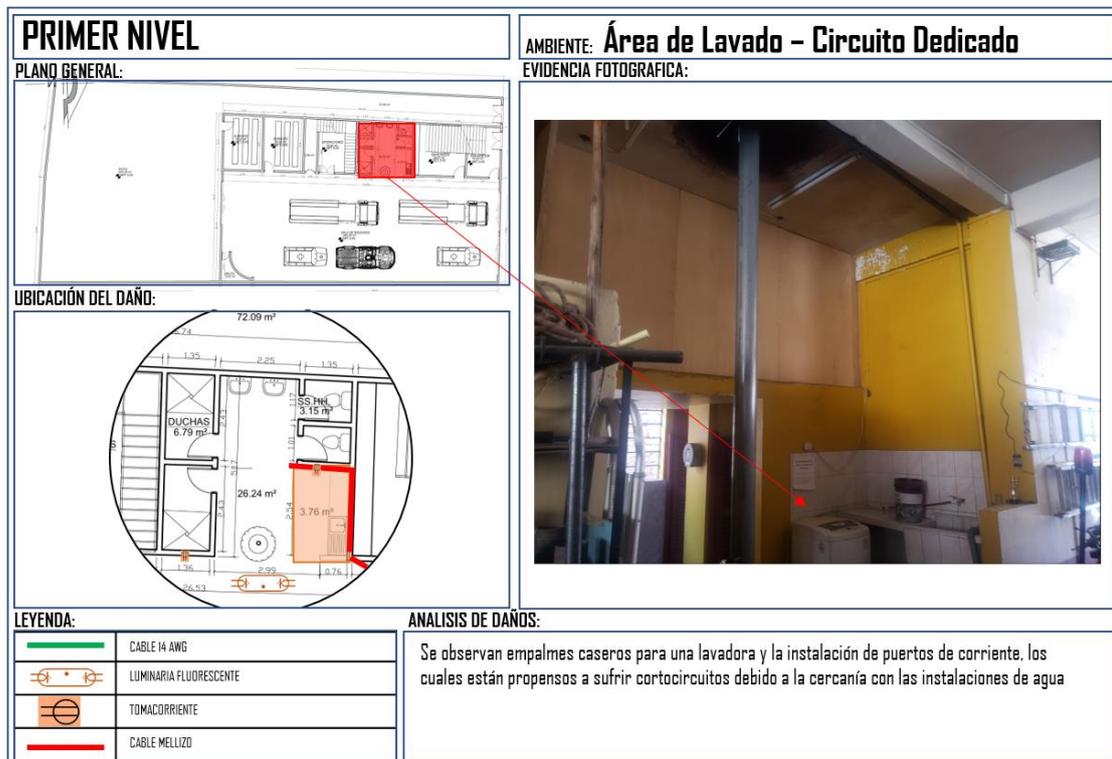
Fuente: Elaboración Propia



El análisis correspondiente a la figura 31 indica que la instalación no se ajusta a las normativas técnicas, que requieren la utilización de materiales y métodos apropiados, como cables con aislamiento resistente a la humedad (clasificación IP65 o superior) y conexiones encapsuladas en cajas estancas, para garantizar conexiones eléctricas seguras. La cercanía de los puertos de corriente a las instalaciones de agua aumenta la probabilidad de cortocircuitos, daños a equipos e incendios. Según el RNE y las Normas de Seguridad para Instalaciones Eléctricas en Edificaciones, los elementos eléctricos deben mantenerse a una separación mínima de 1.5 metros de fuentes de agua para evitar la exposición directa a la humedad. Además, deben estar protegidos contra la humedad mediante el uso de dispositivos de protección IP 65 o superior para evitar la entrada de agua y sólidos. Es importante resaltar la importancia de la correcta instalación y aislamiento de los sistemas eléctricos en áreas húmedas, asegurando que las conexiones y equipos eléctricos estén debidamente protegidos y separados de cualquier fuente de agua.

Figura 31

Evaluación técnica Área de lavado – Circuito dedicado



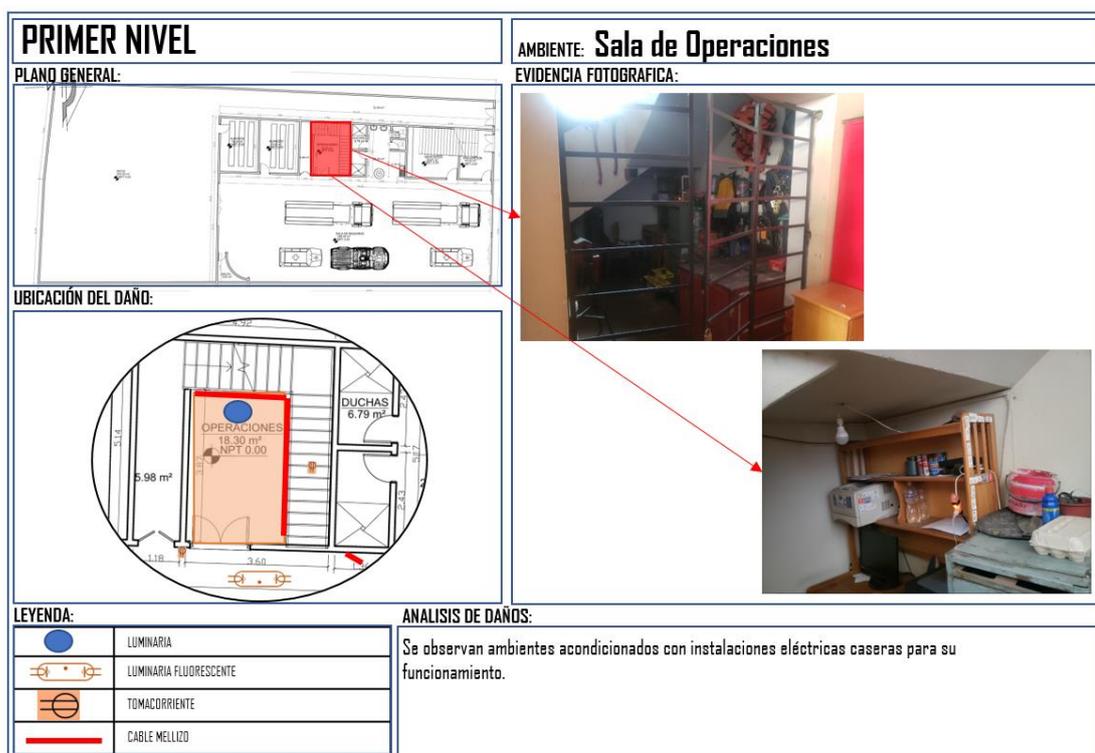
Fuente: Elaboración Propia

Se hace evidente en la **figura 32** que esta disposición viola las normativas técnicas que exigen que todas las instalaciones eléctricas en edificaciones sean realizadas conforme a estándares de seguridad y calidad, como el uso de materiales certificados que cumplan con las normativas NTP y la implementación de técnicas de instalación profesional. Las instalaciones eléctricas caseras, al no cumplir con estos estándares, presentan un riesgo significativo de fallos eléctricos, cortocircuitos y posibles incendios. Según el RNE y la Normativa Técnica Peruana sobre Instalaciones Eléctricas de Interiores, es crucial que todas las instalaciones eléctricas sean diseñadas y ejecutadas por personal calificado y utilizando materiales certificados que garanticen la integridad y seguridad del sistema. La correcta instalación incluye la conexión adecuada de cables y

dispositivos, el uso de protecciones como interruptores automáticos y disyuntores, y La adherencia a las especificaciones técnicas para el cableado correspondiente a los componentes eléctricos. Además, se enfatiza la necesidad de garantizar nuestra seguridad y funcionalidad mediante el mantenimiento regular, que deberá contemplar revisiones regulares.

Figura 32

Evaluación técnica Sala de Operaciones



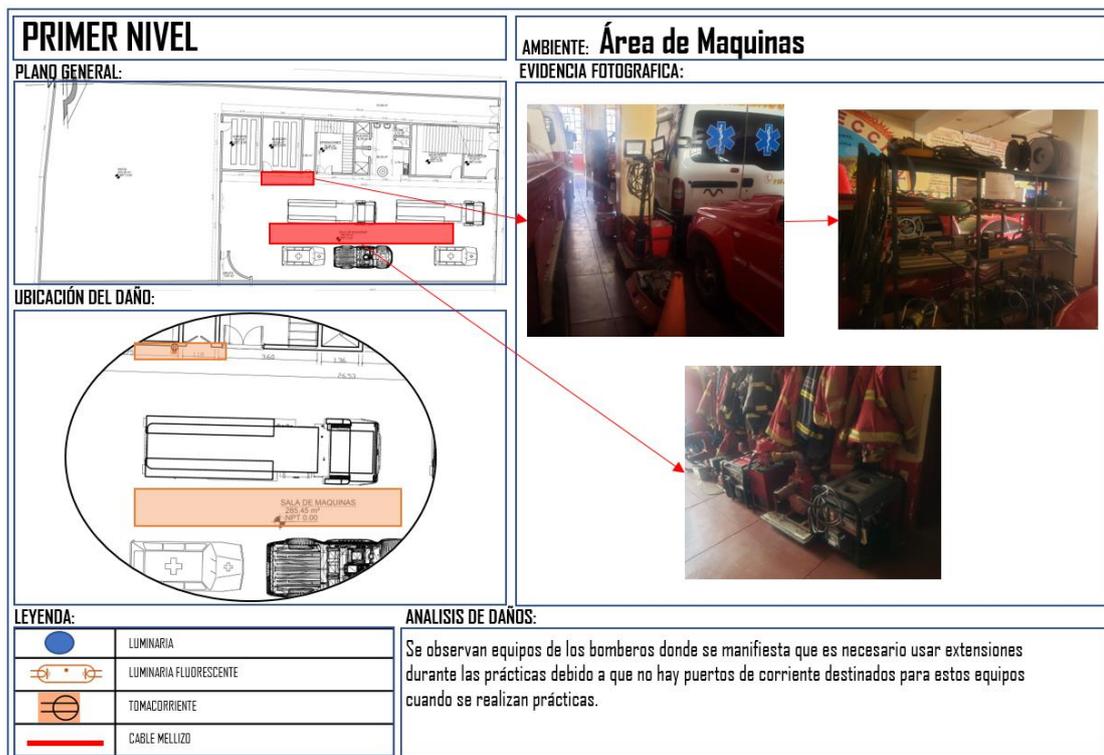
Fuente: Elaboración Propia

Según el análisis de la instalación en la **figura 33**, se observa que no cumple con normativas técnicas que requieren puertos adecuados y suficientes para equipos eléctricos en ambientes como los de los bomberos. El uso de extensiones eléctricas implica riesgos de sobrecarga y cortocircuitos, dificultando operaciones y poniendo en peligro la seguridad. Según el Reglamento Nacional

de Edificaciones (RNE), es crucial que las instalaciones se diseñen para satisfacer las necesidades de emergencia, con un mínimo de puntos de conexión adecuados de 1 por cada 10 m² en áreas de entrenamiento, para asegurar operaciones seguras. Los puertos adecuados deben ser instalados de acuerdo con la carga eléctrica prevista y deben cumplir con las especificaciones de capacidad y seguridad para evitar riesgos de sobrecarga y garantizar el funcionamiento continuo y seguro de los equipos.

Figura 33

Evaluación técnica Área de Maquinas



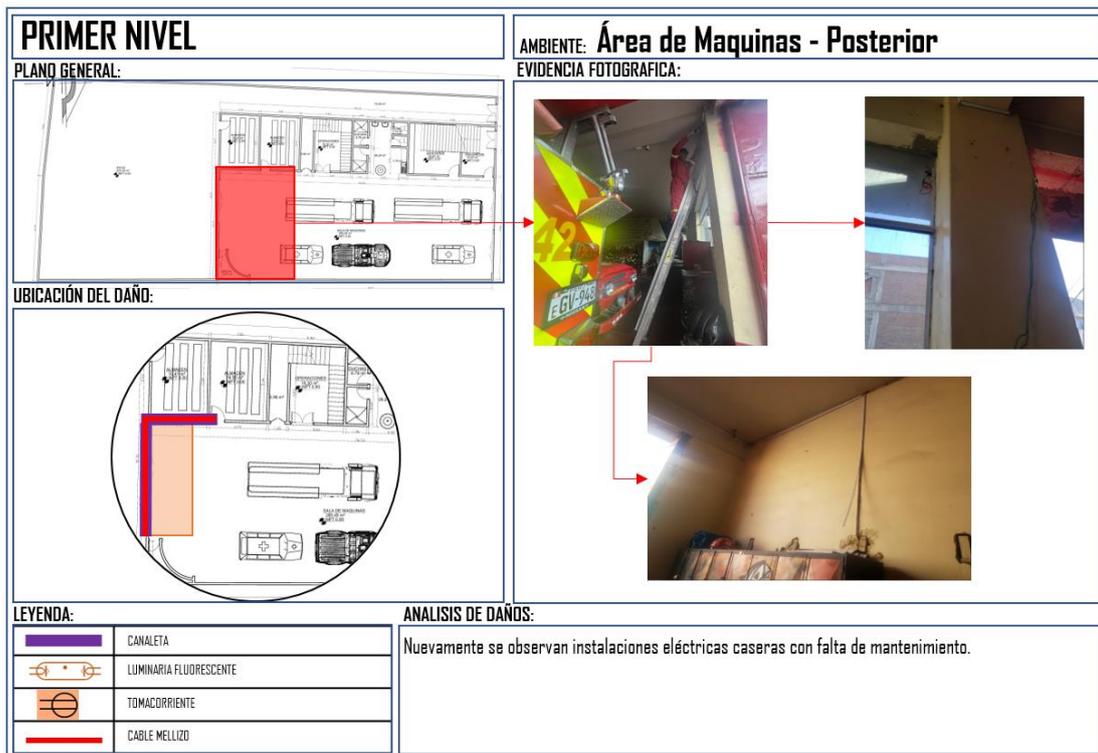
Fuente: Elaboración Propia

Según el análisis en la **figura 34**, estas instalaciones no cumplen normativas técnicas que exigen normas de seguridad y calidad para todas las instalaciones eléctricas. Las instalaciones caseras y el mantenimiento deficiente aumentan el riesgo de fallos y

cortocircuitos, poniendo en riesgo la seguridad. Las Normas Técnicas Peruanas sobre Instalaciones Eléctricas establecen que los estándares de seguridad incluyen el uso de materiales certificados, la correcta instalación realizada por personal calificado, y la implementación de técnicas adecuadas para evitar sobrecargas y cortocircuitos. El RNE refuerza la necesidad del cumplimiento de los estándares, exigiendo que las instalaciones sean revisadas y mantenidas periódicamente para asegurar operaciones seguras y eficientes.

Figura 34

Evaluación técnica Área de Maquinas – Posterior



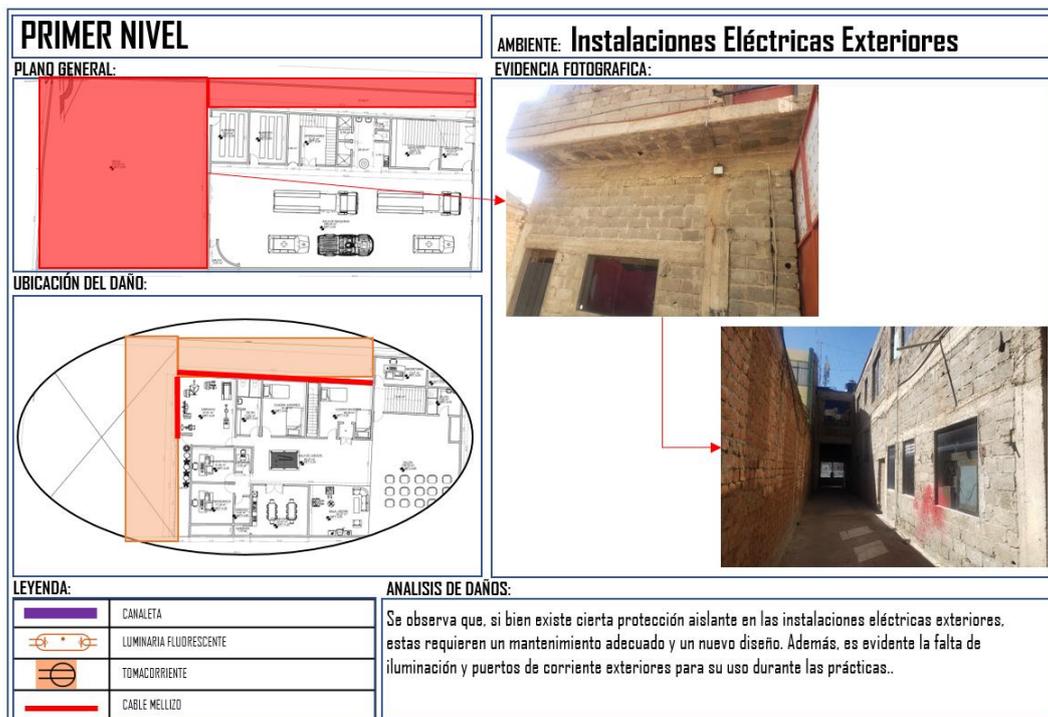
Fuente: Elaboración Propia

El análisis de la **figura 35** revela que estas instalaciones eléctricas exteriores necesitan ser mejoradas conforme a normativas técnicas que garantizan la seguridad y funcionalidad en entornos exteriores. La falta de mantenimiento adecuado y la ausencia de iluminación y puertos de corriente para prácticas

representan riesgos significativos de seguridad, como posibles cortocircuitos, descargas eléctricas y accidentes debido a la falta de visibilidad. Según el RNE y las NTP pertinentes, es fundamental diseñar y mantener las instalaciones eléctricas exteriores utilizando materiales adecuados, como cables resistentes a la intemperie y equipos certificados, y realizar un mantenimiento regular para asegurar su operación segura y eficiente. Es crucial implementar una iluminación adecuada con luminarias que tengan al menos una clasificación IP65 para soportar condiciones climáticas adversas y proporcionar una iluminancia de al menos 300 a 500 lux en áreas críticas. Además, se deben instalar suficientes puntos de conexión eléctrica distribuidos para evitar el uso de cables de extensión peligrosos, garantizando que los enchufes sean accesibles y seguros durante las prácticas y operaciones.

Figura 35

Evaluación técnica Exteriores



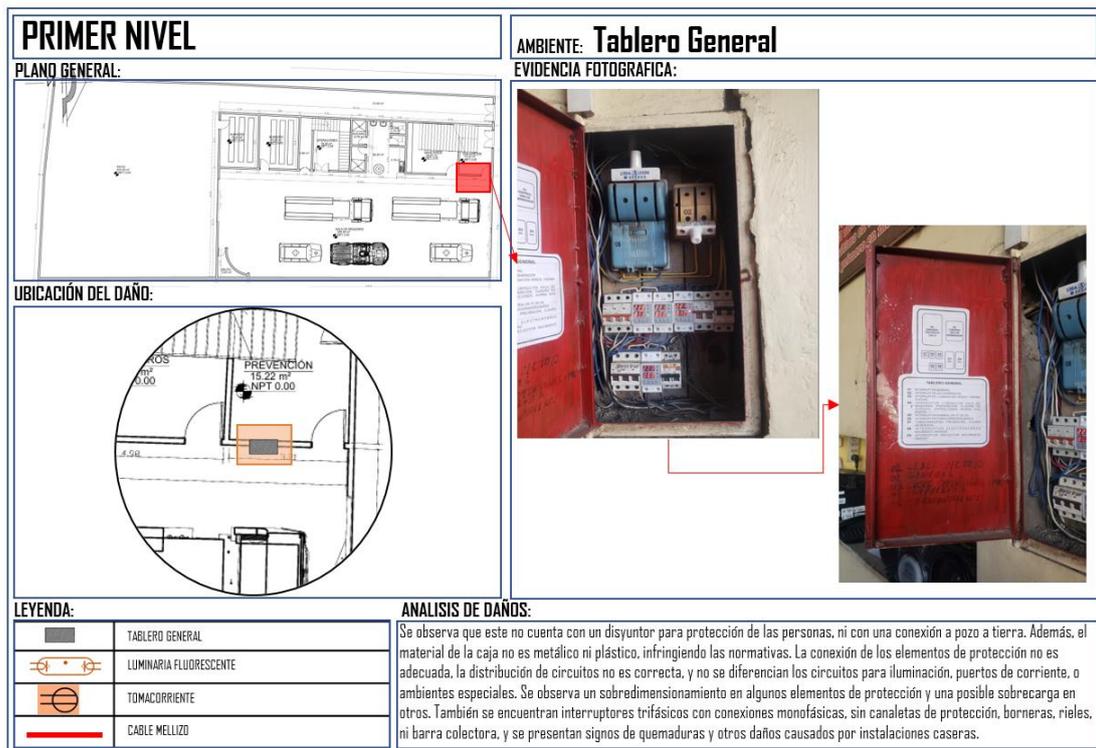
Fuente: Elaboración Propia



En la **figura 36**, el análisis revela múltiples deficiencias en el tablero general que contravienen diversas normativas técnicas de seguridad eléctrica. La falta de un disyuntor compromete la protección de las personas, mientras que la ausencia de conexión de un pozo a tierra inapropiado aumenta la probabilidad de descargas eléctricas. Además, el uso de materiales inadecuados en la caja y la incorrecta conexión de los elementos incumplen con la normativa de calidad y seguridad. La incorrecta distribución de circuitos y la falta de diferenciación entre ellos impactan la eficacia operativa y la seguridad del sistema eléctrico. Cuando existe sobredimensionamiento acompañado de sobrecarga elementos de protección, junto con la presencia de interruptores trifásicos utilizados incorrectamente y la falta de canaletas, borneras, rieles y barra colectora, representan serios riesgos de cortocircuitos y fallos eléctricos. Según el RNE y las Normativas Peruanas sobre Instalaciones Eléctricas (NTP), es crucial que los tableros eléctricos se diseñen, instalen y mantengan conforme a las normativas para garantizar un funcionamiento seguro y eficaz. La presencia con signos de quemaduras y otros daños indica un historial de instalaciones caseras deficientes que deben ser corregidas de inmediato.

Figura 36

Evaluación técnica Tablero General



Fuente: Elaboración Propia

3.3. DIAGNOSTICO DE DEFICIENCIAS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y ESTÁNDARES MÍNIMOS DE CUMPLIMIENTO

Para asegurar que las instalaciones eléctricas de la compañía de bomberos Puno 42 satisfagan los requisitos de seguridad y funcionalidad establecidos, se ha desarrollado un cuestionario basado en las normativas técnicas peruanas vigentes. Este cuestionario se aplica a cada ambiente de la compañía, apoyando la evaluación técnica previamente realizada. Es fundamental señalar que, dado que el cuestionario se basa en normativas peruanas como el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), el Código Nacional de Electricidad (CNE) y las normas de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), no fue preciso realizar una validación externa. Estas normativas ya determinan los estándares mínimos requeridos que deben cumplir las instalaciones, por lo que el

cuestionario está diseñado para verificar su cumplimiento sin requerir certificaciones adicionales. **Tabla 10** especifica los problemas detectados junto con las normativas correspondientes, lo que asegura una evaluación integral de las condiciones eléctricas en cada ambiente. (revisar **Anexo 1**).

Tabla 10

Tabla de verificación de estándares mínimos para el cumplimiento de las normas de instalaciones eléctricas en edificaciones en Perú

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO		
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA		
ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA PARA LA COMPAÑÍA DE BOMBEROS PUNO 42 DEL CUERPO GENERAL DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL PERÚ			
POR:		AMBIENTE:	
Problemas identificados en el sistema eléctrico de la compañía de bomberos Puno 42			
N°	Problema	¿Presente?	Normativa
1	Cables dañados o desgastados		NTP 370.264-0:2013 - Los cables deben tener materiales de aislamiento adecuados y estar en buen estado para garantizar la seguridad.
2	Conexiones sueltas o mal ajustadas		NTP-IEC 60884-2-2:2013 - Las conexiones deben ser seguras y bien ajustadas para evitar fallos eléctricos y cortocircuitos.



3	Sobrecarga en los circuitos		NTP-IEC 60364-4-42:2013 - Las instalaciones deben diseñarse para evitar sobrecargas, que pueden causar incendios y otros riesgos.
4	Falta de protección contra sobrecorriente		NTP-IEC 60364-4-41:2013 - Requiere dispositivos de protección contra sobrecorriente para prevenir daños en equipos y riesgos de incendio.
5	Ausencia de sistema de puesta a tierra		NTP-IEC 60364-4-41:2013 - Obligatorio contar con un sistema de puesta a tierra para proteger contra descargas eléctricas.
6	Falta de protección de los conductores		NTP-IEC 60364-4-44:2013 - Especifica requisitos para la protección de los conductores contra daños mecánicos y térmicos.
7	Utilización de materiales no adecuados		NTP-IEC 60332-3-21:2018 - Establece requisitos para cables con baja emisión de humos y gases corrosivos en caso de incendio.
8	Instalaciones eléctricas expuestas		NTP-IEC 61386-1:2018 - Especifica requisitos para tubos y canalizaciones eléctricas utilizados en instalaciones expuestas.
9	Ausencia de identificación de circuitos		NTP-IEC 60364-7-710:2023 - Requiere la identificación clara de circuitos en instalaciones especiales como locales médicos.



10	Protección insuficiente contra contactos indirectos		NTP 370.304:2012 (revisada el 2017) - Normativa específica para verificar protecciones eléctricas en edificaciones para viviendas.
11	Cables dañados o desgastados		NTP 370.264-0:2013 - Requiere que los cables tengan materiales de aislamiento adecuados y estén en buen estado.
12	Conexiones sueltas o mal ajustadas		NTP-IEC 60884-2-2:2013 - Enfatiza la necesidad de conexiones seguras y bien ajustadas para evitar fallos eléctricos.
13	Sobrecarga en los circuitos		NTP-IEC 60364-4-42:2013 - Establece que las instalaciones deben diseñarse para evitar sobrecargas que causen riesgos.
14	Falta de protección contra sobrecorriente		NTP-IEC 60364-4-41:2013 - Requiere dispositivos de protección para prevenir daños por sobrecorriente y riesgos de incendio.
15	Ausencia de sistema de puesta a tierra		NTP-IEC 60364-4-41:2013 - Obligatorio contar con sistema de puesta a tierra para proteger contra descargas eléctricas.
16	Ausencia de señalización adecuada		NTP-ISO 3864-1:2017 - Establece los principios para el diseño de señales de seguridad.
17	Equipos eléctricos sin etiquetado adecuado		NTP-IEC 61010-1:2017 - Normativa para la seguridad de equipos



			eléctricos de medición, control y laboratorio.
18	Uso de materiales no certificados		NTP-ISO 21003-2:2024 - Especifica requisitos para la certificación de cables eléctricos.
19	No cumplimiento de distancias de seguridad		NTP-IEC 60364-4-42:2013 - Establece distancias de seguridad para prevenir riesgos eléctricos.
20	Instalaciones eléctricas expuestas a daños		NTP 712.011:2024 - Especifica requisitos para la protección física de instalaciones eléctricas.

Nota. Revise el Anexo 1 (Revisión por ambientes)

Fuente: Elaboración Propia

3.4. EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PUESTA A TIERRA

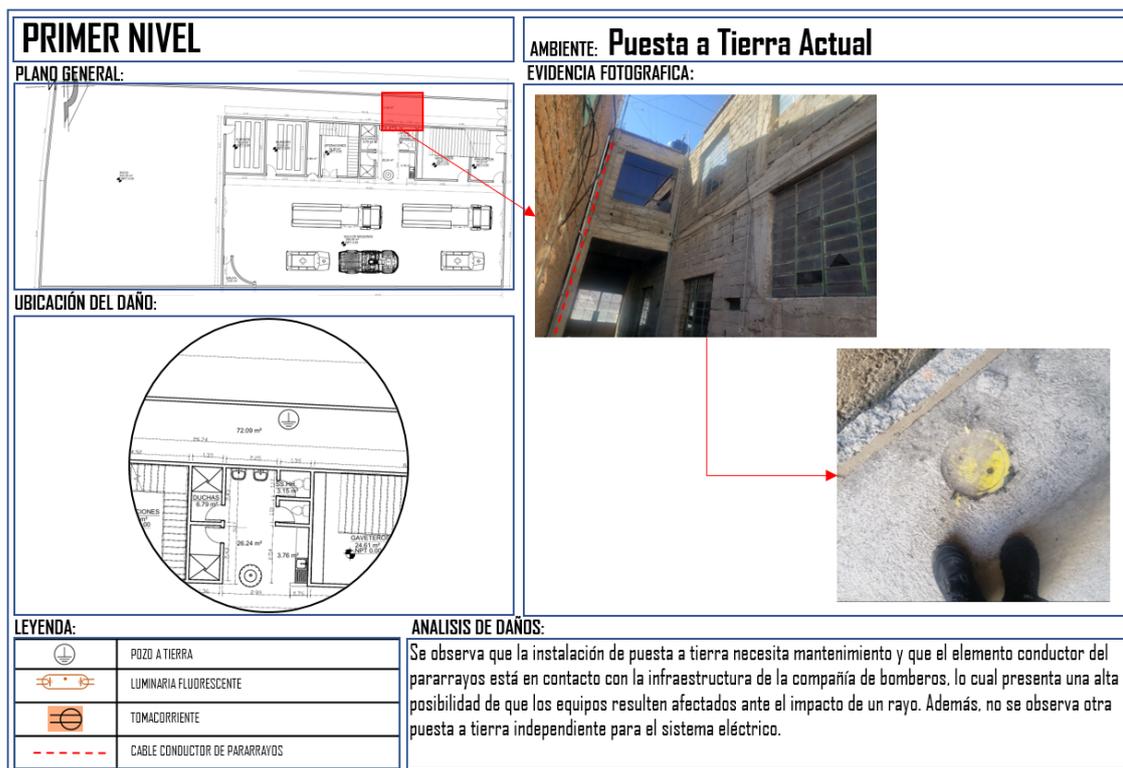
3.4.1. Análisis de la Puesta a Tierra Actual

En la **figura 37**, el análisis revela que la situación descrita contraviene normativas técnicas que exigen que es esencial llevar a cabo un mantenimiento apropiado del sistema de puesta a tierra y asegurarse de que el sistema de pararrayos esté separado de la infraestructura para minimizar los riesgos eléctricos. Un mantenimiento adecuado incluye realizar inspecciones regulares, al menos una vez al año, para verificar la continuidad eléctrica, la resistencia del sistema de puesta a tierra, así como la solidez de los conductores y sus conexiones. Estos sistemas deben ser mantenidos regularmente, lo que incluye no solo las inspecciones anuales, sino también la limpieza de conexiones, la comprobación de la resistencia de las uniones y la actualización de elementos cuando sea

requerido. La ausencia de un sistema de puesta a tierra independiente para la instalación eléctrica aumenta el peligro de que los equipos sufran daños ante descargas eléctricas provenientes de tormentas. Según el RNE y las NTP sobre Sistemas de Pozo a Tierra, es crucial que los sistemas de puesta a tierra se mantengan regularmente y diseñados para evitar cualquier contacto entre el conductor del pararrayos y la infraestructura del edificio. La Norma Técnica Peruana también establece que se debe disponer de una puesta a tierra específica para el sistema eléctrico, independiente del sistema de pararrayos.

Figura 37

Puesta a Tierra Actual



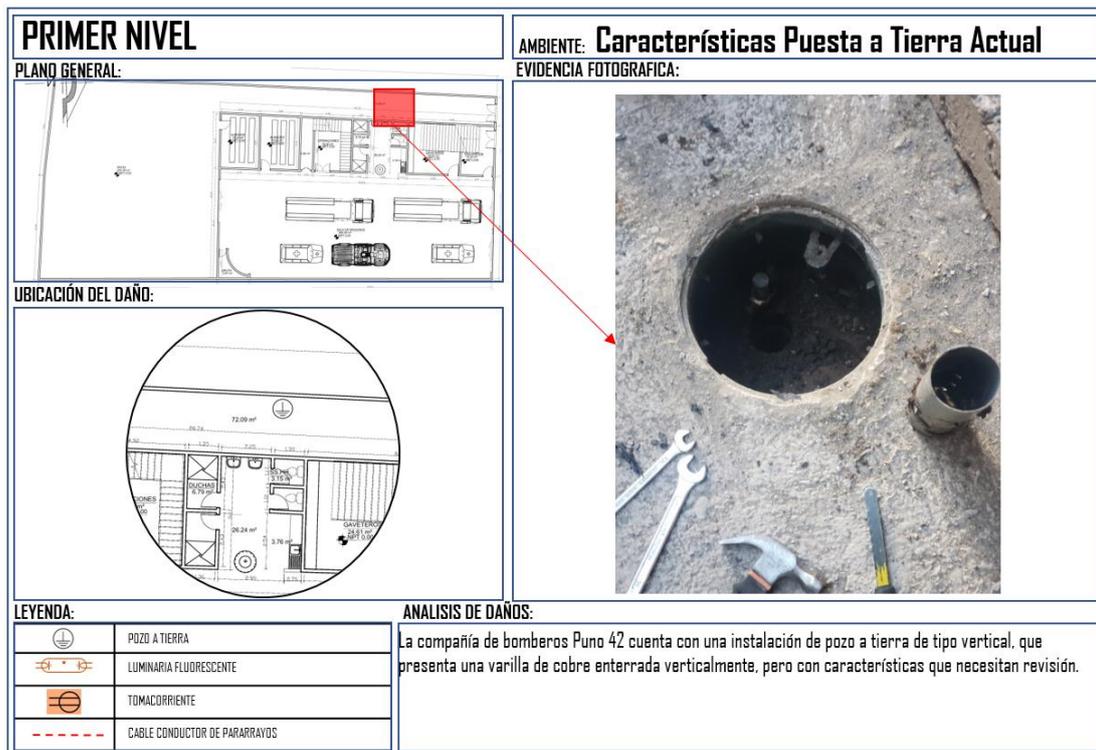
Fuente: Elaboración Propia

El análisis correspondiente a la **figura 38** indica que, a pesar de que la instalación del pozo a tierra en la compañía de bomberos Puno 42 es vertical, la ejecución presenta deficiencias. Para cumplir con las normativas técnicas, la

varilla de cobre utilizada debe tener un diámetro estándar de 5/8 de pulgada (15.875mm), longitud mínima de 2.4m enterrada de forma vertical para asegurar un contacto adecuado con el suelo. El cableado para la puesta a tierra es de cobre con un diámetro mínimo de 16 mm² para garantizar una baja resistencia del pozo a tierra. Si la varilla no se ajusta a estas especificaciones o si el mantenimiento es inadecuado, la eficacia del sistema puede verse afectada, incrementando el riesgo de fallos eléctricos y descargas peligrosas. (El Peruano, 2016)

Figura 38

Características de la Puesta a tierra Actual



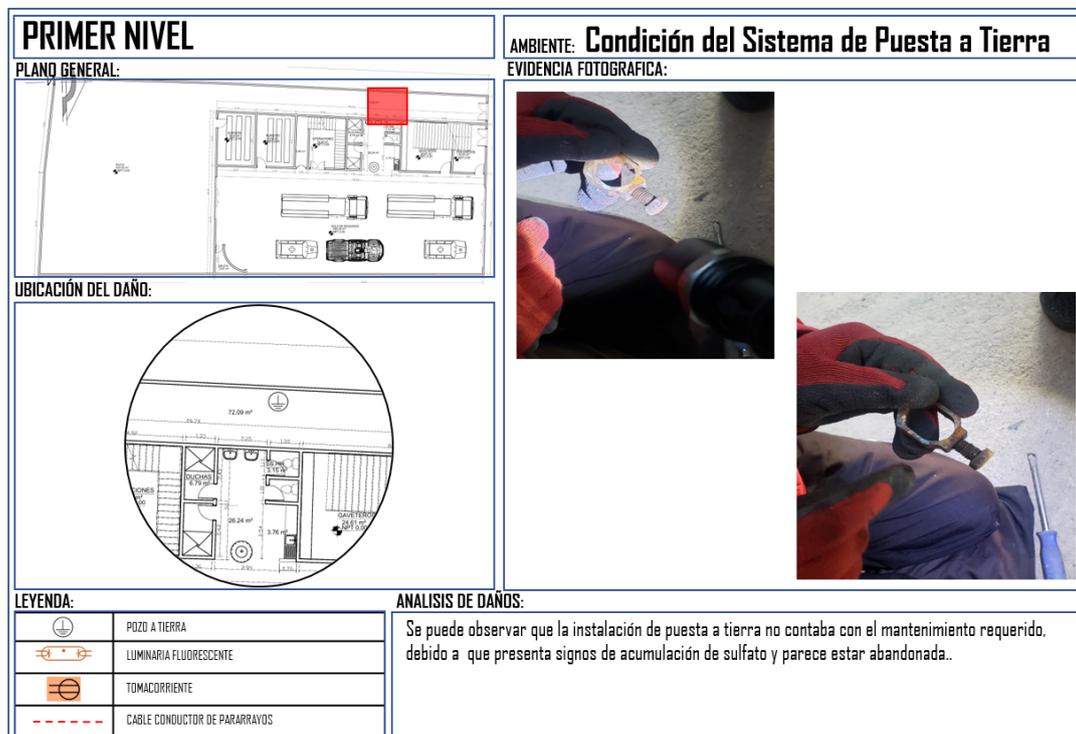
Fuente: Elaboración Propia

La **figura 39** muestra que la falta de mantenimiento en el sistema de puesta a tierra ha causado la acumulación de sulfato y el abandono del mismo. La presencia de sulfato en las varillas de cobre sugiere una corrosión significativa, lo que pone en riesgo la efectividad del sistema de puesta a tierra. Las normativas

técnicas estipulan que estos sistemas deben ser sometidos a un mantenimiento regular para garantizar su funcionamiento y seguridad. De acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) y las Normas Técnicas Peruanas sobre Sistemas de Puesta a Tierra (NTP), es crucial llevar a cabo inspecciones periódicas y mantenimiento cada seis meses. Estas actividades deben incluir la limpieza de las varillas de cobre para remover la corrosión, la revisión de las conexiones para verificar su solidez, y la medición de la resistencia del sistema para asegurar que se encuentra dentro de los límites seguros. La ausencia de este mantenimiento apropiado, como la evaluación semestral requerida por las normativas, puede dar lugar a una protección inadecuada contra descargas eléctricas y fallas en el sistema eléctrico. (Ministerio De Industria Turismo y Comercio, 2018)

Figura 39

Condición del Sistema de Puesta a Tierra

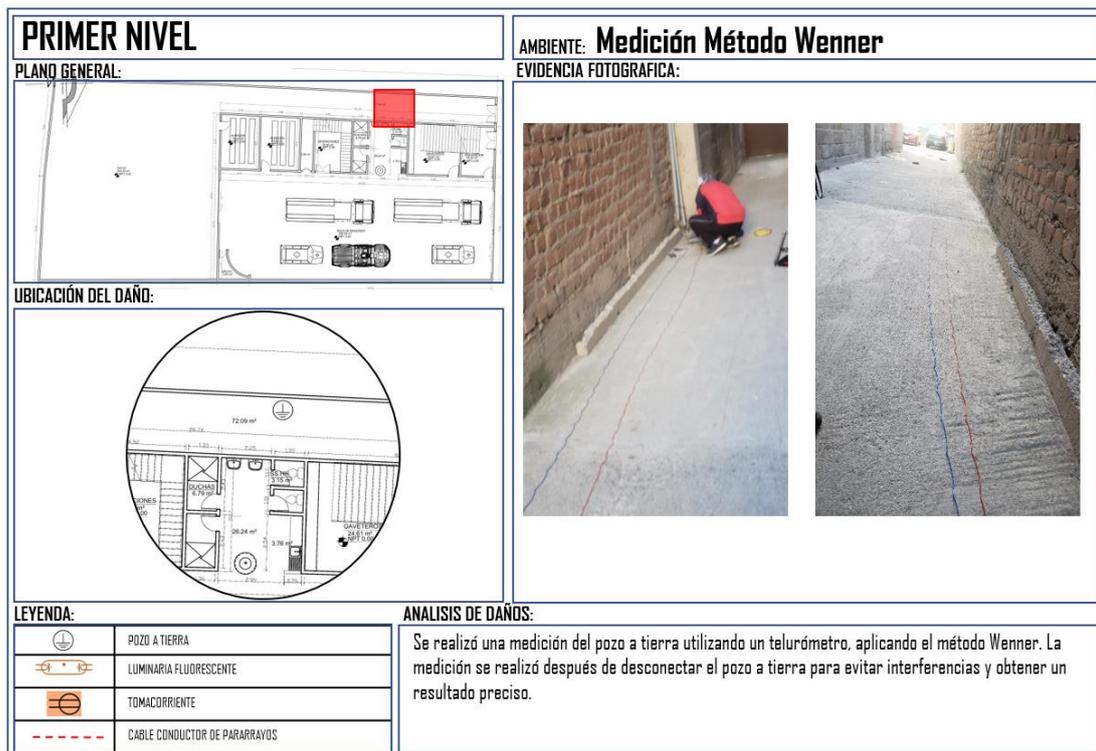


Fuente: Elaboración Propia

La evaluación presentada en la figura 40 indica que, después de utilizar el método Wenner con un telurómetro, se obtuvo una resistencia de 8.74Ω para el pozo a tierra. Aunque este valor está dentro del límite permitido para instalaciones de baja tensión, no cumple con los estándares para instalaciones críticas.

Figura 40

Medición método Wenner

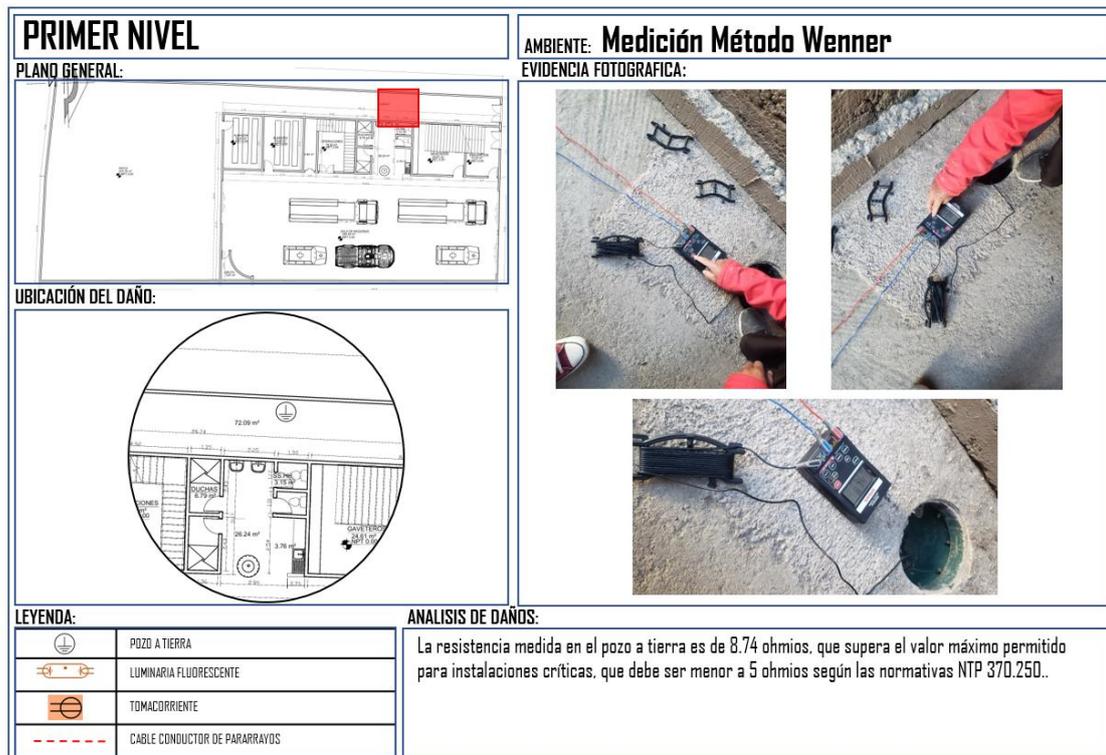


Fuente: Elaboración Propia

Continuando con la **figura 41**, se observa que el valor de resistencia de 8.74Ω muestra que la instalación de puesta a tierra no satisface los estándares de la Norma Técnica Peruana NTP 370.250, que establece que las instalaciones críticas, como las de una compañía de bomberos, deben presentar una resistencia inferior a 5Ω . Esta carencia indica que es necesario realizar mantenimiento para optimizar su eficacia. (INDECO, 2004)

Figura 41

Resultado Medico Método Wenner



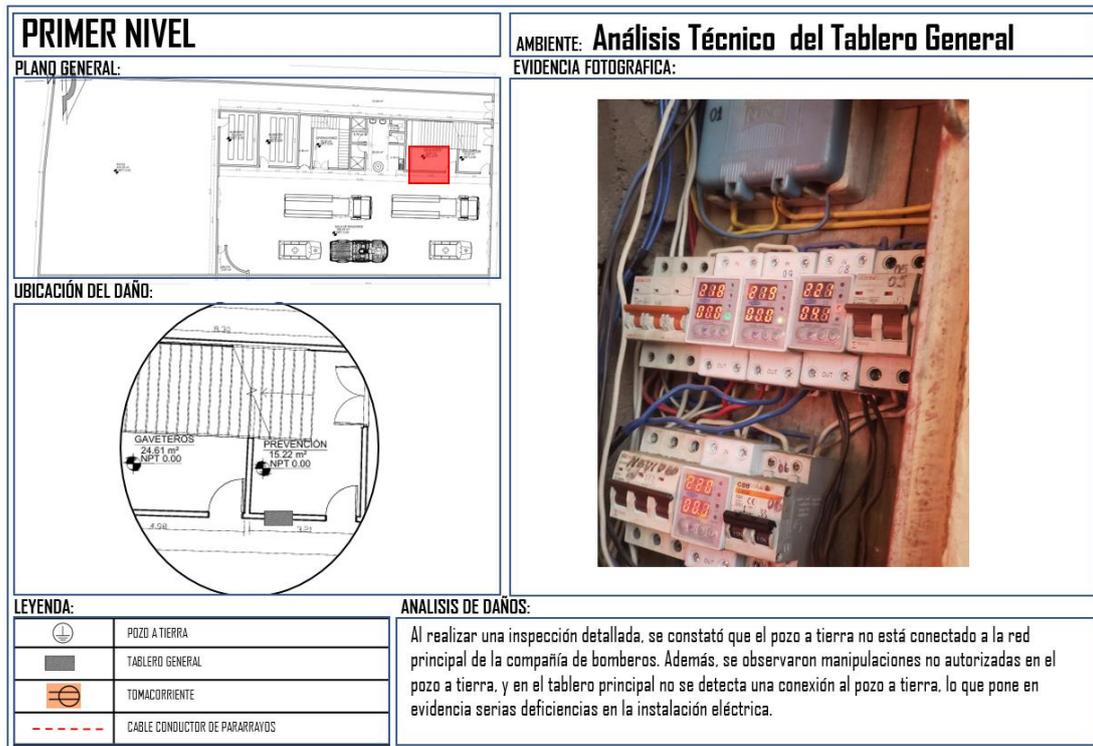
Fuente: Elaboración Propia

El tablero analizado en la **figura 42** se puede evidenciar la ausencia de enlace del pozo a tierra con la red principal es una violación crítica de las normativas de seguridad eléctrica, dado que dificulta el correcto funcionamiento del sistema de puesta a tierra para salvaguardar contra fallos eléctricos y descargas. Las manipulaciones no autorizadas en el pozo a tierra pueden comprometer la integridad del sistema y aumentar el riesgo de fallos eléctricos. Según el RNE y NTP 370.250, todas las instalaciones de puesta a tierra deben estar adecuadamente enlazadas a través de conductores de cobre de alta conductividad que garanticen una baja resistencia, y deben estar libres de alteraciones o empalmes no autorizados que puedan comprometer su

funcionamiento. La ausencia de esta conexión adecuada y las manipulaciones detectadas constituyen un incumplimiento grave de estas normativas.

Figura 42

Análisis Técnico del Tablero General



Fuente: Elaboración Propia

Al identificar las conexiones irregulares que se muestran en la **figura 43**, se aprecia la existencia de una conexión no registrada cerca de la barra de puesta a tierra, que se dirige a las instalaciones de la policía, lo que plantea serias preocupaciones de seguridad. La NTP 370.250-2:2016 establece que Los sistemas de puesta a tierra tienen que ser independientes y realizados exclusivamente para el edificio o instalación en cuestión, para evitar problemas de seguridad y funcionamiento. Toda conexión de puesta a tierra debe estar documentada detalladamente en los planos eléctricos del edificio, especificando su ubicación exacta, materiales utilizados y configuración. La separación entre los sistemas de

puesta a tierra de diferentes instalaciones debe ser de al menos 3 metros de distancia para evitar interferencias y garantizar la seguridad, como lo estipulan las normativas peruanas y estándares internacionales. El Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) también exige que todas las conexiones de puesta a tierra estén claramente documentadas y separadas para garantizar la seguridad y el cumplimiento de las normativas. La presencia de esta conexión no autorizada sugiere la necesidad de una investigación inmediata y la corrección de cualquier instalación inapropiada para asegurar el cumplimiento de los estándares de seguridad eléctrica y evitar potenciales riesgos.

Figura 43

Detección de Conexiones Anómalas



Fuente: Elaboración Propia

Evidenciamos uno de los mayores problemas en las instalaciones eléctricas actuales de la compañía de Bomberos evidenciadas en la **figura 44** por conexión



directa del conductor del pararrayos al pozo a tierra, junto con su exposición y contacto con la estructura metálica, presenta una violación grave a la normativa. Es por ello que la NTP 370.250-2:2016, los cables de pararrayos deben estar correctamente instalados y protegidos para garantizar una ruta segura para la corriente de descarga hacia el sistema de puesta a tierra, evitando cualquier riesgo de descarga eléctrica en las estructuras metálicas o en el personal. La exposición del cable y su contacto con la estructura metálica aumentan el riesgo de que una descarga eléctrica pueda afectar al personal y a los equipos, lo que pone en peligro la seguridad general del edificio. El RNE también estipula que las instalaciones de pararrayos deben estar diseñadas y mantenidas de acuerdo con los estándares técnicos como la NTP 370.250-2:2016 y las guías de la IEC 62305, para garantizar que los cables de pararrayos estén protegidos con cubiertas adecuadas y separados de las estructuras metálicas para prevenir cualquier peligro de descarga eléctrica. La conexión inapropiada y la carencia de protección del cable sugieren una urgente necesidad de corregir y revisar la instalación para cumplir con las normativas y salvaguardar adecuadamente la seguridad del personal y la infraestructura. (INACAL, 2024)

Figura 44

Contacto Directo del Conductor



Fuente: Elaboración Propia

3.5. TABLA DE RIESGOS IDENTIFICADOS Y SUS CAUSAS

En la **Tabla 11** se presentan los riesgos identificados y sus posibles causas, los cuales deben ser considerados para el diseño de nuestro nuevo sistema de protección eléctrica. La identificación y comprensión de estos riesgos es crucial para mejorar la seguridad y eficiencia del sistema eléctrico en la compañía de bomberos.

Tabla 11

Riesgos identificados y sus causas

Riesgos identificados:	Posibles causas:
Descargas Eléctricas	Falta de aislamiento Conexiones flojas o defectuosas



Riesgos identificados:	Posibles causas:
Daño de equipos y dispositivos	Cargas electroestáticas Problemas de cableado Condiciones ambientales Sobre tensión (por problemas en la red eléctrica o por tormentas eléctricas) Fluctuación de voltaje Falta puesta a tierra. Cableado inadecuado. Fallas en los puertos de corriente. Sobre carga de circuitos. Circuitos antiguos u obsoletos. Conexiones eléctricas incorrectas.
Problemas eléctricos:	Picos de voltaje.
Iluminación	Caídas de tensión.
Puertos de corriente	Sobre carga de red eléctrica.
Cableado	Falta de mantenimiento. Equipos desgastados.
Deficiencia de instalaciones eléctricas	Limitaciones del presupuesto. Falta de acceso a recursos técnicos. Falta de orientación especializada. Nulo planeamiento de instalaciones eléctricas adecuadas durante su construcción.
Instalaciones eléctricas inadecuadas	Falta de fondos para remodelación Falta de inversión en infraestructura eléctrica. Falta de conocimientos técnicos
Mantenimiento Preventivo limitado	Restricciones presupuestarias Falta de recursos Falta de una guía adecuada Problemas estructurales
Filtración del agua	Problemas de aislamiento en el cableado Malas instalaciones

Riesgos identificados:	Posibles causas:
Puesta a tierra inadecuadas	Posible impacto de rayos
	Falta de conocimiento técnico
	Error de diseño
	Utilización de materiales inadecuados
	Corrosión y desgaste
	Falta de mantenimiento preventivo
	Alteraciones no realizadas
Ineficiencia energética	Sobredimensionamiento de equipos
	Falta de mantenimiento regular
	Uso excesivo de iluminación
	Falta de aislamiento eléctrico
Incumplimiento de normativas y regulaciones	Falta de recursos
	Limitaciones de equipamiento
	Falta de un diseño adecuado de instalaciones eléctricas

Fuente: Elaboración Propia

3.6. DISEÑO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS DE LA COMPAÑÍA DE BOMBEROS PUNO - 42

3.6.1. Plano Arquitectónico de la Compañía De Bomberos Puno-42

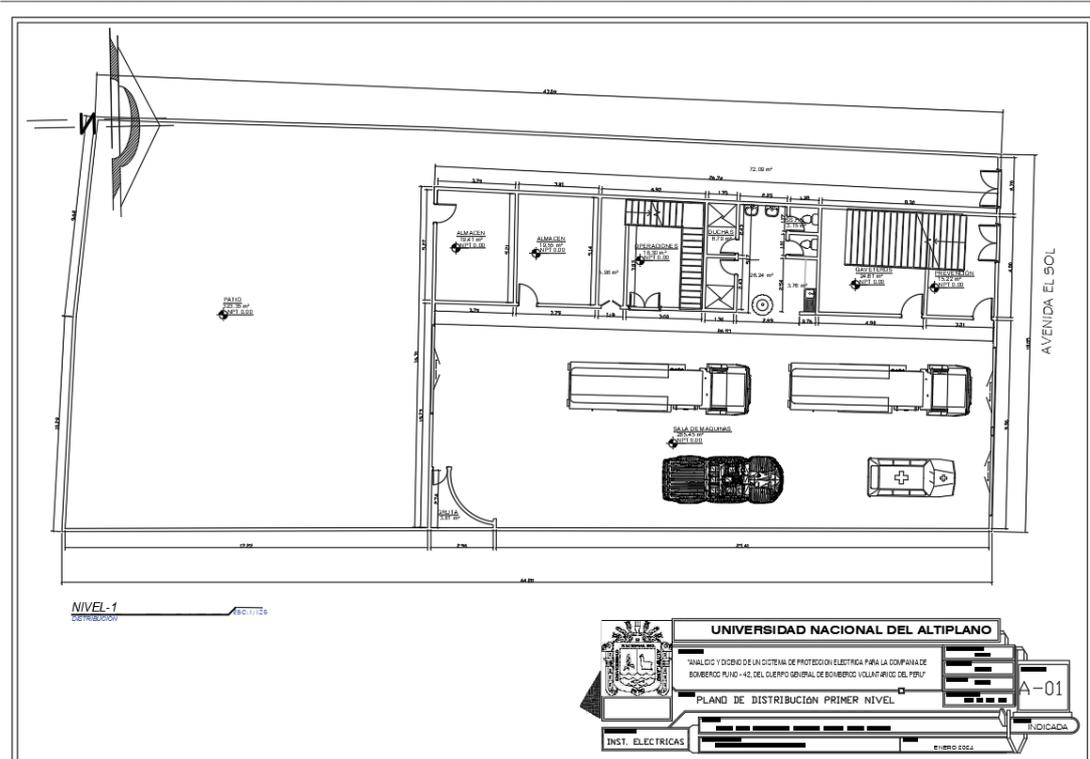
3.6.2. Primer Nivel

La **Figura 45** muestra una imagen del plano arquitectónico elaborado específicamente para la compañía de bomberos Puno 42. Este plano es crucial ya que la compañía no dispone de esta documentación. La existencia de este plano es fundamental para proporcionar una visión detallada del primer nivel en una escala adecuada, lo cual es esencial para la elaboración y la sugerencia de un

nuevo sistema de protección eléctrica. La revisión completa de este plano se encuentra en el Anexo 2.

Figura 45

Plano primer nivel Compañía de Bomberos Puno - 42



Fuente: Elaboración Propia

3.6.3. Segundo Nivel

La **Figura 46** presenta una imagen del plano arquitectónico del segundo nivel de la compañía de bomberos Puno 42. La planificación precisa que permite este plano asegura que todas que las instalaciones eléctricas se ajusten a los estándares de seguridad exigidos. Sin un plano arquitectónico, sería imposible realizar un diseño eléctrico eficiente y seguro, ajustado a las características y requerimientos específicos de la empresa de bomberos Puno 42. La revisión completa de este plano también está disponible en el Anexo 2.



El diseño de la iluminación se realizó tomando en cuenta las dimensiones y características de cada espacio, así como los requisitos técnicos indispensables para garantizar la conformidad con la normativa vigente. En particular se consideraron los requisitos indicados por la normativa EM.010. Esta norma aborda aspectos fundamentales como el cálculo de iluminación, la selección de temperatura de color, la calidad lumínica, y los requisitos para la reproducción cromática, evitando el parpadeo, y asegurando el mantenimiento y el registro del consumo energético.

Dado que la norma no especifica requisitos particulares para instalaciones en compañías de bomberos, se tomaron como referencia los estándares para viviendas, industrias y oficinas. Las normativas consideradas incluyen:

- **Cálculo de iluminación:** Teniendo en cuenta la norma EM.010, se debe calcular la iluminación de las edificaciones considerando diversos aspectos fundamentales, incluyendo la selección apropiada de la temperatura de color para las luminarias, que debe adaptarse al uso específico de cada ambiente. Se recomienda usar luz cálida (2700K - 3000K) para áreas de descanso, salas de eventos y áreas de uso común, estableciendo un ambiente cálido; luz neutra (3500K - 4100K) para espacios de trabajo y oficinas, como la sala de operaciones, administración y secretaría, para proporcionar una iluminación clara y natural; y luz fría (5000K - 6500K) para ambientes que requieren alta concentración y detalle, como el área de prevención y el gimnasio según lo indicado en la **tabla 12**.

Tabla 12

Requisitos de iluminación mínima para los 28 ambientes

N°	Ambiente	Temperatura de Color (K)	Nivel de Iluminación Recomendado (lux)
1	Sala de máquinas	5000 - 6500	300 - 500
2	Área de prevención	5000 - 6500	300 - 500
3	Área de gaveteros	3500 - 4100	200 - 300
4	Área de duchas	3500 - 4100	200 - 300
5	Baños y lavandería	3500 - 4100	200 - 300
6	Sala de operaciones	3500 - 4100	300 - 500
7	Almacén 1	3500 - 4100	200 - 300
8	Almacén 2	3500 - 4100	200 - 300
9	Gruta	3500 - 4100	100 - 200
10	Gimnasio	5000 - 6500	300 - 500
11	Administración	3500 - 4100	300 - 500
12	Comandancia	3500 - 4100	300 - 500
13	Almacén 3	3500 - 4100	200 - 300
14	Sanidad	3500 - 4100	200 - 300
15	Sala de disciplina	3500 - 4100	200 - 300
16	SS.HH. (Servicios Higiénicos)	3500 - 4100	200 - 300
17	Cocina comedor	3500 - 4100	300 - 500
18	Cuadra de varones	3500 - 4100	200 - 300
19	Cuadra de mujeres	3500 - 4100	200 - 300
20	Secretaría	3500 - 4100	300 - 500
21	SS.HH. 2 (Servicios Higiénicos 2)	3500 - 4100	200 - 300
22	Oficina departamental	3500 - 4100	300 - 500
23	Sala de eventos	2700 - 3000	200 - 300
24	Área de descanso	2700 - 3000	200 - 300
25	Área de uso común	3500 - 4100	200 - 300

N°	Ambiente	Temperatura de Color (K)	Nivel de Iluminación Recomendado (lux)
26	Escaleras 1	3500 - 4100	100 - 200
27	Escaleras 2	3500 - 4100	100 - 200
28	Sala de tratamientos	3500 - 4100	300 - 500

Fuente: Elaboración propia

- **Iluminación en viviendas:** Los estándares de iluminación en viviendas, de acuerdo a la Norma Técnica EM.010, proporcionan criterios específicos para garantizar una iluminación adecuada en diversos espacios. Para aplicar estos requisitos en una compañía de bomberos, es crucial adaptar las normas de iluminación de acuerdo con las necesidades funcionales y de protección específicas. En **tabla 13**, se presentan ambientes comunes en viviendas que pueden tener equivalentes en una compañía de bomberos, junto con los requisitos de iluminación aplicables y las diferencias clave a considerar.

Tabla 13

Tabla de Requisitos de Iluminación para Ambientes de Vivienda y su Aplicación en una Compañía de Bomberos

Ambiente	Nivel de Iluminación (Luxes)	Temperatura de Color Recomendada	Aplicación en Compañía de Bomberos
Escaleras	100 - 200	Iluminación neutra (3500K - 4100K)	300 - 500 luxes, luz fría (5000K - 6500K) para visibilidad óptima
Pasillos	150 - 300	Luz neutra (3500K - 4100K)	300 - 500 luxes, luz fría (5000K - 6500K)
Cocina	300 - 500	Luz neutra (3500K - 4100K)	300 - 500 luxes, luz neutra (3500K - 4100K)

Ambiente	Nivel de Iluminación (Luxes)	Temperatura de Color Recomendada	Aplicación en Compañía de Bomberos
Áreas de Trabajo	300 - 500	Luz neutra (3500K - 4100K)	300 - 500 luxes, luz fría (5000K - 6500K)
Áreas de Almacenamiento	150 - 300	Luz neutra (3500K - 4100K)	300 - 500 luxes, luz fría (5000K - 6500K)
Áreas de Descanso	150 - 300	Luz cálida (2700K - 3000K)	150 - 300 luxes, luz cálida (2700K - 3000K)
Baños	300 - 500	Luz neutra (3500K - 4100K)	300 - 500 luxes, luz neutra (3500K - 4100K)

Fuente: Elaboración propia

- **Iluminación en salud:** se consideran los requisitos básicos de iluminación aplicables a entornos de salud, conforme a la normativa establecida en el Ministerio de Vivienda, es por ello que la **tabla 14** proporciona orientaciones específicas para garantizar una iluminación adecuada en espacios donde se realizan actividades médicas y de atención sanitaria. Estos criterios pueden ser adaptados para mejorar la seguridad y funcionalidad en una compañía de bomberos, especialmente en áreas donde se realizan cuidados de salud, primeros auxilios, o cualquier actividad que requiera un alto nivel de precisión visual.

Tabla 14

Tabla de Requisitos de Iluminación para Entornos de Salud y su Aplicación en una Compañía de Bomberos

Ambiente	Nivel de Iluminación (Luxes)	Temperatura de Color Recomendada	Aplicación en Compañía de Bomberos
Salas de Tratamientos/Primeros Auxilios	1000 - 1500	Luz fría (5000K - 6500K)	1000 - 1500 luxes, luz fría (5000K -



Ambiente	Nivel de Iluminación (Luxes)	Temperatura de Color Recomendada	Aplicación en Compañía de Bomberos
Salas de Espera	200 - 300	Luz neutra (3500K - 4100K)	6500K) para precisión visual 200 - 300 luxes, luz neutra (3500K - 4100K)
Salas de Examen	500 - 1000	Iluminación fría (5000K - 6500K)	500 - 1000 luxes, luz fría (5000K - 6500K)
Pasillos y Zonas de Circulación	150 - 300	Luz neutra (3500K - 4100K)	300 - 500 luxes, luz fría (5000K - 6500K)
Áreas de Almacenamiento de Equipos	300 - 500	Luz neutra (3500K - 4100K)	300 - 500 luxes, luz fría (5000K - 6500K)
Salas de Procedimientos Menores	1000 - 1500	Luz fría (5000K - 6500K)	1000 - 1500 luxes, luz fría (5000K - 6500K)
Baños	300 - 500	Luz neutra (3500K - 4100K)	300 - 500 luxes, luz neutra (3500K - 4100K)

Fuente: Elaboración propia

- **Iluminación en oficinas:** Los criterios para la iluminación en oficinas se derivan de las Normas EM.010, se dirigen a garantizar un espacio de trabajo eficiente y cómodo. Estos criterios son esenciales para diseñar un sistema de iluminación que promueva la productividad y el bienestar del personal. En una compañía de bomberos, aunque los ambientes no sean oficinas tradicionales, existen áreas administrativas y de gestión que requieren una iluminación adecuada para tareas específicas. para la **tabla 15**, se presentan los ambientes de oficina más comunes que pueden tener equivalentes en una compañía de bomberos, junto con los requisitos de iluminación necesarios y las consideraciones especiales para cada caso.

Tabla 15

Tabla de Requisitos de Iluminación para Oficinas y su Aplicación en una Compañía de Bomberos

Ambiente	Nivel de Iluminación (Luxes)	Temperatura de Color Recomendada	Aplicación en Compañía de Bomberos
Áreas de Trabajo (Oficinas, Administración, Secretaría)	500 - 750	Luz neutral (3500K - 4100K)	500 - 750 luxes, luz neutra para tareas administrativas
Salas de Reuniones	300 - 500	Luz neutral a cálida (3000K - 4100K)	300 - 500 luxes, luz neutra/cálida para facilitar reuniones
Áreas de Recepción	300 - 500	Luz neutral (3500K - 4100K)	300 - 500 luxes, luz neutra para un ambiente profesional
Pasillos y Zonas de Circulación	150 - 300	Luz neutral (3500K - 4100K)	300 - 500 luxes, luz fría para mayor visibilidad
Áreas de Descanso	200 - 300	Luz cálida (2700K - 3000K)	200 - 300 luxes, luz cálida para un entorno relajante
Escaleras	150 - 200	Luz neutral (3500K - 4100K)	300 - 500 luxes, luz fría para seguridad y rápida evacuación
Salas de Almacenamiento de Documentos	200 - 300	Luz neutral (3500K - 4100K)	200 - 300 luxes, luz neutra para visibilidad clara de documentos

Fuente: Elaboración propia

- **Iluminación en áreas de recreación y deportes:** La iluminación en áreas de recreación y deportes se rige por requisitos específicos que garantizan la seguridad y el confort visual durante la realización de actividades físicas. Estos criterios, son cruciales para diseñar sistemas de iluminación que permitan un rendimiento

óptimo y minimicen el riesgo de accidentes. En una compañía de bomberos, existen áreas destinadas a la recreación y el entrenamiento físico del personal, donde es vital aplicar estos requisitos de iluminación. Sobre la **Tabla 16** se muestran las áreas de recreación y deportes más comunes que pueden tener equivalentes en una compañía de bomberos, junto con los requisitos de iluminación necesarios y las consideraciones especiales para cada caso.

Tabla 16

Tabla de Requisitos de Iluminación para Áreas de Recreación y Deportes y su Aplicación en una Compañía de Bomberos

Ambiente	Nivel de Iluminación (Luxes)	Temperatura de Color Recomendada	Aplicación en Compañía de Bomberos
Gimnasio o Área de Entrenamiento Físico	300 - 500	Luz fría (5000K - 6500K)	300 - 500 luxes, luz fría para asegurar seguridad y rendimiento físico
Cancha o Área Polideportiva	500 - 750	Luz fría (5000K - 6500K)	500 - 750 luxes, luz fría para entrenamientos de alta intensidad
Área de Recreación o Descanso Exterior	100 - 300	Luz neutra a fría (3500K - 5000K)	100 - 300 luxes, luz neutra para un ambiente seguro y relajante
Salas de Actividades Multipropósito	300 - 500	Luz neutra a fría (3500K - 5000K)	300 - 500 luxes, luz neutra/fría para versatilidad en actividades
Vestidores y Áreas de Preparación Física	200 - 300	Luz neutra (3500K - 4100K)	200 - 300 luxes, luz neutra para comodidad en preparación y vestuario

Ambiente	Nivel de Iluminación (Luxes)	Temperatura de Color Recomendada	Aplicación en Compañía de Bomberos
Piscinas o Áreas Acuáticas	200 - 500	Luz neutra a fría (4000K - 5000K)	200 - 500 luxes, luz neutra/fría para seguridad en entrenamiento acuático
Zonas de Tránsito en Áreas Recreativas	100 - 200	Luz neutra (3500K - 4100K)	100 - 200 luxes, luz neutra para movilidad segura en áreas recreativas

Fuente: Elaboración propia

Los detalles completos de las normativas, el diseño y la simulación de la iluminación, están disponibles en el Anexo 3 y Anexo 4.

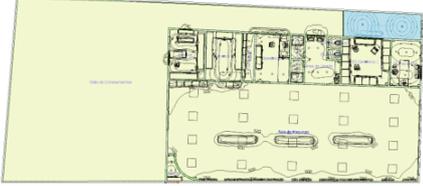
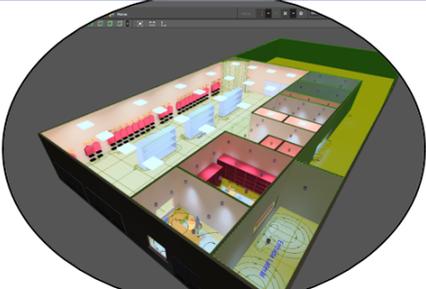
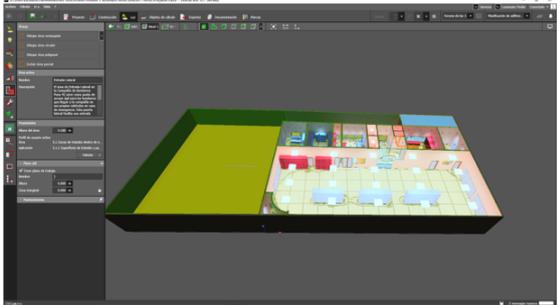
3.7.1.1 Cálculo De Iluminación

Para determinar la iluminación en el primer nivel de la Compañía de Bomberos Puno 42, se empleó el software DIALux. Este programa permitió realizar una simulación detallada de las instalaciones, utilizando el plano arquitectónico para ajustar las especificaciones técnicas conforme a las normativas peruanas. En este contexto, el software DIALux considera normativas internacionales como la EN 12464-1, que establece los requisitos de iluminación en interiores, y la CIE 97:2005, que regula la eficiencia lumínica. Además, se ajustó el diseño para cumplir con la Norma Técnica Peruana EM.010, la cual exige que cada ambiente tenga un umbral mínimo de iluminación de 100 a 500 lux según la finalidad específica del lugar, garantizando así la correcta visibilidad y confort. La **figura 47** muestra el diseño generado para el primer nivel, destacando cómo el software considera las dimensiones y características de cada

ambiente para asegurar una distribución lumínica adecuada y eficiente, en cumplimiento conforme a las exigencias establecidas por la Norma Técnica EM.010 y las regulaciones internacionales.

Figura 47

Software DIALux Primer Nivel

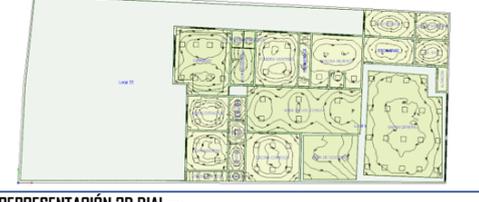
<p>SOFTWARE DIALux</p> <p>PLANO GENERAL DIALux:</p>  <p>REPRESENTACIÓN 3D DIALux:</p> 	<p>AMBIENTE: Primer Nivel Compañía de Bomberos</p> <p>DISENO DE AREAS:</p>  <p>DIALux evo es el potente software para su diseño de iluminación</p> <p>Diseñe, calcule y visualice la luz para espacios interiores y exteriores. Con DIALux evo puede crear habitaciones individuales, edificios de varias plantas, caminos, aparcamientos y calles. Genere una atmósfera única con luminarias reales de nuestros miembros DIALux y reciba una documentación completa de su diseño de iluminación.</p> <p>Descargar DIALux evo → DIALux Pro →</p>						
<p>LEYENDA:</p> <table border="1"> <tr> <td></td> <td>LUMINARIA 90W 11000 lm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>LUMINARIA 25W 1867 lm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>LUMINARIA 30W 4000 lm</td> </tr> </table>		LUMINARIA 90W 11000 lm		LUMINARIA 25W 1867 lm		LUMINARIA 30W 4000 lm	<p>OBSERVACIONES:</p> <p>En el software DIALux, se llevó a cabo la representación y simulación de la Compañía de Bomberos Puno 42 para realizar los cálculos lumínicos necesarios. Este programa permite seleccionar las luminarias adecuadas y ajustar sus capacidades para asegurar que se cumplan las normativas peruanas pertinentes en cada ambiente.</p>
	LUMINARIA 90W 11000 lm						
	LUMINARIA 25W 1867 lm						
	LUMINARIA 30W 4000 lm						

Fuente: Elaboración Propia

Del mismo modo, para el segundo nivel apliqué los mismos principios mediante el uso del software DIALux para garantizar una iluminación óptima. La **figura 48** presenta el diseño correspondiente al segundo nivel, adaptado a las particularidades arquitectónicas de este piso. Este enfoque asegura que cada espacio cuente con una iluminación adecuada que cumpla con la normativa vigente.

Figura 48

Software DIALux Segundo Nivel

SOFTWARE DIALux		AMBIENTE: Segundo Nivel Compañía de Bomberos	
PLANO GENERAL DIALux:		DISEÑO DE ÁREAS:	
			
REPRESENTACIÓN 3D DIALux:			
LEYENDA:		OBSERVACIONES:	
	LUMINARIA 90W 11000 lm	En el software DIALux, se llevó a cabo la representación y simulación de la Compañía de Bomberos Puno 42 para realizar los cálculos lumínicos necesarios. Este programa permite seleccionar las luminarias adecuadas y ajustar sus capacidades para asegurar que se cumplan las normativas peruanas pertinentes en cada ambiente.	
	LUMINARIA 25W 1867 lm		
	LUMINARIA 30W 4000 lm		

Fuente: Elaboración Propia

3.7.1.2 Luminarias Planta Nivel 1

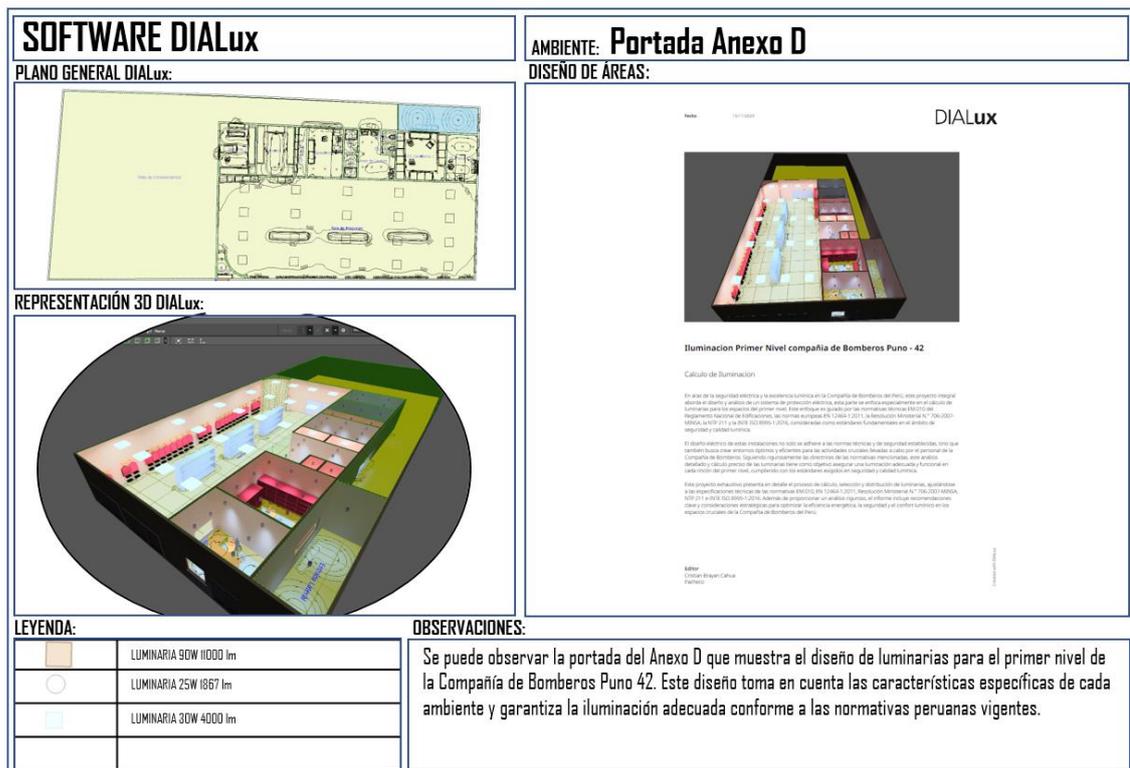
Dentro de la **Figura 49** se tiene la portada del **Anexo 4** que ilustra el diseño de luminarias para el primer nivel de la Compañía de Bomberos Puno 42 en cual se realiza el cálculo de luminarias siguiendo las normativas EM.010 establecida por el RNE, las normas europeas EN 12464-1:2011, Resolución Ministerial N.º 706-2007-MINSA, la NTP 211, y la INTE ISO 8995. Estas normativas proporcionan directrices esenciales para garantizar una iluminación correspondiente y segura en las áreas del primer nivel.

El **Anexo 4** detalla el proceso de cálculo, selección y distribución de luminarias, y ofrece recomendaciones estratégicas con el objetivo de

aumentar la eficiencia energética, la seguridad y el confort en la iluminación. Esto asegura que cada área del primer nivel cumpla con los estándares requeridos para una iluminación efectiva y funcional.

Figura 49

Diseño de Luminarias Planta Nivel 1



Fuente: Elaboración Propia

3.7.1.3 Luminarias Planta Nivel 2

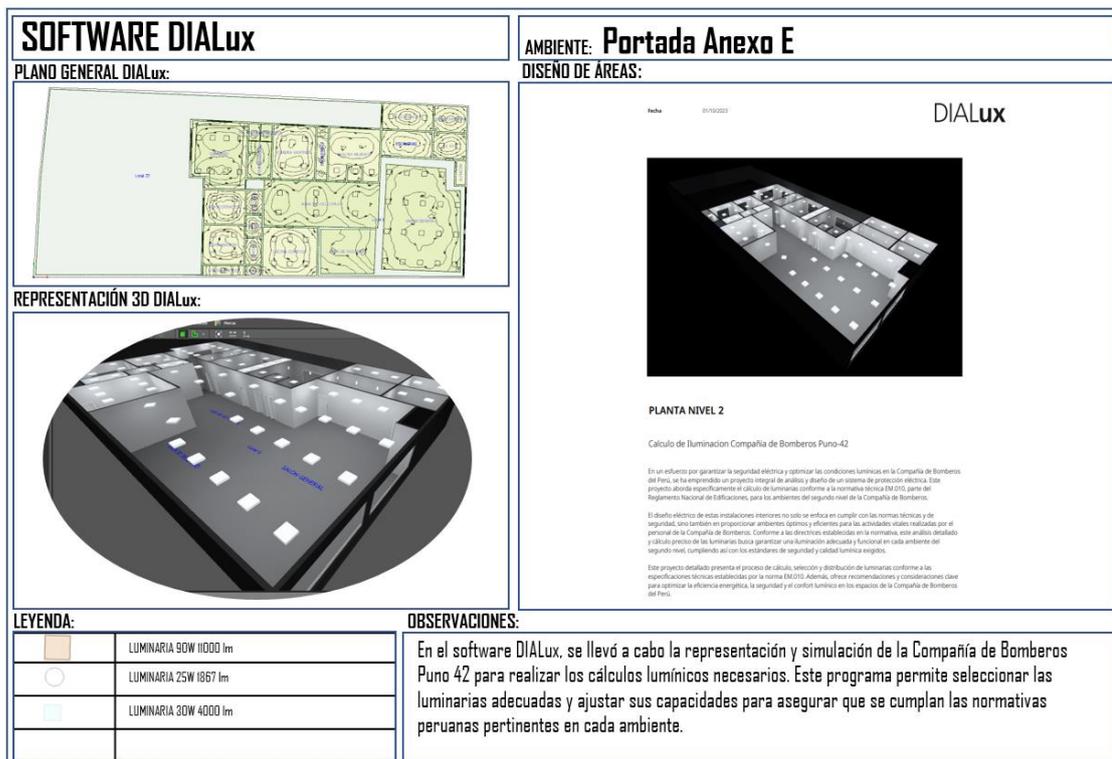
En la **Figura 50** se presenta la portada del **Anexo 5**, que ilustra el diseño de luminarias para el segundo nivel de la Compañía de Bomberos Puno 42. En este anexo, se realiza el cálculo de luminarias siguiendo las normativas EM.010 correspondientes al RNE, las normas europeas EN 12464-1:2011, indicadas en la Resolución Ministerial N.º 706-2007-

MINSA, la NTP 211 y la INTE ISO 8995-1:2016. Estas directrices aseguran una iluminación apropiada y segura en el segundo nivel.

El **Anexo 5** detalla el proceso de cálculo, selección y distribución de luminarias, y ofrece recomendaciones estratégicas para potenciar la eficiencia energética, la seguridad, confort lumínico del segundo nivel. Este enfoque garantiza que cada área cumpla con los estándares requeridos para proporcionar una iluminación efectiva y funcional en todo el segundo nivel de la Compañía de Bomberos Puno 42.

Figura 50

Diseño de Luminarias Planta Nivel 2



Fuente: Elaboración Propia

3.7.2. Cálculos y Selección de Elementos en la Instalación Eléctrica

3.7.3. Planta Primer Nivel Luminarias

3.7.3.1 Cálculo de Carga Total Luminarias Primer Nivel

Según el cálculo de luminarias para el primer nivel, se presenta la **tabla 17**, la cual ha sido elaborada fundamentado en los resultados generados por el software DIALux. Los detalles completos del cálculo lumínico están disponibles en el Anexo 4.

Tabla 17

Luminarias Seleccionadas

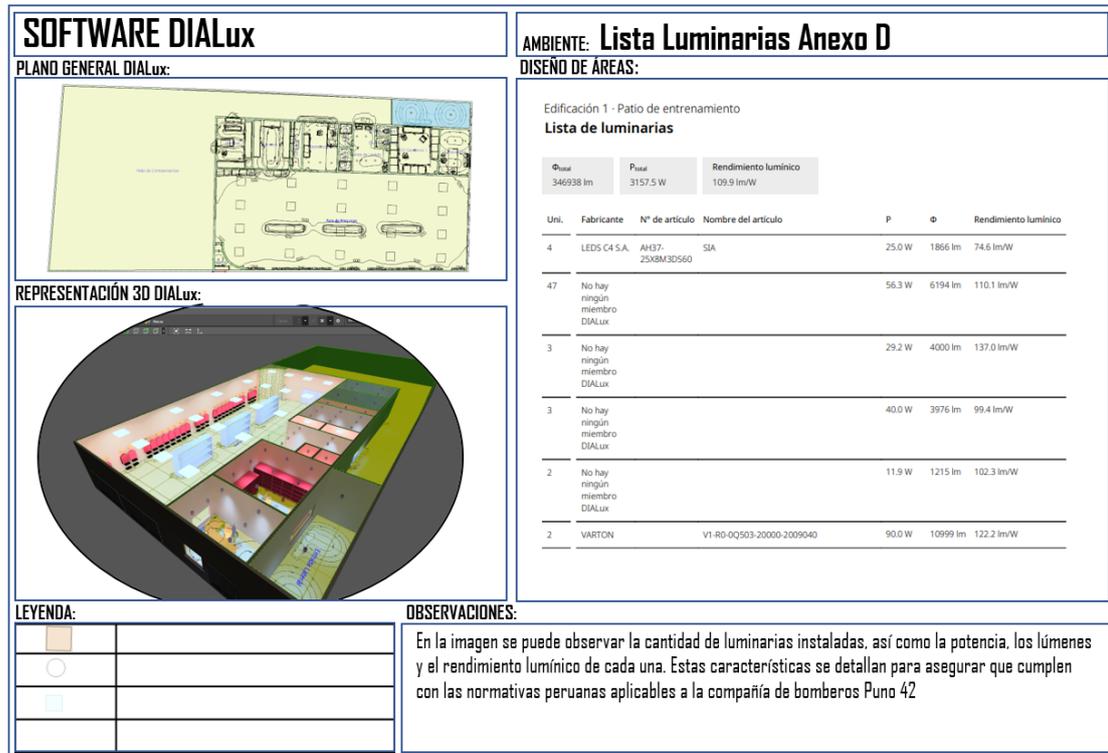
Unidades	Fabricante	Potencia mínima	Lúmenes mínimos	Rendimiento Lumínico
4	-	25.0 W	1866 lm	74.6 lm/W
47	-	56.3 W	6194 lm	110.1 lm/W
3	-	29.2 W	4000 lm	137.0 lm/W
3	-	40.0 W	3976 lm	99.4 lm/W
2	-	11.9 W	1215 lm	102.3 lm/W
2	-	90.0 W	10999 lm	122.2 lm/W

Fuente: Elaboración Propia

La selección de luminarias, realizada con el programa Dialux, se encuentra en la Figura 51 la cantidad de cada tipo de luminaria, junto con los requisitos mínimos de potencia y flujo luminoso (lúmenes), además del cálculo del rendimiento lumínico para cada una. Este análisis detallado asegura que las luminarias seleccionadas cumplen con las especificaciones necesarias para proporcionar una iluminación adecuada, eficiente y respalda la **tabla 17**.

Figura 51

Lista de Luminarias Anexo 4



Fuente: Elaboración Propia

Respecto a las luminarias seleccionadas, así como la potencia de cada una, se determina la carga total necesaria para dimensionar adecuadamente los componentes eléctricos. La suma ponderada de las potencias de cada tipo de luminaria permite realizar este cálculo esencial en el diseño eléctrico, permitiendo determinar la correcta capacidad de los conductores y elegir los dispositivos de protección requeridos, garantizando así una operación segura y efectiva de la instalación de acuerdo con las normativas eléctricas peruanas, utilizaremos **ecuación 6**, determinar la carga total además de la ecuación 7, para cambiarlo a kilovatio.



$$\begin{aligned} & \text{Carga Total (W)} \\ & = \sum \text{de las potencias de las luminarias} \end{aligned} \quad (6)$$

$$\text{Carga Total (W)} = (45 \times 25) + (2 \times 30) + (20 \times 90)$$

$$\text{Carga Total (W)} = 1,125 + 60 + 1,800$$

$$\text{Carga Total (W)} = \mathbf{2,985.00}$$

Convertimos la Carga Total en Kilovatios:

$$\text{Carga Total (kW)} = \frac{\text{Carga Total (W)}}{1000} \quad (7)$$

$$\text{Carga Total (Kw)} = \mathbf{2.985}$$

3.7.3.2 Cálculo Factor de Simultaneidad Luminarias Primer Nivel

Para determinar el gasto energético por ambiente de la Compañía de Bomberos Puno 42, utilizaremos la **Ecuación 8** para calcular la Carga Total Ajustada. Esta ecuación se aplica multiplicando la Carga Total por el Factor de Simultaneidad, lo que permite ajustar el cálculo del consumo

$$\text{Carga Total Ajustada (kW)}$$

$$\begin{aligned} & = \text{Carga total (kW)} \\ & \times \text{Factor de Simultaneidad} \end{aligned} \quad (8)$$

considerando el uso simultáneo de las luminarias.

A continuación, la Tabla 18 muestra un resumen detallado de los cálculos efectuados correspondientes para la Compañía de Bomberos Puno 42, donde se incluyen los siguientes parámetros: el

ambiente, la potencia nominal de las luminarias, el factor de simultaneidad aplicado y la carga ajustada resultante. Esta tabla proporciona una visión clara de qué manera se distribuye la carga eléctrica en diferentes ambientes, ajustando su potencia total correspondiente al uso simultáneo de las luminarias. Estos datos son fundamentales a fin de garantizar que la instalación eléctrica satisfaga los estándares de eficiencia y seguridad definidos por las normativas técnicas.

Tabla 18

Calculo del factor de simultaneidad por ambiente

Ambiente	Potencia Nominal	Factor de simultaneidad	Carga ajustada
Prevención	150 W	0.6 (media frecuencia)	90 W
Gaveteros 1	225 W	0.3 (media frecuencia)	67.5 W
SS.HH. Damas	25 W	0.5 (media frecuencia)	12.5 W
SS.HH. Varones	25 W	0.5 (media frecuencia)	12.5 W
Área de lavado	150 W	0.6 (media frecuencia)	90 W
Duchas Damas	30 W	0.4 (media frecuencia)	12 W
Duchas Varones	30 W	0.4 (media frecuencia)	12 W
Operaciones	225 W	0.2 (baja frecuencia)	45 W
Gaveteros 2	75 W	0.3 (media frecuencia)	22.5 W



Ambiente	Potencia Nominal	Factor de simultaneidad	Carga ajustada
Almacén 1	75 W	0.1 (baja frecuencia)	7.5 W
Almacén 2	100 W	0.1 (baja frecuencia)	10 W
Sala de Maquinas	1,800 W	0.7 (alta frecuencia)	1,260 W
Gruta	25 W	0.1 (baja frecuencia)	2.5 W
Entrada Lateral	50 W	0.1 (baja frecuencia)	2.5 W
TOTAL:	2,985 W	Carga Total Ajustada:	1,646.5 W

Fuente: Elaboración Propia

3.7.3.3 Cálculo de Corriente Total Luminarias para el Primer Nivel

Se aplicará la **Ecuación 9** para determinar la corriente total en amperios (A) de las luminarias instaladas en el primer nivel de la Compañía de Bomberos Puno 42. Esta ecuación permite calcular la corriente total a partir de la carga ajustada, lo que es crucial para asegurar que los componentes eléctricos están correctamente dimensionados para soportar la demanda real de potencia.

$$\text{Corriente Total (A)} = \frac{\text{Carga Total Ajustada (W)}}{\text{Tension de la Red (V)}} \quad (9)$$

$$\text{Corriente Total (A)} = \frac{1,646.5 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$\text{Corriente Total (A)} = 7.4841$$

3.7.3.4 Selección Calibre de Conductores Luminarias Primer Nivel

Según la NTP 370.301, referente a Instalaciones Eléctricas en Edificios, que incluye directrices sobre la selección e instalación de equipos eléctricos y la capacidad de corriente nominal de los conductores canalizados (INDECOPI, 2002)

Para la selección de los conductores en el primer nivel, se considerará la **tabla 19**, basada en NTP 370.301. Que detalla las particularidades y exigencias que deben satisfacer los conductores eléctricos, asegurando una correcta elección según las necesidades específicas del proyecto. La **tabla 19** incluye aspectos clave como la carga soportable, así como la clase de aislamiento, que son esenciales a fin de asegurar que los conductores puedan atender la demanda eléctrica del primer nivel.

Tabla 19

Tabla de conductores de cobre

Tabla de capacidad de corriente Nominal	Columna	Conductor de cobre	
		A	m
4	2	11,2	0,6118
	$3 \leq 120 \text{ mm}^2$	10,8	0,6015
	$3 > 120 \text{ mm}^2$	10,19	0,6118
	4	13,5	0,625
	$5 < 16 \text{ mm}^2$	13,1	0,600
	$6 \leq 16 \text{ mm}^2$	15,0	0,625
	$6 > 16 \text{ mm}^2$	15,0	0,625
	7	17,6	0,551
	2	14,9	0,661

Tabla de capacidad de corriente Nominal	Columna	Conductor de cobre	
		A	m
5	$3 \leq 120 \text{ mm}^2$	14,46	0,598
	$3 > 120 \text{ mm}^2$	13,46	0,611
	4	17,76	0,6250
	5	17,25	0,600
	$6 \leq 16 \text{ mm}^2$	18,77	0,628
	$6 > 16 \text{ mm}^2$	17,0	0,650
	7	20,8	0,548
	2	10,4	0,605
	$3 \leq 120 \text{ mm}^2$	10,1	0,592
	$3 > 120 \text{ mm}^2$	9,462	0,605
6	4	11,84	0,628
	5	11,65	0,6005
	$6 \leq 16 \text{ mm}^2$	13,5	0,625
	$6 > 16 \text{ mm}^2$	12,4	0,635
	7	14,6	0,550
	2	13,34	0,611
	$3 \leq 120 \text{ mm}^2$	12,95	0,598
	$3 > 120 \text{ mm}^2$	12,14	0,611
	4	15,62	0,6252
	5	15,17	0,60
7	$6 \leq 16 \text{ mm}^2$	17,0	0,623
	$6 > 16 \text{ mm}^2$	15,4	0,635
	7	17,3	0,549

Fuente: NTP 370.301

En cuanto al segundo nivel, se utilizará **tabla 20** basada en NTP 370.301. Esta tabla incorpora criterios adicionales, como las condiciones ambientales y factores de corrección por temperatura, lo que permite seleccionar conductores que no solo sean adecuados para el uso previsto, también tiene que cumplir con los criterios de seguridad y eficiencia establecidos.

Tabla 20

Tabla de coeficientes y exponentes

Tabla de capacidad de corriente Nominal	Columna	Coeficiente y exponentes			
		A	m	B	n
8	$2 \leq 16 \text{ mm}^2$	16,8	0,62	-	
	$2 > 16 \text{ mm}^2$	14,9	0,646	-	
	$3 \leq 16 \text{ mm}^2$	14,3	0,62	-	
	$3 > 16 \text{ mm}^2$	14,9	0,64	-	
	4	17,1	0,632	-	
	$5 < 300 \text{ mm}^2$	13,28	0,6564	-	
	$5 > 300 \text{ mm}^2$	13,28	0,6564	6×10^{-5}	
	$6 < 300 \text{ mm}^2$	13,75	0,6581	-	
	$6 > 300 \text{ mm}^2$	13,75	0,6581	1.2×10^{-4}	
	7	18,75	0,637	-	
	8	15,8	0,654	-	
	9	$2 \leq 16 \text{ mm}^2$	20,5	0,623	-
$2 > 16 \text{ mm}^2$		18,6	0,646	-	-
$3 \leq 16 \text{ mm}^2$		17,8	0,623	-	-
$3 > 16 \text{ mm}^2$		16,4	0,637	-	-
4		20,8	0,636	-	-
$5 < 300 \text{ mm}^2$		16,0	0,6633	-	-
$5 > 300 \text{ mm}^2$		16,0	0,6633	6×10^{-4}	1,793
$6 < 300 \text{ mm}^2$		16,57	0,665	-	-
$6 > 300 \text{ mm}^2$		16,57	0,665	3×10^{-4}	1,876
7		22,9	0,644	-	-
8		19,1	0,662	-	-

Fuente: NTP 370.301

Para el cálculo del amperaje soportado en el primer nivel, teniendo en cuenta la **Tabla 21**, que ofrece los datos de corriente máxima permitida

para cable SPT de cobre a 60 °C. Esta tabla resulta fundamental para la selección del calibre adecuado de cable en circuitos de baja capacidad, como aquellos presentes en sistemas de iluminación o pequeños electrodomésticos. Los valores de amperaje varían según el calibre del cable, asegurando que los conductores elegidos puedan manejar la carga de manera segura, conforme a las especificaciones técnicas y normativas aplicables.

Tabla 21

Cable SPT

CABLE COBRE - SPT	
Temperatura	60 °C
Calibre de cable	Amperaje soportado
20 AWG	2 A
18 AWG	10 A
16 AWG	13 A
14 AWG	18 A
12 AWG	25 A

Fuente: (CONSTRUYENDOLH, 2018)

Con respecto al segundo nivel, se empleará la **Tabla 22**, que permite una mayor precisión al incluir diferentes tipos de aislantes y niveles de temperatura para cables de cobre. Esta tabla abarca tanto aplicaciones de menor como de mayor capacidad de corriente, incorporando aislantes TW, RHW, THW, THWN, THHN, XHHW-2 y THWN-2, en rangos de 60 °C, 70 °C, y 90 °C. La elección correcta del grosor del cable, tomando en cuenta el tipo de aislante y las condiciones

de temperatura, asegura que los cables seleccionados satisfagan los estándares de seguridad operativa y desempeño, asegurando la integridad del sistema eléctrico en situaciones más desafiantes.

Tabla 22

Amperaje por calibre de cable

AMPERAJE – CABLE DE COBRE			
Tipo de aislante	TW	RHW, THW, THWN	THHN, XHHW-2, THWN-2
Nivel de temperatura	60 °C	70 °C	90 °C
Calibre de cable	Amperaje soportado		
14 AWG	15 A	15 A	15 A
12 AWG	20 A	20 A	20 A
10 AWG	30 A	30 A	30 A
8 AWG	40 A	50 A	55 A
6 AWG	55 A	65 A	75 A
4 AWG	70 A	85 A	95 A
3 AWG	85 A	100 A	115 A
2 AWG	95 A	115 A	130 A
1 AWG	110 A	130 A	145 A
1/0 AWG	125 A	150 A	170 A
2/0 AWG	145 A	175 A	195 A
3/0 AWG	165 A	200 A	225 A
4/0 AWG	195 A	230 A	260 A

Fuente:(CONSTRUYENDOLH, 2018)

Cable seleccionado para luminarias Primer Nivel:

- Cable THW – 90 – 14 AWG

3.7.3.5 Selección de Interruptor Termomagnéticos por Circuito

Luminarias Primer Nivel

A continuación, procederemos a la selección del interruptor termomagnético adecuado para el circuito C1 de luminarias, empleando la **Ecuación 10**.

Esta ecuación nos permitirá determinar las características óptimas del interruptor, asegurando que proteja eficazmente el circuito contra sobrecargas y cortocircuitos, conforme a los requerimientos específicos del sistema de iluminación.

$$I = \frac{P}{V} \quad (10)$$

Donde:

- I es la corriente en amperios
- P es la carga ajustada en vatios
- V es la tensión eléctrica

3.7.3.5.1 Circuito C1 N°1: Área Primer Nivel Luminarias

En la Tabla 23, se presentan las áreas correspondientes al primer nivel y la carga ajustada en vatios para cada área. Con el total de vatios calculado previamente para el primer nivel, procederemos a aplicar la Ecuación 10 para seleccionar el interruptor termomagnético adecuado. Esto garantizará una protección eficaz del circuito de luminarias y el cumplimiento de los requisitos técnicos establecidos.

Tabla 23

Circuito C1 N°1: Circuito de cargas primer nivel



Áreas Primer Nivel	Carga Ajustada en Vatios
Prevención	90 W
Gaveteros 1	67.5 W
SS.HH. Damas	12.5 W
SS.HH. Varones	12.5 W
Área de lavado	90 W
Duchas Damas	12 W
Duchas Varones	12 W
Operaciones	45 W
Gaveteros 2	22.5 W
Almacén 1	7.5 W
Almacén 2	10 W
Gruta	2.5 W
Entrada Lateral	2.5 W
TOTAL:	386.5 W

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenido el total de vatios necesarios para el primer nivel en el circuito C1 número 1 de iluminación, procederemos a reemplazar este valor en la **Ecuación 10**

$$I = \frac{386.5 W}{220 V}$$

$$I = 1.757 A$$

El cálculo del total de vatios necesarios para el primer nivel en el circuito C1 número 1 de iluminación resultó en una carga de **1.757 A**. Basándonos en este resultado, se seleccionará un interruptor termomagnético de **10 A**. Esta elección asegura una protección adecuada del circuito, proporcionando un margen de seguridad frente a sobrecargas

y cortocircuitos, conforme a los requisitos técnicos y normativos establecidos.

3.7.3.5.2 Circuito C1 N°2: Sala de Maquina Luminarias Primer

Nivel

Se realizó el cálculo del total de vatios necesarios para el circuito C1 número 2, que cubre toda la sala de máquinas. Los detalles del cálculo se encuentran en la **Tabla 24**. Con base en el resultado obtenido, se seleccionará el interruptor termomagnético adecuado para este circuito. Este proceso es crucial para asegurar una protección eficaz y la conformidad con las especificaciones técnicas definidas para el sistema de iluminación de la sala de máquinas.

Tabla 24

Circuito C1 N°2: Circuito de carga sala de maquinas

Área Primer Nivel	Carga Ajustada en Vatios
Sala de Maquinas	1,260 W
TOTAL:	1,260 W

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenido el total de vatios necesarios para el primer nivel sala de máquinas en el circuito C1 número 2 de iluminación, procederemos a reemplazar este valor en la **Ecuación 10**.

$$I = \frac{1260 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$I = 5.7272 \text{ A}$$



El cálculo del total de vatios necesarios para el circuito C1 número 2, que abarca toda la sala de máquinas, resultó en una carga de **5.7272 A**. Basándonos en este resultado, se seleccionará un interruptor termomagnético de **10 A**. Esta elección garantiza una protección adecuada del circuito, proporcionando un margen de seguridad frente a sobrecargas y cortocircuitos, y cumpliendo con los requisitos técnicos y normativos establecidos.

3.7.3.5.3 Selección del Disyuntor Principal

Para la protección integral del sistema eléctrico del primer nivel, se seleccionó un disyuntor principal de 25 A. Este disyuntor es capaz de manejar la corriente total calculada para las luminarias y otros posibles consumos eléctricos, que asciende a 7.4841 A. La elección de un disyuntor de 25 A proporciona un margen adicional de seguridad, asegurando el corte automático en situaciones de exceso de carga o cortocircuito, lo que previene daños en la instalación y riesgos potenciales.

Además, esta selección cumple con las normativas vigentes, que requieren un disyuntor con capacidad suficiente para cubrir las cargas máximas previstas, que en este caso incluyen las luminarias del primer nivel, además de otros equipos eléctricos conectados que podrían incrementar la carga total. El disyuntor de 25 A garantiza una protección adecuada para toda la instalación del primer nivel, asegurando que el sistema funcione dentro de parámetros seguros (como evitar sobrecalentamientos y fallos en los equipos) y eficientes (manteniendo un funcionamiento óptimo y continuo sin interrupciones innecesarias).

3.7.3.5.4 Selección Técnica del Diseño de Instalaciones Eléctricas para el Primer Nivel

Un resumen detallado de los cálculos y selecciones realizadas para las instalaciones eléctricas del primer nivel de la Compañía de Bomberos se encuentra en la Tabla 25. Esta tabla incluye la carga total en kilovatios, el factor de simultaneidad aplicado a las luminarias, la corriente total calculada, la selección del calibre de los conductores y la elección de interruptores termomagnéticos por circuito. Estos parámetros garantizan que el diseño cumpla con las normativas vigentes, asegurando la seguridad y eficiencia del sistema eléctrico, además de prevenir posibles fallas por sobrecarga o cortocircuito en las luminarias instaladas.

Tabla 25

Selección Técnica del Diseño de Instalaciones Eléctricas para el Primer Nivel

Descripción	Resultado	Descripción Técnica
Carga Total en Kilovatios (Primer Nivel)	2.985 kW	Resultado obtenido al sumar la potencia nominal de todas las luminarias instaladas en el primer nivel.
Factor de Simultaneidad (Luminarias Primer Nivel)	Carga Total: 2.985 W Carga Ajustada: 1,646.5 W	La carga ajustada representa la demanda efectiva de potencia, tomando en cuenta que no todas las luminarias estarán encendidas al mismo tiempo.
Corriente Total (Luminarias Primer Nivel)	7.4841 A	La corriente total se calculó en base a la potencia ajustada y el voltaje del sistema.
Selección de Calibre de Conductores (Luminarias Primer Nivel)	Cable THW-90 - 14 AWG	Basado en la corriente total calculada, se seleccionó un conductor de calibre 14 AWG (American Wire Gauge), con aislamiento THW-90, adecuado para transportar la corriente sin sobrecalentamiento.
Selección de Interruptor Termomagnético	Interruptor 15 A (Área Primer Nivel)	Se optó por un termomagnético de 15 A para salvaguardar el circuito de luminarias del primer nivel,



Descripción	Resultado	Descripción Técnica
(Circuito C1 N°1)		garantizando la desconexión automática ante situaciones de sobrecarga o cortocircuito.
Selección de Interruptor Termomagnético (Circuito C1 N°2)	Interruptor 15 A (Sala de Máquinas)	Se eligió un interruptor termomagnético de 15 amperios para la Sala de Máquinas del primer nivel, con las mismas características de protección y corte ante fallos. Este interruptor asegura la protección del circuito dedicado a esta área crítica.
Selección de Disyuntor Principal	Disyuntor de 25 A	Para la protección general del sistema eléctrico del primer nivel, se seleccionó un disyuntor de 25 amperios, que defiende toda la instalación contra sobrecargas y cortocircuitos en la distribución principal.
Instalación de Barra de Tierra	Barra de Tierra con Conexiones Equipotenciales	Se sugiere instalar una barra de tierra que esté conectada a todos los equipos y conductores, asegurando así una adecuada puesta a tierra y previniendo riesgos de electrocución o daños ante fallos eléctricos.

Fuente: Elaboración propia

3.7.4. Planta Segundo Nivel Luminarias

3.7.4.1 Cálculo de Carga Total Luminarias Segundo Nivel

Según el cálculo de luminarias para el primer nivel, se presenta la **Tabla 26**, que se ha creado en función de los resultados obtenidos mediante el software DIALux. Los detalles completos del cálculo lumínico están disponibles en el **Anexo 5**.



Tabla 26

Luminarias Seleccionadas Segundo Nivel

Unidades	Fabricante	Potencia mínima	Lúmenes mínimos	Rendimiento Lumínico
1	Opcional	25.0 W	1866 lm	74.6 lm/W
36	Opcional	29.2 W	4000 lm	137.0 lm/W
34	Opcional	56.3 W	6194 lm	110.1 lm/W
7	Opcional	40.0 W	3976 lm	99.4 lm/W
5	Opcional	11.9 W	1215 lm	102.3 lm/W

Fuente: Elaboración Propia

La selección de luminarias realizada con el programa Dialux se ilustra en la Figura 52. En esta figura se detalla la cantidad de cada tipo de luminaria, así como los requisitos mínimos de potencia y flujo luminoso (lúmenes), además del cálculo del rendimiento lumínico para cada una. Este análisis exhaustivo garantiza que las luminarias elegidas satisfacen las especificaciones necesarias para ofrecer una iluminación adecuada, eficiente y respalda la **tabla 26**.

Figura 52

Lista de Luminarias Anexo 5



Fuente: Elaboración Propia

Conforme a las luminarias elegidas y la potencia de cada una, se realiza el cálculo total de la carga necesario para dimensionar adecuadamente los componentes eléctricos. Este cálculo se efectúa a través de la suma ponderada de las potencias correspondientes a cada tipo de luminaria. Este proceso, esencial en el diseño eléctrico, permite determinar la correcta capacidad de los conductores y la selección de los dispositivos de protección necesarios, asegurando de esta manera un funcionamiento seguro y eficiente de la instalación, de acuerdo con las normativas eléctricas peruanas, Usaremos la ecuación 7 para calcular la



carga total y la ecuación 8 para convertirla a kilovatios, reemplazando los valores en la ecuación 7.

$$\text{Carga Total (W)} = (1 \times 25) + (36 \times 30) + (34 \times 57) + (7 \times 40) + (5 \times 12)$$

$$\text{Carga Total (W)} = 3,383$$

Convertimos la Carga Total en Kilovatios utilizando la Ecuación 8

$$\text{Carga Total (kW)} = \frac{\text{Carga Total (W)}}{1000}$$

$$\text{Carga Total (Kw)} = 3.383$$

3.7.4.2 Cálculo Factor de Simultaneidad Luminarias Segundo Nivel

Se empleará un método similar al utilizado en el primer nivel. La carga total ajustada se calculará utilizando la ecuación 8, que se define como el producto de la Carga Total por el Factor de Simultaneidad.

Se presenta un resumen detallado de los cálculos realizados para el segundo nivel de la Compañía de Bomberos Puno 42 en la Tabla 27. Esta tabla incluye los siguientes parámetros: la potencia nominal de las luminarias instaladas, el ambiente específico dentro del segundo nivel, el factor de simultaneidad aplicado y la carga ajustada resultante.

Tabla 27

Calculo del factor de simultaneidad

Ambiente	Potencia Nominal	Factor de simultaneidad	de Carga ajustada
Departamental	114 W	0.5 (media frecuencia)	57 W



Ambiente	Potencia Nominal	Factor de simultaneidad	Carga ajustada
Secretaria	90 W	0.5 (media frecuencia)	45 W
SS.HH. Depart.	60 W	0.1 (baja frecuencia)	6 W
Escaleras	120 W	0.6 (media frecuencia)	72 W
Cuadra Mujeres	116 W	0.4 (baja frecuencia)	46.4 W
Escaleras 2	120 W	0.6 (media frecuencia)	72 W
Cuadra Varones	120 W	0.4 (baja frecuencia)	48 W
Área de Lavado	80 W	0.4 (baja frecuencia)	32 W
SS.HH. Damas	12 W	0.5 (media frecuencia)	6 W
SS.HH. Varones	12 W	0.5 (media frecuencia)	6 W
Gimnasio	240 W	0.2 (baja frecuencia)	48 W
Salón General	1,140 W	0.7 (alta frecuencia)	798 W
Área de Descanso	60 W	0.3 (baja frecuencia)	18 W
Área de Uso Común	342 W	0.7 (alta frecuencia)	239.4 W
Cocina Comedor	342 W	0.7 (alta frecuencia)	239.4 W
Almacén	25 W	0.1 (baja frecuencia)	2.5 W



Ambiente	Potencia Nominal	Factor de simultaneidad	de Carga ajustada
Sanidad	60 W	0.2 (baja frecuencia)	12 W
Pasillo	30 W	0.1 (baja frecuencia)	3 W
Disciplina	60 W	0.5 (media frecuencia)	30 W
Administración	120 W	0.7 (alta frecuencia)	84 W
Comandancia	120 W	0.8 (alta frecuencia)	96 W
Tratamientos	30 W	0.2 (baja frecuencia)	6 W
TOTAL:	3,413 W	Carga Total Ajustada:	1,966.7 W

Fuente: Elaboración Propia

3.7.4.3 Cálculo de Corriente Total Luminarias Segundo Nivel

Para calcular la corriente total en amperios (A) de las luminarias instaladas en el segundo nivel de la Compañía de Bomberos Puno 42, se aplicará la **Ecuación 9**. Esta ecuación se utiliza con la finalidad de calcular la corriente total a partir de la carga ajustada, un paso esencial para garantizar que los componentes eléctricos estén dimensionados adecuadamente para soportar la demanda real de potencia, reemplazamos en la **Ecuación 9**.

$$Corriente\ Total\ (A) = \frac{Carga\ Total\ Ajustada\ (W)}{Tension\ de\ la\ Red\ (V)}$$



$$\text{Corriente Total (A)} = \frac{1,966.7 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$\text{Corriente Total (A)} = 8.94 \text{ A}$$

3.7.4.4 Selección Calibre de Conductores Luminarias Segundo

Nivel

La elección de los conductores para la instalación eléctrica del segundo nivel se llevará a cabo con los criterios establecidos en las Tablas 9 y 10, conforme a NTP 370.301. Esta metodología sigue el mismo procedimiento utilizado previamente para el primer nivel, asegurando la coherencia y adecuación en la selección de conductores a lo largo de toda la instalación.

Cable seleccionado para luminarias:

- **Cable THW – 90 – 12 AWG**

3.7.4.5 Selección de Interruptor Termomagnéticos por Circuito

Luminarias Segundo Nivel

En el segundo nivel, procederemos a la selección del interruptor termomagnético adecuado para el circuito C1 número 3 de luminarias, empleando la **Ecuación 10**. Al igual que en el primer nivel, esta ecuación nos permitirá determinar las características óptimas del interruptor, asegurando una protección eficaz del circuito contra sobrecargas y cortocircuitos.



3.7.4.5.1 Circuito C1 N°3: Oficinas y Áreas Cerradas Segundo

Nivel Luminarias

En la **Tabla 28**, se presentan las áreas correspondientes al segundo nivel y la carga ajustada en vatios para cada área. Con el total de vatios calculado para el segundo nivel, procederemos a aplicar la **Ecuación 10** para seleccionar el interruptor termomagnético adecuado.

Tabla 28

Circuito C1 N°3: Oficinas y Áreas Cerradas Segundo Nivel

Áreas Segundo Nivel	Carga Ajustada en Vatios
Departamental	57 W
Secretaria	45 W
SS.HH. Depart.	6 W
Escaleras	72 W
Cuadra Mujeres	46.4 W
Escaleras 2	72 W
Cuadra Varones	48 W
Área de Lavado	32 W
SS.HH. Damas	6 W
SS.HH. Varones	6 W
Almacén	2.5 W
Sanidad	12 W
Pasillo	3 W
Disciplina	30 W
Administración	84 W
Comandancia	96 W
Tratamientos	6 W
TOTAL:	623.9 W

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenido el total de vatios necesarios para el segundo nivel en el circuito C1 número 3 de iluminación, procederemos a reemplazar este valor en la **Ecuación 10**

$$I = \frac{623.9 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$I = 2.836 \text{ A}$$

El cálculo del total de vatios necesarios para el segundo nivel en el circuito C1 número 3 de iluminación resultó en una carga de **2.836 A**. Basándonos en este resultado, se seleccionará un interruptor termomagnético de 4 A, con un rango ajustable hasta **15 A**, para facilitar su disponibilidad. Esta elección asegura una protección adecuada del circuito, proporcionando un margen de seguridad frente a sobrecargas y cortocircuitos, y cumpliendo con los requisitos técnicos y normativos establecidos.

3.7.4.5.2 Circuito C1 N°4: Áreas compartidas Segundo Nivel

Se realizó el cálculo del total de vatios necesarios para el circuito C1 N° 4, que abarca las áreas compartidas del segundo nivel. Los detalles del cálculo se encuentran en la **Tabla 29**. Con base en el resultado obtenido, se seleccionó el interruptor termomagnético adecuado para este circuito. Este proceso es fundamental para garantizar una protección adecuada y la adherencia a los requisitos técnicos establecidos conforme a las legislaciones de iluminación en las áreas compartidas del segundo nivel.

Tabla 29*Circuito C1 N° 4: Áreas compartidas Segundo Nivel*

Área Segundo Nivel	Carga Ajustada en Vatios
Gimnasio	48 W
Salón General	798 W
Área de Descanso	18 W
Área de Uso Común	239.4 W
Cocina Comedor	239.4 W
TOTAL:	1,342.8 W

Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenido el total de vatios necesarios para el segundo nivel áreas compartidas en el circuito C1 número 4 de iluminación, procederemos a reemplazar este valor en la **Ecuación 10**

$$I = \frac{1,342.8 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$I = 6.1036 \text{ A}$$

El cálculo del total de vatios necesarios para el circuito C1 número 4, que abarca las áreas compartidas del segundo nivel, resultó en una carga de **6.1036 A**. Basándonos en este resultado, se seleccionará un interruptor termomagnético de 8 A, con un rango ajustable hasta **15 A**, para facilitar su disponibilidad. Esta elección garantiza una protección adecuada del circuito, proporcionando un margen de seguridad frente a sobrecargas y cortocircuitos, y cumpliendo con los requisitos técnicos y normativos establecidos.



3.7.4.5.3 Selección del Disyuntor Principal

Para la protección integral del sistema eléctrico del primer nivel, se seleccionó un disyuntor principal de 25 A. Este disyuntor es capaz de manejar la corriente total calculada para las luminarias y otros posibles consumos eléctricos, que asciende a 8.94 A. La elección de un disyuntor de 25 A proporciona un margen adicional de seguridad, lo que previene daños en la instalación y riesgos potenciales.

Además, esta selección cumple con las normativas vigentes, que requieren un disyuntor con capacidad suficiente para cubrir las cargas máximas previstas, que en este caso incluyen las luminarias del primer nivel, además de otros equipos eléctricos conectados que podrían incrementar la carga total. El disyuntor de 25 A garantiza una protección adecuada para toda la instalación del primer nivel, asegurando que el sistema funcione dentro de parámetros seguros (como evitar sobrecalentamientos y fallos en los equipos) y eficientes (manteniendo un funcionamiento óptimo y continuo sin interrupciones innecesarias).

3.7.4.5.4 Selección Técnica del Diseño de Instalaciones Eléctricas para el Segundo Nivel

Se presenta un resumen detallado de los cálculos y selecciones realizadas para las instalaciones eléctricas del segundo nivel de la Compañía de Bomberos representados en la **tabla 30**. En esta tabla se incluyen la carga total en kilovatios para el segundo nivel, el factor de simultaneidad aplicado a las luminarias, la corriente total calculada, así como la selección de calibre de conductores y los interruptores

termomagnéticos por circuito. También se especifica la elección del disyuntor principal y la instalación de la barra de tierra.

Tabla 30*Selección Técnica del Diseño de Instalaciones Eléctricas para el Segundo Nivel*

Ambiente	Potencia Nominal	Factor de simultaneidad
Carga Total en Kilovatios (Primer Nivel)	3.383 kW	Resultado obtenido al sumar la potencia nominal de todas las luminarias instaladas en el primer nivel.
Factor de Simultaneidad (Luminarias Primer Nivel)	Carga Total: 3,413 W Carga Ajustada: 1,966.7 W	La carga ajustada representa la demanda efectiva de potencia, tomando en cuenta que no todas las luminarias estarán encendidas al mismo tiempo.
Corriente Total (Luminarias Primer Nivel)	8.94 A	La corriente total se calculó en base a la potencia ajustada y el voltaje del sistema.
Selección de Calibre de Conductores (Luminarias Primer Nivel)	Cable THW-90 - 12 AWG	Basado en la corriente total calculada, se seleccionó un conductor de calibre 12 AWG (American Wire Gauge), con aislamiento THW-90, adecuado para transportar la corriente sin sobrecalentamiento.
Selección de Interruptor Termomagnético (Circuito C1 N°3)	Interruptor 15 A (Oficinas y Áreas Cerradas Segundo Nivel)	Se eligió un interruptor termomagnético de 10 amperios para proteger el circuito de luminarias del primer nivel, garantizando la desconexión automática en situaciones de sobrecarga o cortocircuito, cumpliendo con los estándares de seguridad eléctrica.
Selección de Interruptor Termomagnético (Circuito C1 N°4)	Interruptor 15 A (Áreas compartidas Segundo Nivel)	Se eligió un interruptor termomagnético de 15 amperios para la Sala de Máquinas del primer nivel, con las mismas características de protección y corte ante fallos. Este interruptor asegura la protección del circuito dedicado a esta área crítica.



Ambiente	Potencia Nominal	Factor de simultaneidad
Selección de Disyuntor Principal	Disyuntor de 25 A	Para la protección general del sistema eléctrico del primer nivel, se seleccionó un disyuntor de 25 amperios, Este interruptor termomagnético protege toda la instalación contra sobrecargas y cortocircuitos en la distribución principal.
Instalación de Barra de Tierra	Barra de Tierra con Conexiones Equipotenciales	Se sugiere instalar una barra de tierra conectada a los equipos y conductores para asegurar una adecuada puesta a tierra, evitando riesgos de electrocución o daños en caso de fallos eléctricos.

Fuente: Elaboración propia

3.7.5. Cálculo de Circuitos de Tomas de Corriente

3.7.5.1 Planta Primer Nivel Calculo de Circuitos Enchufes

Cuando se planifican y dimensionan los circuitos internos de una vivienda, es esencial considerar las directrices establecidas en las Instrucciones ITC-BT-25 y 26 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Estas instrucciones abordan aspectos como el trazado, la instalación, el cálculo y las características de los cables.

Se consideran las siguientes normas:

- El REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, que aprueba el Reglamento Electrotécnico Para Baja Tensión (REBT). Específicamente, se debe prestar atención a las siguientes Instrucciones Técnicas Complementarias:
- ITC-BT-25: Directrices para instalaciones internas en viviendas, abordando el número de circuitos y sus características.
- ITC-BT-26: Directrices para instalaciones internas en viviendas, que establecen prescripciones generales de instalación.



3.7.5.2 Dimensionamiento

El proceso de dimensionamiento se lleva a cabo considerando los siguientes aspectos:

- El número de puntos de uso por circuito.
- Los coeficientes de simultaneidad y uso.
- La potencia calculada para cada toma de corriente.
- La corriente máxima permitida para los conductores.
- La disminución de voltaje o caída de tensión.

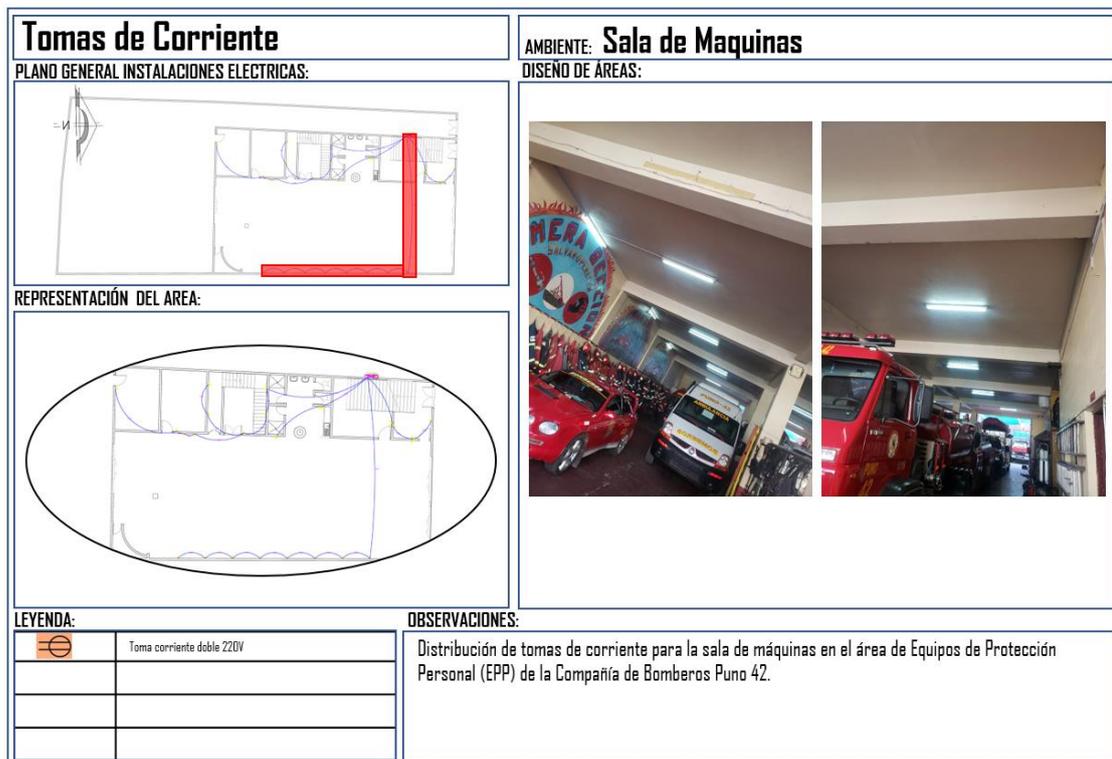
Los elementos de conducción tienen que ser de cobre, con aislamiento adecuado y una capacidad de tensión mínima de 450/750 V. Los conductores de protección, también de cobre, deben colocarse en el mismo ducto que los conductores activos. Se establecen dimensiones mínimas para cada circuito, y se permite una caída de tensión máxima del 3% respecto a la tensión nominal. Este descenso se calcula en función de la corriente nominal del interruptor automático y la distancia hasta el punto de utilización más distante. La corriente máxima admisible para el conductor de fase se especifica en la Tabla A.52-1 BIS1, y el conductor neutro debe tener el mismo calibre que el de fase. (Antón, Giménez, Cabanes, Villa, & María, 2011)

3.7.5.3 Circuito C2 Tomas de Corriente de Uso General Sala de Máquinas – EPP

La distribución de las tomas de corriente requeridas para la sala de máquinas en el sector de EPP se ilustra en la **Figura 57** donde podemos visualizar el área mencionada junto con los planos eléctricos correspondientes.

Figura 53

Tomas de corriente Sala de Máquinas - EPP



Fuente: Elaboración Propia

Los resultados obtenidos para el circuito C2, que incluye 16 salidas y 8 tomas de corriente dobles, se detallan en la Tabla 31. La distancia máxima del recorrido de la instalación eléctrica alcanza los 32 metros.

Tabla 31

Circuito C2 Tomas de Corriente de Uso General Sala de Máquinas – EPP



CARACTERÍSTICAS

Cantidad de enchufes colocados en el circuito C2	16
Distancia a partir del inicio de circuito hasta el extremo más distante	32 m

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.3.1 Determinación de la Corriente del Circuito Sala de Máquinas – EPP

Para determinar la corriente del circuito C2 destinado a los enchufes, emplearemos **ecuación 11**. Esta ecuación es fundamental para calcular con precisión la corriente que fluye a través del circuito, garantizando de esta manera un diseño apropiado y seguro de acuerdo con las normativas técnicas actuales.

$$I = N \times Ia \times Fs \times Fu \quad (11)$$

Definimos que:

- **Número de Tomas o Receptor (N):** Utilizaremos el límite máximo establecido por circuito, que es 20 para el C2 según la **Figura N° 27**
- **Intensidad Prevista por Tomas o Receptor (Ia):** Indica la corriente esperada para cada dispositivo.
- **Factor de Simultaneidad (Fs):** Representa la proporción de dispositivos conectados simultáneamente con respecto al total. Para el C2, este factor es 0,2 según la **Figura N° 27**.

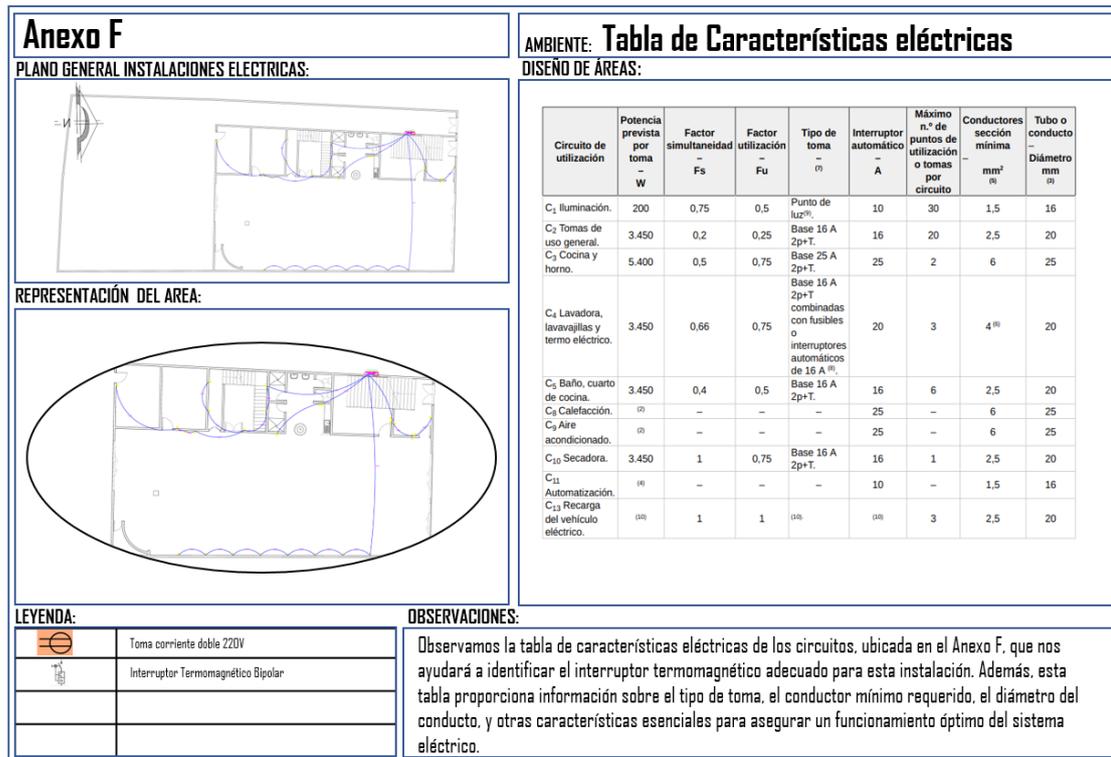


- **Factor de Utilización (Fu):** Refleja el uso promedio de la potencia máxima del equipo. Para el circuito C2, este factor es 0,25 de acuerdo con la **Figura N° 27**

En la **Figura 54** Se muestra la tabla de especificaciones eléctricas de los circuitos, que está ilustrada en el **Anexo 6**. Esta tabla es esencial para determinar diversos aspectos críticos del diseño eléctrico, como el tipo de conductor, la sección mínima requerida para los conductores, y el número máximo de puntos de uso o tomacorrientes por circuito, el interruptor termomagnético adecuado, el tipo de toma, el coeficiente de utilización, el coeficiente de simultaneidad, y la potencia estimada por toma. Esta información es esencial para garantizar un diseño eléctrico que cumpla con los estándares técnicos y de seguridad establecidos. Para una visualización más detallada de la tabla, es necesario dirigirse al **Anexo 6**.

Figura 54

Características eléctricas de los circuitos



Fuente: Características eléctricas de los circuitos (BOE, 2023)

Se utilizará la **Ecuación 12** para calcular la corriente eléctrica en el circuito, determinando la corriente prevista por toma (Ia). Esta ecuación es fundamental para calcular la corriente en función de la potencia, el voltaje y el factor de potencia, asegurando un diseño eléctrico eficiente que cumpla con los requisitos técnicos del sistema.

$$I = \frac{P}{U * \cos \varphi} \quad (12)$$

Donde:

P = 3,450 W (potencia para el circuito C2 de acuerdo a la tabla)



$$U = 220V$$

$$\text{Cos}\varphi = 1$$

$$\therefore I_a = \frac{3450}{220 * 1} = 15.68A$$

Para determinar el valor necesario, procederemos a sustituir todos los valores en la **Ecuación 11**. Esta ecuación, que forma parte del procedimiento de cálculo, nos permitirá obtener el resultado requerido para el diseño del sistema eléctrico.

$$I = 16 \times 15.68 \times 0.2 \times 0.25 = 12.544 A$$

∴ El Termomagnetico Tiene que ser Superior a 13A

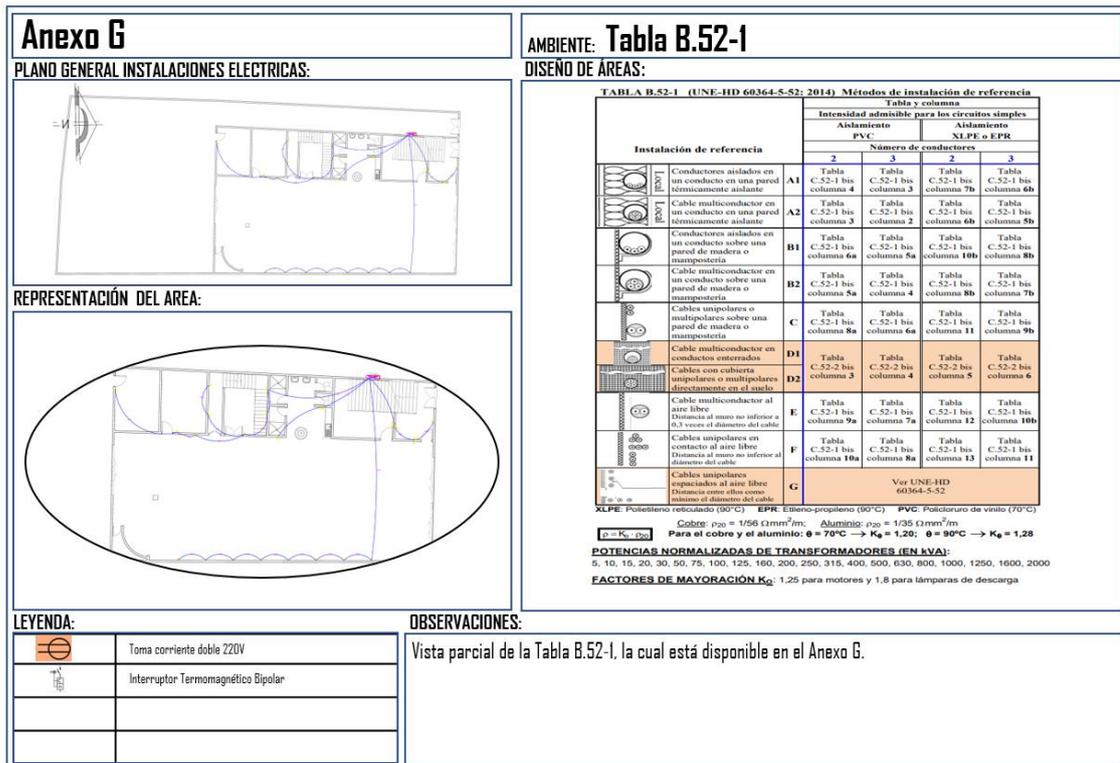
El interruptor termomagnético debe tener una capacidad superior a **13 A** para asegurar una protección adecuada del circuito.

3.7.5.3.2 Elección del Tamaño del Conductor de Fase para la Sala de Máquinas – EPP

Para determinar los conductores de fase, se utilizará la **Método de instalación referencial B.52-1**, la cual se encuentra en el Anexo 7. Esta tabla proporciona la información necesaria para seleccionar los conductores adecuados según los requisitos técnicos. Podemos ver en la **Figura 55** una captura parcial que representa el método de instalación referencial B.52-1 contenida en el Anexo 7. Para una confirmación detallada y completa, será necesario revisar el Anexo 7 en su totalidad.

Figura 55

Método de instalación referencial B.52-1 del Anexo 7

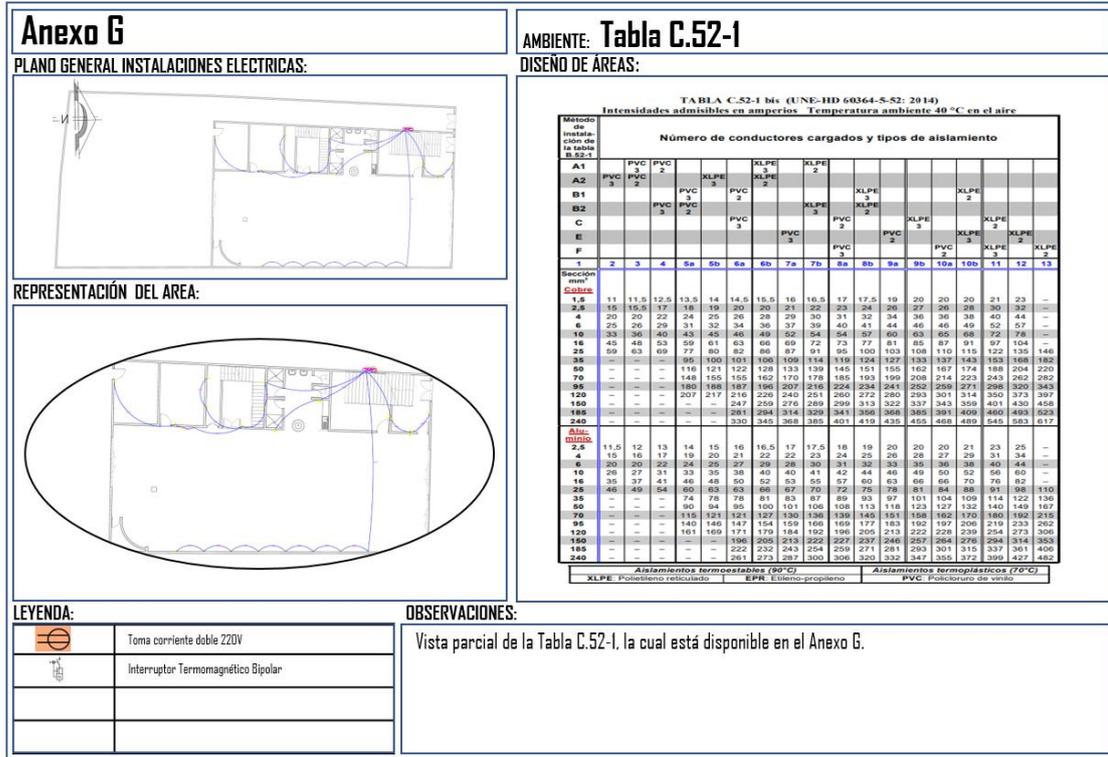


Fuente: Elaboración propia

Los Números de conductores cargados y tipos de aislamiento C.52-1 que se utilizará para la selección de conductores. Se encuentra en el Anexo 7 y es fundamental para asegurar que los conductores cumplen con las especificaciones técnicas. En la Figura 56 se presenta una captura parcial de la tabla que indica los Números de conductores cargados y tipos de aislamiento C.52-1. Al igual que con la tabla anterior, se recomienda revisar el Anexo 7 completamente para una verificación exhaustiva.

Figura 56

Números de conductores cargados y tipos de aislamiento C.52-1 del Anexo 7



3.7.5.3.3 Comprobación de la Caída de Tensión para la Sala de Máquinas – EPP

La tensión máxima permitida no deberá superar el 3% desde cualquier punto de la instalación hasta el punto inicial. (ESTADO, 2023)

Para verificar esta condición, se empleará la **Ecuación 13** para verificar que la caída de tensión permanezca dentro de los límites permitidos.

$$\delta = \frac{2 * P}{U} * \rho * \frac{L}{S} \quad (13)$$

Debemos considerar lo siguiente:

- Procederemos a comprobar la sección obtenida de 4 mm².
- La conductividad del cobre a 70° es $\rho=1/56 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.
- La longitud del circuito es de 32 m.
- El 3% de la tensión nominal (220 V) equivale a 6,6 V.
- De acuerdo con la Tabla 1, el interruptor automático del circuito C2 es de 16 A. Por lo tanto, la potencia utilizada para calcular la caída de tensión en C2 corresponderá a la intensidad nominal de este interruptor automático.

$$P = I * U * \cos \varphi \quad (14)$$

$$P = 16 * 220 * 1 = 3,520 W$$

Continuamos reemplazando los valores en la Ecuación 13 para llevar a cabo el cálculo de la caída de tensión pertinente.

$$\delta = \frac{2 * 3,520}{220} * \frac{1}{56} * \frac{32}{4} = 4.57V < 6,6V$$

∴ La sección de 4 mm² satisface los requisitos de pérdida de tensión

Comparado con el límite permitido de 6.6 V, el resultado obtenido es 4.57 V, que está por debajo del umbral máximo. Por lo tanto, una sección de 4 mm² (12 AWG) satisface los requisitos establecidos para la pérdida de tensión.

3.7.5.3.4 Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para la Sala de Máquinas – EPP

La medida del cableado para la protección se determinará de acuerdo a lo establecido en la **Tabla 33** junto a cálculos de acuerdo con las pautas especificadas en la Norma UNE 20.460-5-54, sección 543.1.1. (BOE, 2023)

Tabla 33

Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase

Sección de los conductores de fase de la instalación $S(\text{mm}^2)$	Sección mínima de los conductores de protección $S_p(\text{mm}^2)$
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Fuente: (BOE, 2023)

El tamaño del tubo se determina utilizando la última columna de la Tabla C.52-1 del Anexo 7. En esta situación, el diámetro externo del tubo requerido es 20mm.

Las características y tipos de conductores adecuados para el circuito C2, destinado a las tomas de corriente en la sala de máquinas - EPP, se presentan en la Tabla 34. Esta tabla proporciona información esencial para la correcta selección y aplicación de los conductores en este contexto específico.

Tabla 34

Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente en Sala de Máquinas – EPP.

Especificaciones de los Conductores en la Instalación Eléctrica		
Circuito C2 Tomas de Corriente de Uso General Sala de Máquinas – EPP		
Características	Valor Elegido	Unidad
Tensión asignada	450/750V	V
Tipo de conductor	Unipolar y Aislados	-
Ubicación	Empotrados	-
Diámetro del tubo	20mm	mm

Especificaciones de los Conductores en la Instalación Eléctrica		
Circuito C2 Tomas de Corriente de Uso General Sala de Máquinas – EPP		
Conductores	Sección	Material
Fase	4mm ²	Cobre
Neutro	4mm ²	Cobre
Protección	4mm ²	Cobre

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.4 Circuito C2 Tomas de Corriente de Uso General Prevención y Gaveteros 1

Los resultados obtenidos para el circuito C2, que incluye Tomas de Corriente de Uso General, Prevención y Gaveteros 1, se muestran en la Tabla 35. Este circuito cuenta con 14 salidas y 7 tomas de corriente dobles. La longitud máxima del recorrido de la instalación eléctrica es de 32 metros.

Tabla 35

Circuito C2 Tomas de Corriente de Uso General Prevención y Gaveteros 1

CARACTERÍSTICAS	
Cantidad de enchufes colocados en el circuito C2	14
Distancia desde el inicio del circuito hasta el punto más distante	7 m

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.4.1 Determinación de la Corriente del Circuito C2 Prevención y Gaveteros

Para determinar la corriente del circuito C2 destinado a las tomas de corriente, emplearemos la **Ecuación 12**

Definimos que:

$P = 3,450 \text{ W}$ (potencia para el circuito C2 de acuerdo a la tabla)

$U = 220\text{V}$

$\text{Cos}\varphi = 1$



$$\therefore I_a = \frac{3450}{220 * 1} = 15.68A$$

Reemplazando todos los valores en la **Ecuación 11**:

$$I = 14 \times 15.68 \times 0.2 \times 0.25 = 10.976 A$$

∴ El Termomagnetico Tiene que ser Superior a 12A

El interruptor termomagnético debe tener una capacidad superior a **12 A** para asegurar una protección adecuada del circuito.

3.7.5.4.2 Elección del Tamaño del Conductor de Fase para Prevención y Gaveteros

Para elegir el conductor de fase en el circuito de Prevención y Gaveteros 1, se ha consultado la tabla del Anexo 7. En este análisis, se consideró que la instalación está empotrada bajo tubo, siguiendo el método de instalación B1, de acuerdo con la norma UNE-HD 60364-5-52: 2014. También se tuvo en cuenta el tipo de aislamiento, que es de clase PVC2, así como el número de conductores activos en el sistema. Con base en estos criterios, se seleccionó un conductor de fase de 4 mm², garantizando que cumple con los requisitos técnicos para manejar la corriente nominal de forma segura y eficiente. Los resultados de este cálculo se resumen en la Tabla 36, asegurando el cumplimiento normativo y la funcionalidad del sistema eléctrico en este entorno.

Tabla 36*Elección del Tamaño del Conductor de Fase Prevención y Gaveteros 1*

CONSIDERACIONES	
- Instalación empotrada bajo tubo	- Método de instalación B1 (Tabla B.52-1 (UNE-HD 60364-5-52: 2014))
- Clase de aislamiento y cantidad de conductores activados	- PVC2

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.4.3 Comprobación de la Caída de Tensión para Prevención y Gaveteros

Para verificar esta condición, se reemplazará la **Ecuación 13** para comprobar que la caída de tensión se mantenga dentro de los límites establecidos.

Debemos considerar lo siguiente:

- Vamos a verificar la sección obtenida de 1.5 mm².
- La conductividad del cobre a 70° es $\rho=1/56 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.
- La longitud del circuito es de 7 m.
- El 3% de la tensión nominal (220 V) equivale a 6,6 V.
- El interruptor automático del circuito C2, según la **Tabla C.52-1**, es de 16 A. Por lo tanto, la potencia utilizada para calcular la caída de tensión en C2 será equivalente a la intensidad nominal del interruptor automático de dicho circuito.

$$P = 16 * 220 * 1 = 3,520 W$$

Procedemos a sustituir los valores en la **Ecuación 13** para realizar el cálculo de la caída de tensión correspondiente.

$$\delta = \frac{2 * 3,520}{220} * \frac{1}{56} * \frac{7}{1.5} = 2.666667V < 6,6V$$



∴ *La sección de 1.5 mm² satisface los requisitos de pérdida de tensión*

Comparado con el límite permitido de 6.6 V, el resultado obtenido es 2.66667 V, que está por debajo del umbral máximo. Por lo tanto, una sección de 4 mm² satisface los requisitos establecidos para la pérdida de tensión.

3.7.5.4.4 Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para Prevención y Gaveteros

Para elegir las dimensiones del neutro, el conductor de protección y el tubo de protección en el circuito de Prevención y Gaveteros 1, se ha utilizado la Tabla 31 y se han realizado los cálculos pertinentes de acuerdo con las directrices de la norma UNE 20.460-5-54, sección 543.1.1. El tamaño del tubo de protección se ha establecido empleando la última columna de la Tabla C.52-1 del Anexo 7, lo que da como resultado un diámetro externo de 20mm.

Las especificaciones de los conductores elegidos para el circuito C2, que se utiliza para las tomas de corriente en Prevención y Gaveteros 1, se presentan en la Tabla 37. Esta tabla ofrece información detallada sobre los conductores de fase, neutro y protección, todos con una sección de 4 mm² y fabricados en cobre, cumpliendo con los requisitos técnicos para una instalación empotrada con conductores unipolares y aislados. La selección garantiza un dimensionamiento adecuado de los conductores y del tubo de protección, optimizando la seguridad y la eficiencia en este entorno eléctrico particular.

Tabla 37*Conductores* en Circuito C2 para Tomas de Corriente de Prevención y Gaveteros 1

Especificaciones de los Conductores en la Instalación Eléctrica**Circuito C2 Tomas de Corriente de Prevención y Gaveteros 1**

Características	Valor Elegido	Unidad
Tensión asignada	450/750V	V
Tipo de conductor	Unipolar y Aislados	-
Ubicación	Empotrados	-
Diámetro del tubo	20mm	mm
Conductores	Sección	Material
Fase	4mm ²	Cobre
Neutro	4mm ²	Cobre
Protección	4mm ²	Cobre

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.5 Circuito C2 Tomas de Corriente de Uso General Duchas y Áreas de Lavado

Los resultados obtenidos para el circuito C2, que abarca las Tomas de Corriente de Uso General en Duchas y Áreas de Lavado, se muestran en la Tabla 38. Este circuito está constituido por 6 salidas y 3 tomas de corriente dobles. La longitud máxima del recorrido de la instalación eléctrica es de 9 metros.

Tabla 38

Circuito C2 Tomas de Corriente de Uso General Duchas y Áreas de Lavado

CARACTERÍSTICAS	
Cantidad de enchufes colocados en el circuito C2:	6
Distancia desde el inicio del circuito hasta el punto más distante:	9m

Nota. Utilizando la Tabla C.52-1 bis (UNE-HD 60364-5-52: 2014) **Anexo 7**

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.5.1 Determinación de la Corriente del Circuito Uso General Duchas y Áreas de Lavado

Según la Ecuación 12:

Definimos que:

$P = 3,450 \text{ W}$ (potencia para el circuito C4 de acuerdo a la tabla)

$U = 220\text{V}$

$\text{Cos}\varphi = 1$

$$\therefore I_a = \frac{3450}{220 * 1} = 15.68\text{A}$$

Reemplazando todos los valores en la **Ecuación 11**:

$$I = 3 \times 15.68 \times 0.66 \times 0.75 = 23.2848 \text{ A}$$

*\therefore El Termomagnetico Tiene que ser Superior a **24A***

3.7.5.5.2 Elección del Tamaño del Conductor de Fase Uso General Duchas y Áreas de Lavado



La elección del tamaño del conductor de fase para el uso general en duchas y áreas de lavado se presenta en la Tabla 39, cumpliendo con las normativas de instalación eléctrica. Esta selección se realizó teniendo en cuenta una instalación empotrada bajo tubo, utilizando el método de instalación B1 del Anexo 7, que define los criterios adecuados según las características del entorno. Los conductores elegidos poseen aislamiento PVC2, lo que garantiza una resistencia óptima en condiciones de humedad. Adicionalmente, se ha utilizado el Anexo 7 para corroborar que los conductores cumplen con los requisitos técnicos exigidos. Esta combinación de tablas garantiza que la instalación en duchas y áreas de lavado se realice de manera segura y eficiente, cumpliendo con las normativas de seguridad eléctrica aplicables.

Tabla 39

Elección del Tamaño del Conductor de Fase Duchas y Áreas de Lavado

CONSIDERACIONES	
- Instalación empotrada bajo tubo	- Método de instalación B1 (Tabla B.52-1 (UNE-HD 60364-5-52: 2014)
- Clase de aislamiento y cantidad de conductores activados	- PVC2

Nota. Utilizando la Tabla C.52-1 (UNE-HD 60364-5-52: 2014) **Anexo 7**

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.5.3 Comprobación de la Caída de Tensión Duchas y Áreas de Lavado

Según Ecuación 13:

Debemos considerar lo siguiente:

- Vamos a verificar la sección obtenida de 4 mm².
- La conductividad del cobre a 70° es $\rho=1/56 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.
- La longitud del circuito es de 9 m.
- El 3% de la tensión nominal (220 V) equivale a 6,6 V.
- El interruptor automático del circuito C4, según la Tabla C.52-1, es de 20 A. Por lo tanto, la potencia utilizada para calcular la caída de tensión en C4 será equivalente a la intensidad nominal del interruptor automático de dicho circuito.

$$P = 20 * 220 * 1 = 4,400 W$$

Remplazamos en la **Ecuación 13**:

$$\delta = \frac{2 * 4,400}{220} * \frac{1}{56} * \frac{9}{4} = 1.607V < 6,6V$$

∴ La sección de 4 mm² satisface los requisitos de pérdida de tensión, sin embargo se utilizara la sección de 4mm² para uniformidad y accesibilidad

3.7.5.5.4 Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para Duchas y Áreas de Lavado

Para una óptima elección para el circuito destinado a las duchas y áreas de lavado, se ha seguido lo estipulado en la Tabla 31 o mediante cálculos basados en UNE 20.460-5-54, sección 543.1.1 (BOE, 2023). Esta norma proporciona los criterios técnicos para asegurar que el cableado sea seleccionado correctamente, garantizando lo especificado en la normativa mencionada.

El tamaño del tubo protector se ha determinado empleando Tabla C.52-1 del Anexo 7, lo que resultó en la selección de un tubo de 20mm. Este valor es el ideal para la instalación fija bajo tubo en duchas las áreas

de lavado, de acuerdo con los métodos y normativas mencionadas, y garantiza la protección.

Las características de los conductores del circuito C2, destinado a las tomas de corriente de uso general en duchas y áreas de lavado, se detallan en la Tabla 40. Esta tabla resume las especificaciones técnicas de los conductores seleccionados, que incluyen una sección transversal de 4 mm² de cobre para los conductores de fase, neutro y protección. Además, se especifica el tipo de conductor unipolar y aislado para instalaciones empotradas, así como la tensión asignada de 450/750V. Estos valores aseguran una instalación eléctrica conforme a las normativas técnicas y de seguridad eléctrica vigentes, permitiendo una distribución eficiente de la corriente en las zonas específicas del proyecto.

Tabla 40

Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente de Duchas y Áreas de Lavado

Especificaciones de los Conductores en la Instalación Eléctrica		
Circuito C2 Tomas de Corriente de Uso General Duchas y Áreas de Lavado		
Características	Valor Elegido	Unidad
Tensión asignada	450/750V	V
Tipo de conductor	Unipolar y Aislados	-
Ubicación	Empotrados	-
Diámetro del tubo	20mm	mm
Conductores	Sección	Material
Fase	4mm ²	Cobre
Neutro	4mm ²	Cobre
Protección	4mm ²	Cobre



Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.6 Circuito C2 Tomas de Corriente, Operaciones, Gaveteros 2, Almacén 1 y 2

Los resultados obtenidos para el circuito C2, que abarca las Tomas de Corriente para la sala de Operaciones, Gaveteros 2, y Almacén 1 y 2, se muestran en la Tabla 41. Este circuito está compuesto por 18 salidas y 9 tomas de corriente dobles, con una distancia máxima del recorrido de la instalación eléctrica de 21 metros.

Tabla 41

Circuito C2 Tomas de Corriente, Operaciones, Gaveteros 2, Almacén 1 y 2

CARACTERÍSTICAS	
Cantidad de enchufes colocados en el circuito C2:	18
Distancia desde el inicio del circuito hasta el punto más distante:	21m

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.6.1 Determinación de la Corriente del Circuito Operaciones, Gaveteros 2, Almacén 1 y 2

Según la Ecuación 12:

Definimos que:

$P = 3,450 \text{ W}$ (potencia para el circuito C2 de acuerdo a la tabla)

$U = 220\text{V}$



$$\cos\varphi = 1$$

$$\therefore I_a = \frac{3450}{220 * 1} = 15.68A$$

Reemplazando todos los valores en la **Ecuación 11**:

$$I = 18 \times 15.68 \times 0.2 \times 0.25 = 14.112 A$$

∴ El Termomagnetico Tiene que ser Superior a 15A

3.7.5.6.2 Elección del Tamaño del Conductor de Fase de Operaciones, Gaveteros 2, Almacén 1 y 2

La selección de los conductores de fase en los diferentes circuitos se llevará a cabo utilizando las Tablas del Anexo 7. Estas tablas facilitan la determinación del tipo y tamaño adecuado de los conductores, en función de los requisitos técnicos del sistema eléctrico. Se tendrán en cuenta factores importantes, como el método de instalación (en este caso, empotrada bajo tubo, método B1), la cantidad de conductores activos y el tipo de aislamiento (PVC2). Según estas tablas, el tamaño del conductor de fase elegido para los circuitos de Operaciones, Gaveteros 2, Almacén 1 y 2 es de 4 mm² de sección, asegurando una correcta capacidad de conducción de corriente.

Según el Anexo 7, la corriente admisible para un conductor de 4 mm² con aislamiento PVC2, instalado bajo el método B1, es de 25 A en condiciones estándar. Este valor asegura que el conductor puede manejar de manera segura la carga eléctrica del sistema sin sobrecalentarse o sufrir degradación.

Este procedimiento de selección se aplicará de manera uniforme a todos los circuitos del proyecto, garantizando una IE que adecuada según los parámetros de la normativa Peruana. Para una verificación completa y detallada, es imprescindible consultar el Anexo 7 en su totalidad, donde se especifican tanto el tipo de instalación como la clase de aislamiento adecuados. La Tabla 42 muestra los resultados de esta selección.

Tabla 42

Elección del Tamaño del Conductor de Fase Operaciones, Gaveteros, Almacén 1 y 2

CONSIDERACIONES	
- Instalación empotrada bajo tubo	- Método de instalación B1 (Tabla B.52-1 (UNE-HD 60364-5-52: 2014)
- Clase de aislamiento y cantidad de conductores activados	- PVC2

Nota. Utilizando la Tabla C.52-1 bis (UNE-HD 60364-5-52: 2014) **Anexo 7**

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.6.3 Comprobación de la Caída de Tensión en Sala de Operaciones, Gaveteros, Almacén 1 y 2

Según Ecuación 13:

Debemos considerar lo siguiente:

- Vamos a verificar la sección obtenida de 2.5 mm².
- La conductividad del cobre a 70° es $\rho=1/56 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.
- La longitud del circuito es de 21 m.
- El 3% de la tensión nominal (220 V) equivale a 6,6 V.
- El interruptor automático del circuito C2, según la **Tabla C.52-1**, es de 16 A. Por lo tanto, la potencia utilizada para calcular la

caída de tensión en C4 será equivalente a la intensidad nominal del interruptor automático de dicho circuito.

$$P = 16 * 220 * 1 = 3,520 W$$

Remplazamos en la **Ecuación 13**:

$$\delta = \frac{2 * 3.520}{220} * \frac{1}{56} * \frac{21}{2.5} = 4.8V < 6,6V$$

∴ La sección de 2.5 mm² satisface los requisitos de pérdida de tensión, sin embargo, se utilizara la sección de 4mm² para uniformidad y accesibilidad

3.7.5.6.4 Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección en Sala de Operaciones, Gaveteros, Almacén 1 y 2

Las dimensiones de los conductores de protección se establecerán de acuerdo con lo indicado en la Tabla 31 o mediante cálculos de acuerdo con las pautas especificadas en la Norma UNE 20.460-5-54, sección 543.1.1. (BOE, 2023)

Considerando la **Figura 32**.

El tubo seleccionado se dé un diámetro exterior de 20mm.

En el circuito C2, que alimenta las tomas de corriente en la Sala de Operaciones, Gaveteros, Almacén 1 y 2, las características y tipos de conductores adecuados se detallan en la Tabla 43. Esta tabla proporciona la información esencial para seleccionar y aplicar correctamente los conductores en este contexto específico.

Tabla 43

*Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente de Operaciones, Gaveteros,
Almacén 1 y 2*

Especificaciones de los Conductores en la Instalación Eléctrica

**Circuito C2 Tomas de Corriente de Uso General Operaciones, Gaveteros,
Almacén 1 y 2**

Características	Valor Elegido	Unidad
Tensión asignada	450/750V	V
Tipo de conductor	Unipolar y Aislados	-
Ubicación	Empotrados	-
Diámetro del tubo	20mm	mm
Conductores	Sección	Material
Fase	4mm ²	Cobre
Neutro	4mm ²	Cobre
Protección	4mm ²	Cobre

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.7 Planta Segundo Nivel Calculo de Circuitos Enchufes

Considerando las normas anteriores se obtienen los siguientes cuadros:

3.7.5.8 Circuito C2 Tomas de Corriente, Salón General

los resultados del circuito C2 para Tomas de Corriente Salón General se muestra en la tabla 44, el cual está compuesto por **18 salidas** y **9 tomas de corriente dobles**. Con una distancia máxima de 16 metros.

Tabla 44

Circuito C2 Tomas de Corriente, Salón General

CARACTERÍSTICAS	
Cantidad de enchufes colocados en el circuito C2:	18
Distancia desde el inicio del circuito hasta el punto más distante:	16m

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.8.1 Determinación de la Corriente del Circuito C2 para Salón General

Remplazamos en la **Ecuación 11:**

$$I = 18 \times 15.68 \times 0.2 \times 0.25 = 14.112 A$$

∴ El Termomagnetico Tiene que ser Superior a 15A

3.7.5.8.2 Elección del Tamaño del Conductor de Fase para Salón General

Para la selección de los conductores de fase en el Salón General, se emplearán las Tablas del **Anexo 7**. Estas tablas proporcionan la información necesaria para determinar el tamaño y tipo adecuado de los conductores, considerando los requisitos técnicos del sistema eléctrico. Los requisitos incluyen la corriente admisible de los conductores, la forma de instalación que se utilizará (en este caso, el método B1), y el tipo de aislamiento adecuado (PVC2).

Para elegir los conductores tenemos que tener en cuenta que los elegidos cumplan con los estándares técnicos y normas necesarias para una instalación segura y eficiente. Este procedimiento se aplicará

uniformemente a todos los circuitos del proyecto. Para una verificación completa, es esencial consultar el Anexo 7 en su totalidad, donde se detallan las especificaciones y se presentan los resultados específicos para el Salón General en la **Tabla 45**.

Tabla 45

Elección del Tamaño del Conductor de Fase para Salón General

CONSIDERACIONES	
- Instalación empotrada bajo tubo	- Método de instalación B1 (Tabla B.52-1 (UNE-HD 60364-5-52: 2014)
- Clase de aislamiento y cantidad de conductores activados	- PVC2

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.8.3 Comprobación de la Caída de Tensión para Salón General

Según Ecuación 13:

Vamos a verificar la sección obtenida de 2.5 mm².

La conductividad del cobre a 70° es $\rho=1/56 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

Remplazamos en la Ecuación 13:

$$\delta = \frac{2 * 3.520}{220} * \frac{1}{56} * \frac{16}{2.5} = 3.66V < 6,6V$$

∴

La sección de 2.5 mm² satisface los requisitos de pérdida de tensión

sin embargo, se utilizará la sección de 4mm^2 para uniformidad y accesibilidad.

3.7.5.8.4 Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para Salón General

Las características y tipos de conductores apropiados para el circuito C2, que se utiliza en las tomas del Salón General, se encuentran en la Tabla 46. Esta tabla brinda la información clave necesaria para la adecuada selección y aplicación de los conductores en este contexto específico.

Tabla 46

Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente del Salón General

Especificaciones de los Conductores en la Instalación Eléctrica		
Circuito C2 Tomas de Corriente Salón General		
Características	Valor Elegido	Unidad
Tensión asignada	450/750V	V
Tipo de conductor	Unipolar y Aislados	-
Ubicación	Empotrados	-
Diámetro del tubo	20mm	mm
Conductores	Sección	Material
Fase	4mm^2	Cobre
Neutro	4mm^2	Cobre
Protección	4mm^2	Cobre

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.9 Circuito C2 Tomas de Corriente, Sala de Estar y Sala de Juegos

Los resultados del circuito C2, correspondiente a las tomas de corriente en la Sala de Estar y la Sala de Juegos, están expuestos en la Tabla 47. Este circuito incluye un total de 18 salidas y 9 tomas de corriente dobles, con un recorrido eléctrico máximo que alcanza los 17.5 metros.

Tabla 47

Circuito C2 Tomas de Corriente, Sala de Estar y Sala de Juegos

CARACTERÍSTICAS	
Cantidad de enchufes colocados en el circuito C2:	18
Distancia desde el inicio del circuito hasta el punto más distante:	17.5m

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.9.1 Determinación de la Corriente del Circuito para la Sala de Estar y Sala de Juegos

Remplazamos en la **Ecuación 11:**

$$I = 18 \times 15.68 \times 0.2 \times 0.25 = 14.112 A$$

∴ El Termomagnetico Tiene que ser Superior a 15A

3.7.5.9.2 Elección del Tamaño del Conductor de Fase para la Sala de Estar y Sala de Juegos

Determinar el tamaño y tipo adecuados de los conductores de fase tanto de la Sala de Estar como la Sala de Juegos, se utilizarán las Tablas del Anexo 7. Estas tablas proporcionan la base técnica para los conductores seleccionados, asegurando el cumplimiento de los requisitos



del sistema eléctrico. Estos requisitos incluyen la corriente admisible para cada tipo de conductor, el método de instalación que se aplicará (en este caso, instalación incrustada conforme al método B1), y la forma del revestimiento que se utilizará (PVC2).

El Anexo 7 se utiliza para establecer el tipo y dimensiones de los conductores, considerando su capacidad de carga y el método de instalación, el Anexo 7 también proporciona detalles adicionales sobre el diámetro adecuado del tubo de protección. Este enfoque garantiza que todos los conductores seleccionados estén bajo las normativas. Es necesario aplicar todos estos criterios en los circuitos del proyecto para mantener la coherencia y el cumplimiento de los estándares. Para una validación completa, es necesario revisar el Anexo 7 en su totalidad, donde se detallan las especificaciones específicas presentes en la **Tabla 48**.

Tabla 48

Elección del Tamaño del Conductor de Fase, Sala de Estar y Sala de Juegos

CONSIDERACIONES	
- Instalación empotrada bajo tubo	- Método de instalación B1 (Tabla B.52-1 (UNE-HD 60364-5-52: 2014))
- Clase de aislamiento y cantidad de conductores activados	- PVC2

Nota. Utilizando la Tabla C.52-1 bis (UNE-HD 60364-5-52: 2014) **Anexo 7**

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.9.3 Comprobación de la Caída de Tensión para la Sala de Estar y Sala de Juegos

Según Ecuación 13:



Vamos a verificar la sección obtenida de 2.5 mm².

La conductividad del cobre a 70° es $\rho=1/56 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

Remplazamos en la Ecuación 13:

$$\delta = \frac{2 * 3.520}{220} * \frac{1}{56} * \frac{17.5}{2.5} = 4V < 6,6V$$

∴

La sección de 2.5 mm² satisface los requisitos de pérdida de tensión, sin embargo, se utilizará la sección de 4mm² para uniformidad y accesibilidad

3.7.5.9.4 Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para la Sala de Estar y Sala de Juegos

Presentamos las características en la tabla 49 y el conductor adecuado para el circuito C2, destinado a las tomas de corriente en la Sala de Estar/Sala de Juegos. Esta tabla proporciona la información esencial para una aplicación eficiente y adecuada.

Tabla 49

Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente, Sala de Estar y Sala de Juegos

Especificaciones de los Conductores en la Instalación Eléctrica		
Circuito C2 Tomas de Corriente, Sala de Estar y Sala de Juegos		
Características	Valor Elegido	Unidad
Tensión asignada	450/750V	V

Especificaciones de los Conductores en la Instalación Eléctrica**Circuito C2 Tomas de Corriente, Sala de Estar y Sala de Juegos**

Tipo de conductor	Unipolar y Aislados	-
Ubicación	Empotrados	-
Diámetro del tubo	20mm	mm
Conductores	Sección	Material
Fase	4mm ²	Cobre
Neutro	4mm ²	Cobre
Protección	4mm ²	Cobre

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.10 Circuito C2 Tomas de Corriente, Cuarto de Cocina

Los resultados alcanzados se presentan en la Tabla 50 para el circuito C2 Tomas de Corriente en el Cuarto de Cocina, el cual está compuesto por **6 salidas** y **3 tomas de corriente dobles**. Con una extensión máxima de 20 metros.

Tabla 50

Circuito C2 Tomas de Corriente, Cuarto de Cocina

CARACTERÍSTICAS	
Cantidad de enchufes colocados en el circuito C2:	6
Distancia desde el inicio del circuito hasta el punto más distante:	20m

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.10.1 Determinación de la Corriente del Circuito para Cuarto de Cocina



Remplazamos en la **Ecuación 11**:

$$I = 6 \times 15.68 \times 0.4 \times 0.5 = 18.816 A$$

∴ El Termomagnetico Tiene que ser Superior a 19A

3.7.5.10.2 Elección del Tamaño del Conductor de Fase para Cuarto de Cocina

En el Cuarto de Cocina, se llevará a cabo la elección de los conductores de fase, se utilizarán el **Anexo 7**, que proporcionan la información esencial para determinar el tipo y tamaño adecuado de los conductores según los **requisitos técnicos del sistema eléctrico**. El Anexo 7 se usa para definir las características del conductor, considerando el **método de instalación B1** para una instalación empotrada bajo tubo. Esta tabla especifica que se deben emplear conductores de **4 mm²** de sección, garantizando que las corrientes admisibles sean adecuadas para el circuito del Cuarto de Cocina.

EL Anexo 7 también define la clase de aislamiento, que debe ser **PVC2**, para cumplir con las condiciones de instalación y las características del entorno. La elección de estos valores se fundamenta en la unión de la capacidad de carga de los conductores y su resistencia al entorno específico. Este enfoque asegura que se cumplan las normativas vigentes y se mantenga la seguridad de la instalación eléctrica. La información detallada y los resultados aplicados están reflejados en la **Tabla 51** y se pueden verificar consultando el **Anexo 7** en su totalidad.

Tabla 51

Elección del Tamaño del Conductor de Fase Cuarto de Cocina

CONSIDERACIONES	
- Instalación empotrada bajo tubo	- Método de instalación B1 (Tabla B.52-1 (UNE-HD 60364-5-52: 2014)
- Clase de aislamiento y cantidad de conductores activados	- PVC2

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.10.3 Comprobación de la Caída de Tensión para Cuarto de Cocina

Según Ecuación 13:

Vamos a verificar la sección obtenida de 2.5 mm².

La conductividad del cobre a 70° es $\rho=1/56 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

Reemplazamos en la Ecuación 13:

$$\delta = \frac{2 * 3.520}{220} * \frac{1}{56} * \frac{20}{2.5} = 3.43V < 6,6V$$

∴ La sección de 2.5 mm² satisface los requisitos de pérdida de tensión

3.7.5.10.4 Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para Cuarto de Cocina

En la **Tabla 52** se presentan las características y tipos de conductores adecuados para el circuito C2, destinado a las tomas de

corriente en la sala de máquinas - EPP. Esta tabla proporciona la información esencial para la correcta selección y aplicación de los conductores en este contexto específico.

Tabla 52

Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente de Cuarto de Cocina

Especificaciones de los Conductores en la Instalación Eléctrica

Circuito C2 Tomas Cuarto de Cocina

Características	Valor Elegido	Unidad
Tensión asignada	450/750V	V
Tipo de conductor	Unipolar y Aislados	-
Ubicación	Empotrados	-
Diámetro del tubo	20mm	mm
Conductores	Sección	Material
Fase	4mm ²	Cobre
Neutro	4mm ²	Cobre
Protección	4mm ²	Cobre

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.11 Circuito C2 Tomas de Corriente, Área de Comandancia

- Oficina de Disciplina
- Oficina de Administración
- Oficina de Comandancia

- Oficina de Sanidad

En la **Tabla 53** se presentan los resultados obtenidos para el circuito C2 Tomas de Corriente para el Área de Comandancia, el cual está compuesto por **36 salidas y 18 tomas de corriente dobles**. Con una distancia de 24 metros.

Tabla 53

Circuito C2 Tomas de Corriente, Área de Comandancia

CARACTERÍSTICAS	
Cantidad de enchufes colocados en el circuito C2:	18
Distancia desde el inicio del circuito hasta el punto más distante:	24m

Fuente: Elaboración Propia

Determinación de la Corriente del Circuito para el Área de Comandancia

Remplazamos en la **Ecuación 11:**

$$I = 18 \times 15.68 \times 0.2 \times 0.25 = 14.112 A$$

∴ El Termomagnetico Tiene que ser Superior a 15A

3.7.5.11.1 Elección del Tamaño del Conductor de Fase

Para la selección de los conductores de fase en el Área de Comandancia, se utilizarán el Anexo 7. Estas tablas son fundamentales para determinar el tipo y tamaño adecuados de los conductores, considerando los requisitos técnicos del sistema eléctrico. El Anexo 7 se emplea para definir el tamaño del conductor basado en el método de

instalación B1 para instalaciones empotradas bajo tubo, y también proporciona la clase de aislamiento necesaria.

Concretamente, el Anexo 7 indica que se deben utilizar conductores con una sección de 4 mm^2 para cumplir con las corrientes admisibles y las condiciones específicas del circuito. El Anexo 7 determina que el aislamiento debe ser de tipo **PVC2**, adecuado para las condiciones de instalación. La correcta aplicación de estos parámetros asegura que el cableado seleccionado sea capaz de soportar la carga eléctrica. Para una verificación completa y precisa, se debe consultar el **Anexo 7** en su totalidad, y los resultados aplicados se presentan en la **Tabla 54**.

Tabla 54

Elección del Tamaño del Conductor de Fase Área de Comandancia

CONSIDERACIONES	
- Instalación empotrada bajo tubo	- Método de instalación B1 (Tabla B.52-1 (UNE-HD 60364-5-52: 2014)
- Clase de aislamiento y cantidad de conductores activados	- PVC2

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.11.2 Comprobación de la Caída de Tensión para el Área de Comandancia

Según Ecuación 13:

Vamos a verificar la sección obtenida de 2.5 mm^2 .



La conductividad del cobre a 70° es $\rho=1/56 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

Remplazamos en la Ecuación 13:

$$\delta = \frac{2 * 3.520}{220} * \frac{1}{56} * \frac{24}{2.5} = 6.17V < 6,6V$$

∴

La sección de 2.5 mm² satisface los requisitos de pérdida de tensión

sin embargo, se utilizará la sección de 4mm² para uniformidad y accesibilidad

3.7.5.11.3 Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para el Área de Comandancia

En la **Tabla 55** se presentan las características y tipos de conductores adecuados para el circuito C2, destinado a las tomas de corriente en la sala de máquinas - EPP. Esta tabla proporciona la información esencial para la correcta selección y aplicación de los conductores en este contexto específico.

Tabla 55*Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente de Área de Comandancia*

Especificaciones de los Conductores en la Instalación Eléctrica		
Circuito C2 Tomas de Corriente, Área de Comandancia		
Características	Valor Elegido	Unidad
Tensión asignada	450/750V	V
Tipo de conductor	Unipolar y Aislados	-
Ubicación	Empotrados	-
Diámetro del tubo	20mm	mm
Conductores	Sección	Material
Fase	4mm ²	Cobre
Neutro	4mm ²	Cobre
Protección	4mm ²	Cobre

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.12 Circuito C2 Tomas de Corriente, Cuadra de Varones / Mujeres

En la **Tabla 56** se presentan los resultados obtenidos para el circuito C2 Tomas de Corriente para la Cuadra de Varones / Mujeres, el cual está compuesto por **20 salidas y 10 tomas de corriente dobles**. La distancia máxima del recorrido de la instalación eléctrica es de 14 metros.

Tabla 56*Circuito C2 Tomas de Corriente, Cuadra de Varones / Mujeres*

CARACTERÍSTICAS	
Cantidad de enchufes colocados en el circuito C2:	20



Distancia desde el inicio del circuito hasta el punto más distante:	14m
---	-----

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.12.1 Determinación de la Corriente del Circuito para la Cuadra de Varones / Mujeres

Remplazamos en la **Ecuación 11:**

$$I = 20 \times 15.68 \times 0.2 \times 0.25 = 15.68 A$$

∴ El Termomagnetico Tiene que ser Superior a 16A

3.7.5.12.2 Elección del Tamaño del Conductor de Fase para la Cuadra de Varones / Mujeres

Para la selección de los conductores de fase en los circuitos de la Cuadra de Varones / Mujeres, se utilizan las Tablas del Anexo 7. Estas tablas permiten determinar el tipo y tamaño adecuado de los conductores en función de los requisitos técnicos del sistema eléctrico. El Anexo 7 especifica el tamaño del conductor basándose en el método de instalación B1, que corresponde a instalaciones empotradas bajo tubo. En este método, el tamaño del conductor se ajusta considerando las corrientes admisibles para asegurar la seguridad y eficiencia del sistema eléctrico.

El Anexo 7 también define la clase de aislamiento requerida para los conductores, en este caso, PVC2, que es adecuado para las condiciones de instalación especificadas. Esta tabla también ayuda a determinar la cantidad de conductores activos, que debe ser suficiente para manejar la carga eléctrica del circuito de manera segura. La selección uniforme de estos parámetros garantiza que todos los circuitos del proyecto cumplan

con las normativas vigentes y proporcionen un funcionamiento seguro y eficiente. La correcta elección se refleja en los resultados presentados en la **Tabla 57**. Para una verificación completa y precisa, se debe consultar el Anexo 7 en su totalidad.

Tabla 57

Elección del Tamaño del Conductor de Fase, Cuadra de Varones /

Mujeres

CONSIDERACIONES	
- Instalación empotrada bajo tubo	- Método de instalación B1 (Tabla B.52-1 (UNE-HD 60364-5-52: 2014)
- Clase de aislamiento y cantidad de conductores activados	- PVC2

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.12.3 Comprobación de la Caída de Tensión para la Cuadra de Varones / Mujeres

Según Ecuación 13:

- Vamos a verificar la sección obtenida de 2.5 mm².
- La conductividad del cobre a 70° es $\rho=1/56 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

Remplazamos en la **Ecuación 13**:

$$\delta = \frac{2 * 3.520}{220} * \frac{1}{56} * \frac{14}{2.5} = 3.2V < 6,6V$$

∴

La sección de 2.5 mm² satisface los requisitos de pérdida de tensión sin embargo, se utilizará la sección de 4mm² para uniformidad y accesibilidad

3.7.5.12.4 Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para la Cuadra de Varones / Mujeres

En la **Tabla 58** se presentan las características y tipos de conductores adecuados para el circuito C2, destinado a las tomas de corriente en la sala de máquinas - EPP. Esta tabla proporciona la información esencial para la correcta selección y aplicación de los conductores en este contexto específico.

Tabla 58

Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente de Cuadra de Varones / Mujeres

Especificaciones de los Conductores en la Instalación Eléctrica

Circuito C2 Tomas de Corriente, Cuadra de Varones / Mujeres

Características	Valor Elegido	Unidad
Tensión asignada	450/750V	V
Tipo de conductor	Unipolar y Aislados	-
Ubicación	Empotrados	-
Diámetro del tubo	20mm	mm
Conductores	Sección	Material
Fase	4mm ²	Cobre
Neutro	4mm ²	Cobre

Protección	4mm ²	Cobre
------------	------------------	-------

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.13 Circuito C2 Tomas de Corriente, Gimnasio

En la **Tabla 59** se presentan los resultados obtenidos para el circuito C2 Tomas de Corriente para el Gimnasio, el cual está compuesto por **8 salidas y 4 tomas de corriente dobles**. La distancia máxima del recorrido de la instalación eléctrica es de 23 metros.

Tabla 59

Circuito C2 Tomas de Corriente, Gimnasio

CARACTERÍSTICAS	
Cantidad de enchufes colocados en el circuito C2:	8
Distancia desde el inicio del circuito hasta el punto más distante:	23m

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.13.1 Determinación de la Corriente del Circuito para el Gimnasio

Remplazamos en la **Ecuación 11:**

$$I = 8 \times 15.68 \times 0.2 \times 0.25 = 6.27 A$$

∴ El Termomagnetico Tiene que ser Superior a 7A

3.7.5.13.2 Elección del Tamaño del Conductor de Fase

Para la selección de los conductores de fase en los distintos circuitos del Gimnasio, se emplean las Tablas Anexo 7. Estas tablas



proporcionan la información necesaria para determinar el tipo y tamaño adecuados de los conductores, basándose en los requisitos técnicos del sistema eléctrico. El Anexo 7 establece el tamaño del conductor teniendo en cuenta el método de instalación empotrada bajo tubo, especificado como Método de instalación B1. Este método requiere conductores con características específicas para garantizar una correcta instalación y funcionamiento. También define la clase de aislamiento adecuada, en este caso, PVC2, y asegura que la cantidad de conductores activos sea suficiente para manejar la carga eléctrica de forma segura.

Las tablas ayudan a seleccionar los conductores considerando factores clave como las corrientes admisibles, el método de instalación y el tipo de aislamiento. Estas consideraciones aseguran que todos los circuitos del proyecto cumplan con las normativas y proporcionen una operación eficiente. La correcta elección de los conductores y su tamaño se detalla en la **Tabla 60**, y se recomienda consultar el Anexo 7 en su totalidad para una verificación completa y precisa de las especificaciones.

Tabla 60

Elección del Tamaño del Conductor de Fase, Gimnasio

CONSIDERACIONES	
- Instalación empotrada bajo tubo	- Método de instalación B1 (Tabla B.52-1 (UNE-HD 60364-5-52: 2014))
- Clase de aislamiento y cantidad de conductores activados	- PVC2

Nota. Utilizando la Tabla C.52-1 bis (UNE-HD 60364-5-52: 2014) **Anexo 7**



Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.13.3 Comprobación de la Caída de Tensión

Según Ecuación 13:

- Vamos a verificar la sección obtenida de 2.5 mm².
- La conductividad del cobre a 70° es $\rho=1/56 \Omega\text{mm}^2/\text{m}$.

Reemplazamos en la Ecuación 13:

$$\delta = \frac{2 * 3.520}{220} * \frac{1}{56} * \frac{23}{2.5} = 5.26V < 6,6V$$

∴ La sección de 2.5 mm² satisface los requisitos de pérdida

de tensión sin embargo, se utilizará la sección de 4mm² para uniformidad y accesibilidad

3.7.5.13.4 Diseño de las dimensiones para el neutro, el conductor de protección y el tubo de protección para el Gimnasio

En la **Tabla 61** se presentan las características y tipos de conductores adecuados para el circuito C2, destinado a las tomas de corriente en la sala de máquinas - EPP. Esta tabla proporciona la información esencial para la correcta selección y aplicación de los conductores en este contexto específico.

Tabla 61*Conductores en Circuito C2 para Tomas de Corriente de Gimnasio*

Especificaciones de los Conductores en la Instalación Eléctrica Circuito C2 Tomas de Corriente, Gimnasio		
Características	Valor Elegido	Unidad
Tensión asignada	450/750V	V
Tipo de conductor	Unipolar y Aislados	-
Ubicación	Empotrados	-
Diámetro del tubo	20mm	mm
Conductores	Sección	Material
Fase	4mm ²	Cobre
Neutro	4mm ²	Cobre
Protección	4mm ²	Cobre

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.14 Circuito C2 Timbre

Teniendo en cuenta que es un circuito de señal y la norma 090-210 obtenemos la **Tabla 62**.

Tabla 62*Circuito C2 Timbre*

Tipo de Conductor	Valor de Asignación	Unidad	Características
Control Extra Baja Tensión (ELC)	Hasta 30 V	V	Sin cubierta externa de protección, limitado por la Regla 090-210. No permitido en circuitos de seguridad contra incendios.
Control Clase 2 (LVT)	Condiciones según Tabla 19 del IEC	-	Cumple con las condiciones especificadas en la Tabla 19 del IEC. Puede utilizarse en circuitos Clase 2.

Fuente: Elaboración Propia

3.7.5.15 Selección Técnica de los Circuitos de Tomas de Corriente

La **Tabla 63** presenta la selección de componentes y el diseño para el primer y segundo nivel de la Compañía de Bomberos. La tabla detalla los cálculos y especificaciones para cada circuito, incluyendo la cantidad de enchufes o puertos, la corriente calculada, la selección del interruptor termomagnético, el tamaño del conductor de fase y las dimensiones de los tubos y conductores de protección. La elección de los componentes eléctricos, como los conductores de 4 mm², ha sido realizada para garantizar uniformidad y facilidad de mantenimiento en toda la instalación, cumpliendo con los estándares y regulaciones pertinentes.

Tabla 63

Selección Técnica de los Circuitos de Tomas de Corriente

Circuito	Enchufes/ Puertos	Corriente del Circuito	Termomagnético	Conductor de Fase	Tamaño de Tubo y Conductor
Sala de Máquinas – EPP	16	15.68 A	> 13 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²
Prevención y Gaveteros 1	14	10.976 A	> 12 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²
Duchas y Áreas de Lavado	6	23.2848 A	> 24 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²



Circuito	Enchufes/ Puertos	Corriente del Circuito	Termomagnético	Conductor de Fase	Tamaño de Tubo y Conductor
Operaciones , Gaveteros 2, Almacén 1 y 2	18	14.112 A	> 15 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²
Salón General	18	14.112 A	> 15 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²
Sala de Estar y Sala de Juegos	18	14.112 A	> 15 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²
Cuarto de Cocina	6	18.816 A	> 19 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²
Área de Comandancia	18	14.112 A	> 15 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²
Cuadra de Varones / Mujeres	20	15.68 A	> 16 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²
Gimnasio	8	6.27 A	> 7 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²

Circuito	Enchufes/ Puertos	Corriente del Circuito	Termomagnético	Conductor de Fase	Tamaño de Tubo y Conductor
Timbre	-	Hasta 30 V	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

3.8. CALCULO DE PUESTA A TIERRA

En la elaboración del sistema de protección eléctrica para la Compañía de Bomberos, se llevó a cabo un exhaustivo análisis de la puesta a tierra, siguiendo las directrices del Código Nacional de Electricidad (CNE), Sección 060: Puesta a Tierra y Enlace Equipotencial.

3.8.1. Sistemas de Corriente Alterna

De acuerdo con el artículo CNE 060-106(a), la tensión máxima permitida entre cualquier conductor y tierra no debe sobrepasar los 250V. Este límite se establece con el fin de asegurar la seguridad operativa y minimizar el riesgo de daños en el sistema eléctrico. (Consultar Anexo: Pozo a Tierra).

3.8.2. Conexión de puesta a tierra en corriente alterna

Por cada acometida debe existir una puesta a tierra según CNE 060-204 (a) (Ministerio de Energía y Minas, 2006)

El CNE 060-204(a) establece que cada acometida eléctrica debe estar equipada con un sistema de puesta a tierra independiente. La conexión a tierra en el lado de alimentación es fundamental para ofrecer una ruta segura hacia tierra, especialmente en el punto donde ingresa la acometida eléctrica, garantizando así



la protección del sistema y de las personas. (Ver Anexo: Puesta a Tierra)
(Ministerio de Energía y Minas, 2006)

3.8.3. Electrodo Artificial Para Puesta A Tierra

Según la Sección CNE 060-700, es permitido enlazar dos electrodos artificiales mediante un conductor de cobre de 16 mm², lo cual ofrece la flexibilidad de expandir el sistema de puesta a tierra en el futuro, si es necesario. En este diseño, se optará por el uso de un electrodo de varilla, considerando su facilidad de instalación y el rendimiento satisfactorio observado en instalaciones anteriores en la misma compañía de bomberos. Esto cumple con los requisitos especificados en CNE 060-702(3) para electrodos de varilla. (Ver Anexo: Pozo a Tierra).

Para garantizar la efectividad del sistema de puesta a tierra en la Compañía de Bomberos, es fundamental seleccionar y dimensionar adecuadamente los electrodos. Los electrodos de varilla se destacan por su confiabilidad y facilidad de instalación, especialmente en entornos donde la resistencia del suelo puede variar significativamente. Los requisitos técnicos que deben cumplir estos electrodos, según lo establecido en el Código Nacional de Electricidad (CNE), se detallan en la **Tabla 64**. Esta tabla asegura que los electrodos proporcionen una conexión a tierra efectiva y duradera, minimizando la resistencia de puesta a tierra y cumpliendo con los estándares de seguridad eléctrica.

Tabla 64

Requisitos para Electrodo de Varilla en Puesta a Tierra

Característica	Requisito
Material	Cobre o acero revestido con cobre (acero-cobre)
Diámetro	No inferior a 16 mm para electrodos de acero-cobre, 13 mm para electrodos de cobre
Longitud	No menor de 2 m
Superficie	Metálica limpia, sin recubrimientos de baja conductividad
Profundidad	No menor de 2,5 m, salvo excepciones con roca a 1,2 m o más, donde debe llegar al fondo de roca, o roca a menos de 1,2 m, donde se entierra a 600 mm bajo el piso terminado en una zanja horizontal.

Fuente: Elaboración Propia

3.8.4. Continuidad de los Conductores de Puesta a Tierra y Enlace

Equipotencial

La continuidad de los conductores de puesta a tierra y de enlace equipotencial es esencial para garantizar la seguridad y la efectividad del sistema de protección eléctrica. Según lo establecido en la Sección 060-800 del Código Nacional de Electricidad (CNE), estos conductores no deben incorporar seccionadores, fusibles ni ningún otro dispositivo de apertura automática. Esta restricción se debe a que, en caso de fallos en el sistema, es crucial que la conexión a tierra se mantenga de manera directa y con la mayor conductividad posible, evitando cualquier interrupción que pueda comprometer la integridad del sistema de puesta a tierra.

3.8.5. Material del Conductor de Puesta a Tierra

Conforme a la Sección 060-802 del CNE, el conductor de puesta a tierra debe ser de cobre, debido a su excelente conductividad eléctrica y resistencia a la

corrosión. El conductor puede ser desnudo o aislado, dependiendo de los requisitos específicos de la instalación y las condiciones ambientales en las que se va a utilizar. La elección de cobre asegura que el sistema de puesta a tierra mantenga una baja resistencia y una alta fiabilidad a lo largo del tiempo.

3.8.6. Conductor Enlace Equipotencial

El conductor de enlace equipotencial desempeña un papel crucial en la conexión de equipos y canalizaciones metálicas para mantener un potencial uniforme en todo el sistema eléctrico. Según la Sección 060-804 del CNE, este conductor será de cobre o un material tolerante al deterioro, y puede estar aislado o desnudo. El conductor puede adoptar diversas formas, tubo de acero, barra colectora o tubería eléctrica metálica, según las necesidades específicas de la instalación. En particular, para tuberías pesadas, puede ser necesario un conductor adicional para asegurar la continuidad del enlace equipotencial. Asimismo, en situaciones de alta corrosión o cuando se utilizan cables con aislamiento mineral, como aquellos con cubierta de aluminio, se requiere una protección adicional. Asimismo, se pueden emplear otras canalizaciones metálicas o armaduras de cables como conductores de enlace equipotencial, siempre que cumplan con las normativas vigentes.

La **Figura 57** muestra una imagen referencial de un conductor equipotencial, ilustrando su aplicación en el sistema.

Figura 57

Imagen referencial de Conductor Equipotencial



Fuente: Internet

La correcta selección de materiales y elementos para el enlace equipotencial es crucial para garantizar la seguridad y el rendimiento del sistema eléctrico. La **Tabla 65** detalla las opciones disponibles y sus respectivas condiciones de uso, conforme a las normativas establecidas. En ella se especifican los materiales recomendados, como conductores de protección, barras colectoras, y diversos tipos de tuberías y cubiertas de cables, así como las condiciones específicas bajo las cuales cada uno de estos elementos puede ser empleado para mantener la integridad del sistema de enlace equipotencial. Esta tabla sirve como una guía esencial para asegurar que las instalaciones eléctricas cumplan con los requisitos de seguridad y funcionalidad.

Tabla 65*Material Para Enlace Equipotencial*

MATERIAL/ELEMENTO	CONDICIONES DE USO
Conductor de protección (PE)	- De cobre u otro material resistente a la corrosión, aislado o desnudo.
Barra colectora o tubo de acero	- Puede utilizarse como conductor de enlace equipotencial.
Tubería pesada rígida	- Aprobada siempre que se instale un conductor dentro de la tubería bajo ciertas condiciones.
Tubería eléctrica metálica	- Permitida, excepto cuando se requiere un conductor separado según las regulaciones.
Cubierta de cables con aislamiento mineral	- De cobre o de otro material que sea resistente a la corrosión, ya sea aislado o sin aislar.
Cubierta de aluminio de un cable	- Debe tener protección resistente a la corrosión adecuada ubicada de forma subterránea o expuesta a daños.
Otras canalizaciones metálicas o armaduras de cables	- Permitidas según lo establecido en regulaciones específicas.

Fuente: Elaboración propia

3.8.7. Condiciones para Implementación de los Conductores para el Sistema de Puesta a Tierra

La propuesta de implementación la selección apropiada de conductores para la puesta a tierra es fundamental para asegurar la seguridad y el rendimiento eficiente del sistema eléctrico. La **Tabla 66** describe las condiciones y requisitos específicos que deben cumplirse al instalar conductores de puesta a tierra. Esta tabla abarca aspectos críticos como la prohibición de uniones y empalmes a lo largo del conductor, los requisitos para conductores de diferentes secciones, la necesidad de protección mediante cubiertas metálicas, y las condiciones para compartir canalizaciones con otros conductores. Estos lineamientos aseguran que

os conductores de puesta a tierra aseguren su efectividad y se mantengan íntegros en la función de protección contra fallos eléctricos, contribuyendo así a la estabilidad y seguridad del sistema.

Tabla 66

Condiciones para propuesta de implementación de Conductores para Puesta a Tierra

Condición	Requisitos
1. Uniones y Empalmes	A lo largo de su longitud, el conductor de puesta a tierra debe estar libre de uniones y empalmes, salvo en barras, uniones soldadas, conectores de compresión con herramientas adecuadas o dispositivos para conexiones en serie cuando sea necesario controlar corrientes de dispersión.
2. Conductor de 16 mm ² o Mayor	Está permitido instalar un conductor de cobre de 16 mm ² o superior en la superficie de la estructura, siempre que esté bien fijado y no tenga cubierta metálica. Si no se asegura adecuadamente, debe colocarse en tubería metálica pesada, tubería metálica eléctrica o en un cable armado.
3. Conductor de 10 mm ² o Menos	Cuando el conductor de puesta a tierra tiene un tamaño de 10 mm ² o inferior, es necesario instalarlo en tubería metálica pesada, tubería metálica eléctrica o en un cable armado.
4. Cubiertas Metálicas	Es fundamental que las cubiertas metálicas de los conductores de puesta a tierra garanticen continuidad desde el punto de sujeción hasta el electrodo de puesta a tierra. Además, deben fijarse de manera segura a la grapa o al empalme
5. Compartir Canalización	Cuando un conductor de puesta a tierra se encuentra en la misma canalización que otros conductores del sistema, es necesario que esté aislado. En el caso de un conductor de 16 mm ² o de mayor sección, este puede ser embutido en concreto, siempre que los puntos de emergencia estén adecuadamente ubicados o protegidos para evitar daños mecánicos.

Fuente: Elaboración propia

3.8.8. Condiciones para Implementación de Conductores para Enlace a Tierra de Equipos

La correcta implementación de conductores para el enlace a tierra de equipos es fundamental para garantizar la seguridad y continuidad del sistema eléctrico. La **Tabla 67** especifica las condiciones y requisitos necesarios para la instalación de estos conductores, abordando aspectos clave como la realización de empalmes y derivaciones, la conexión en cajas, y la compartición de canalizaciones con otros conductores. Además, se detallan las consideraciones para el uso de canalización metálica o tubos de acero, y las protecciones necesarias para conductores de diferentes secciones. Estos lineamientos aseguran que los conductores de enlace a tierra se instalen de manera segura y eficiente, cumpliendo con las normativas aplicables y protegiendo el sistema contra fallos eléctricos.

Tabla 67

Condiciones para Implementación de Conductores para Enlace a Tierra de Equipos

Condición	Requisitos
1. Empalmes o Derivaciones	Los empalmes o derivaciones de los conductores de enlace a tierra deben llevarse a cabo dentro de cajas. Sin embargo, en instalaciones con cables expuestos, es posible realizar estos empalmes fuera de las cajas, siempre que se protejan adecuadamente con material aislante.
2. Conexión en Cajas	Cuando múltiples conductores de enlace a tierra entran en una caja, es necesario que estén en buen contacto utilizando tornillos de enlace a tierra o conectores que no sean soldados. Solo un conductor debe conectarse a la caja. La disposición debe permitir desconectar o quitar

Condición	Requisitos
	dispositivos sin interrumpir la continuidad del conductor de enlace a tierra.
3. Compartir Canalización	Si un conductor de enlace a tierra comparte canalización con otros conductores, debe estar aislado, a menos que la longitud no exceda 15 m y no contenga más de dos curvas de 90°, permitiendo el uso de un conductor sin aislamiento.
4. Canalización Metálica o Tubo de Acero	Al utilizar una canalización metálica o un tubo de acero como conductor de enlace a tierra, es fundamental que la instalación se ajuste a lo establecido en la Sección 070.
5. Conductor de Cobre de Enlace	<ul style="list-style-type: none">- Si es de 16 mm² o mayor y está fijado de manera segura, debe protegerse contra daños mecánicos cuando esté expuesto.- Si es menor de 16 mm² o no cumple con la condición anterior, debe instalarse y protegerse como los conductores del circuito correspondiente.
6. Conductor Separado en Canalización	Si es necesario incluir un conductor independiente de enlace para complementar la canalización metálica, este debe ser instalado en la misma canalización que los conductores del circuito.

Fuente: Elaboración propia

3.8.9. Dimensionamiento de Conductores para la Puesta A Tierra en Sistemas de Corriente Alterna

El dimensionamiento de los conductores para la puesta a tierra en sistemas de corriente alterna se basa en los requisitos establecidos para los conductores del circuito C2. En el caso específico de este proyecto, se considera un circuito monofásico de 3 hilos, de acuerdo con las directrices del CNE 060-210 (b), como se detalla en el Anexo sobre puesta a tierra.

Para el dimensionamiento adecuado, se ha consultado y aplicado la información proporcionada en las **tablas 68 y 69** del CNE sección 060-812. Estas

figuras ofrecen una guía específica para asegurar que los conductores de puesta a tierra cumplen con los criterios necesarios para mantener la seguridad y eficacia del sistema.

En la **Tabla 68**, se presenta la sección mínima requerida para los conductores en sistemas de corriente alterna, así como para los conductores de tierra comunes, según lo establecido por el Código Nacional de Electricidad. Proporcionando una referencia adicional para el dimensionamiento adecuado de los conductores.

Tabla 68

Sección Mínima de Conductores para Sistemas de Corriente Alterna

Capacidad de conducción del conductor de acometida de mayor sección o el equivalente para conductores múltiples [A]	Sección del conductor de cobre de puesta a tierra [mm^2]
100 o menos	10
101 a 125	16
126 a 165	25
166 a 200	25
201 a 260	35
261 a 355	50
356 a 475	70
Sobre 475	95

Fuente: Código Nacional de Electricidad

En la **Tabla 69**, se presenta la sección mínima requerida para los conductores de puesta a tierra en canalizaciones y equipos de conexión, según lo establecido por la Regla 060-812 del Código Nacional de Electricidad. Esta figura

ofrece una referencia visual para el dimensionamiento adecuado de los conductores en estos contextos específicos.

Tabla 69

Sección Mínima del Conductor de Puesta a Tierra para Canalizaciones y Equipos

Capacidad de conducción del conductor de mayor sección de la acometida o el equivalente para conductores múltiples que no excedan: [A]	Dimensionamiento del conductor de puesta a tierra		
	Sección cobre [mm ²]	Diámetro de la tubería metálica pesada [mm]	Diámetro de la tubería metálica liviana [mm]
60	10	20	25
100	10	25	35
200	16	35	40
400	25	65	65
600	50	80	105
800	50	105	105
Sobre 800	70	155	---

Fuente: Código Nacional de Electricidad

Por ello en nuestra instalación se utilizará una sección de conductor de cobre de 10mm²

3.8.10. Dimensionamiento del Conductor de Enlace Equipotencial

Según el CNE sección 060-814 el dimensionamiento para el conductor equipotencial se obtiene con la ayuda de la tabla 18b

La Tabla 70 detalla las secciones mínimas de conductores para enlaces equipotenciales según el CNE, estableciendo las dimensiones mínimas necesarias para los conductores en canalizaciones y equipos. Esta tabla ofrece los valores

esenciales para asegurar una adecuada conexión y garantizar la seguridad del sistema eléctrico.

Tabla 70

Sección Mínima de Conductores para Enlaces Equipotenciales

Máxima capacidad o ajuste del dispositivo de sobrecorriente de los circuitos protegidos [A]	Mínima sección nominal del conductor requerido [mm ²]
20	2,5
30	4
40	6
60	6
100	10
200	16
300	25
400t	25
500	35
600	50
800	50
1000	70
1200	95
1600	120
2000	150
2500	185

Fuente: Código Nacional de Electricidad

El dimensionamiento adecuado del conductor de enlace equipotencial es crucial para asegurar la integridad y eficacia del sistema eléctrico. La **Tabla 71** presenta los criterios esenciales para el dimensionamiento de estos conductores, enfatizando que el cable de enlace equipotencial debe ajustarse a los valores estipulados en la Tabla 16. Además, se destaca que la sección de la sección de este conductor no debe ser inferior a la del conductor más grande que no esté conectado

a tierra en el circuito. Estos lineamientos garantizan que el conductor de enlace equipotencial sea lo suficientemente robusto para mantener la continuidad y seguridad del sistema eléctrico.

Tabla 71

Dimensionamiento Conductor de Enlace Equipotencial

Aspecto	Descripción
Dimensionamiento del Conductor de Enlace Equipotencial	La sección del conductor de enlace equipotencial debe cumplir con los valores indicados en la Tabla 66, sin ser menor que la sección del conductor más grande no conectado a tierra en el circuito.

Fuente: Elaboración propia

El dimensionamiento adecuado de los conductores para la puesta a tierra es fundamental. La **Tabla 72** explica las dimensiones específicas de los conductores para diversos circuitos en la instalación. Los requisitos de sección para los conductores de fase, neutro y protección en diversas áreas y tipos de tomas de corriente están detallados en esta tabla, como en la Sala de Máquinas, áreas de prevención, duchas, salas de estar, entre otros. Es necesario cumplir con el dimensionamiento para tener una adecuada instalación.

Tabla 72

Dimensionamiento Conductores Para la Puesta A Tierra

Cable Por Circuitos	Identificación De Hilos	Dimensión Del Conductor
<i>Circuito C2 para Tomas de Corriente en Sala de Máquinas – EPP</i>	Fase	4mm ²
	Neutro	4mm ²
	Protección	4mm ²



Cable Por Circuitos	Identificación De Hilos	Dimensión Del Conductor
<i>Circuito C2 para Tomas de Corriente de Prevención y Gaveteros 1</i>	Fase	1.5mm ²
	Neutro	1.5mm ²
	Protección	1.5mm ²
<i>Circuito C2 para Tomas de Corriente de Duchas y Áreas de Lavado</i>	Fase	4mm ²
	Neutro	4mm ²
	Protección	4mm ²
<i>Circuito C2 para Tomas de Corriente de Operaciones, Gaveteros, Almacén 1 y 2</i>	Fase	2.5mm ²
	Neutro	2.5mm ²
	Protección	2.5mm ²
<i>Circuito C2 para Tomas de Corriente del Salón General</i>	Fase	2.5mm ²
	Neutro	2.5mm ²
	Protección	2.5mm ²
<i>Circuito C2 para Tomas de Corriente, Sala de Estar y Sala de Juegos</i>	Fase	2.5mm ²
	Neutro	2.5mm ²
	Protección	2.5mm ²
<i>Circuito C2 para Tomas de Corriente de Cuarto de Cocina</i>	Fase	2.5mm ²
	Neutro	2.5mm ²
	Protección	2.5mm ²
<i>Circuito C2 para Tomas de Corriente de Área de Comandancia</i>	Fase	2.5mm ²
	Neutro	2.5mm ²
	Protección	2.5mm ²
<i>Circuito C2 para Tomas de Corriente de Cuadra de Varones / Mujeres</i>	Fase	2.5mm ²
	Neutro	2.5mm ²
	Protección	2.5mm ²
<i>Circuito C2 para Tomas de Corriente de Gimnasio</i>	Fase	2.5mm ²
	Neutro	2.5mm ²
	Protección	2.5mm ²

Fuente: Elaboración propia



3.8.11. Caja Para Medidor

Según el CNE sección 060-412 revise (Anexo puesta a tierra) en nuestro caso es necesario conectar nuestro medidor a la puesta a tierra esto debido a que el medido no se encuentra dentro del tablero y tener en cuenta que si a futuro se piensa exceder la tensión a tierra en más de 250V desconectarlo.

3.8.12. Conductor Común de Puesta a Tierra

De acuerdo con la sección 060-502, 060-504 y 060-510 del CNE, el conductor de puesta a tierra de circuitos puede también servir como conductor de puesta a tierra para equipos. Asimismo, se permite que un electrodo común en un sistema de corriente alterna funcione como conductor de puesta a tierra para las cubiertas y equipos del edificio. Además, el conductor de enlace a tierra que se encuentre junto a los cables de los circuitos, sin aislamiento individual, debe tener un acabado en color verde o una combinación de verde con amarillo.

3.8.13. Puentes de Enlace

Según la Sección 060-702 (6) del CNE, la distancia mínima de separación entre sistemas de puesta a tierra debe ser de al menos 2 metros o igual a la longitud de la varilla de puesta a tierra, según cuál de estos valores sea mayor. Esta regulación garantiza la adecuada separación para evitar interferencias y asegurar la correcta funcionalidad de los sistemas de puesta a tierra.

La disposición específica de sistemas de puesta a tierra adecuadas está detalladas en el Anexo 2. Estos planos ilustran la ubicación y configuración de los sistemas de puesta a tierra, conforme a los requisitos establecidos por la normativa.

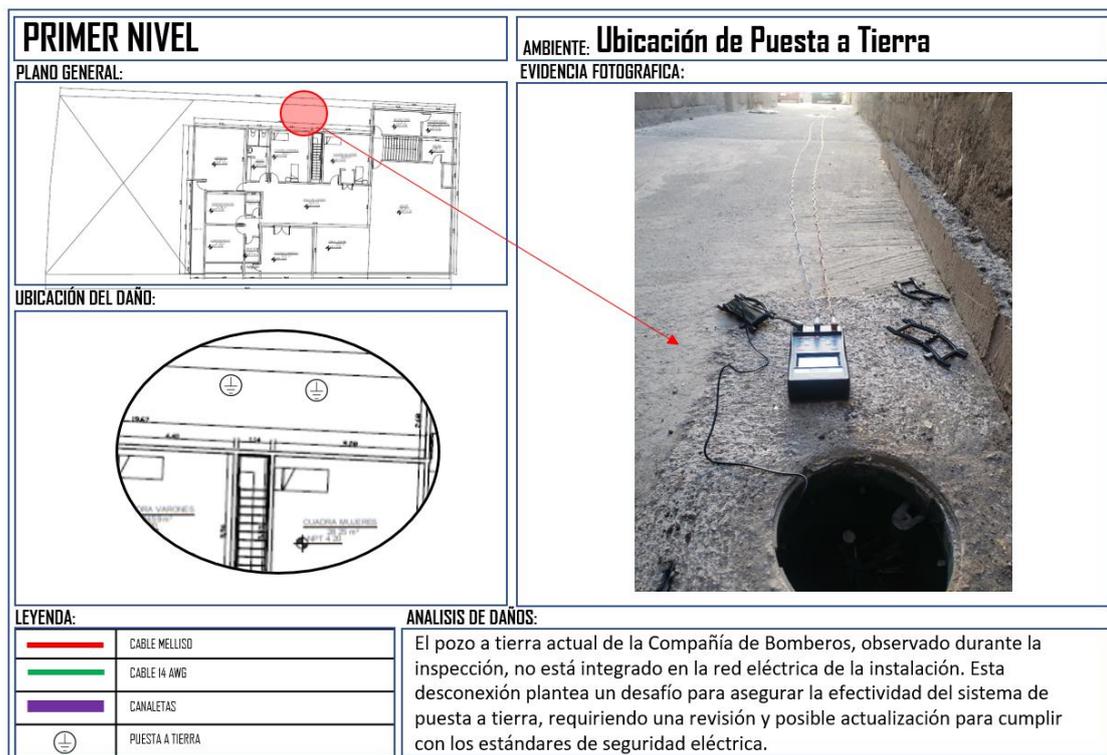
3.8.14. Ubicación de Nueva Puesta a Tierra

Según la Sección 060-702 (6) del CNE, la distancia mínima de separación entre sistemas de puesta a tierra debe ser de al menos 2 metros, según cuál de estos valores sea mayor.

La disposición específica para sistemas de puesta a tierra para la Compañía de Bomberos Puno - 42 está detallada en los planos que se presentan en la **Figura 58** del Anexo 2. Estos planos ilustran la ubicación y configuración de los sistemas de puesta a tierra, conforme a los requisitos establecidos por la normativa.

Figura 58

Ubicación de puesta a tierra



Fuente: Elaboración Propia

3.8.15. Materiales y Especificaciones para Instalación de Pozo a Tierra

La **Tabla 73** detalla los materiales y especificaciones necesarios para la propuesta de implementación de puesta a tierra en viviendas, edificios y estructuras críticas. Esta tabla proporciona información sobre el tipo de sistema, especificando que debe ser monofásico de 3 hilos AC con un máximo de 250V. Incluye los requisitos para el electrodo de puesta a tierra, que debe ser una varilla de cobre con una profundidad mínima de 2.4 m y un diámetro específico. Además, se detallan los requisitos para el conductor de puesta a tierra y el conductor de enlace equipotencial, incluyendo su material, sección y métodos de conexión. También se abordan las necesidades para la conexión a electrodos y la instalación de descargadores de sobretensión. Estos lineamientos aseguran que la instalación del pozo a tierra cumpla con las normativas y garantice una protección efectiva contra fallos eléctricos.

Tabla 73

Materiales y Especificaciones para Instalación de Pozo a Tierra

Descripción del Elemento	Especificación	Detalles
Tipo de Instalación	Vivienda / Edificio	Estructura critica
Tipo de Sistema	Monofásico 3 Hilos AC	Máximo 250V Profundidad: min 2.4m Longitud: 2.4m
Electrodo de Puesta a Tierra	Varilla de Cobre	Diámetro: 16mm ² o 5/8 Enterrada en suelos con resistividad adecuada



Descripción del Elemento	Especificación	Detalles
Material del Conductor de Puesta a Tierra	Cobre	Aislado o desnudo
Continuidad de Conductores de Puesta a Tierra	Verificar continuidad	Asegurar continuidad desde el punto de fijación hasta el electrodo
Conductor de Enlace Equipotencial	Cobre	Sección según Tabla 16
Material del Conductor de Enlace Equipotencial	Cobre	Aislado o desnudo
Conexión del Conductor de Enlace Equipotencial	Orejas, grapas u otros medios seguros	No usar uniones que dependan de soldadura
Conexión del Conductor de Puesta a Tierra a Electrodo	Grapa empernada o similar	Ver detalles según normativa 060-906
Descargadores de Sobretensión	Se requiere un conductor de enlace o puesta a tierra de cobre con una sección mínima de 16 mm ²	Ver detalles según normativa 090-806

Fuente: Elaboración Propia

Para garantizar una instalación eficaz de un pozo a tierra, es fundamental seguir las especificaciones detalladas en la **Tabla 74**. Esta tabla proporciona los requisitos y detalles para la correcta propuesta de implementación de un pozo a tierra, especificando aspectos como la ubicación, tipo de instalación y materiales necesarios. La ubicación del pozo debe ajustarse al plano del proyecto y estar situada, por ejemplo, en la entrada de vehículos. El pozo debe ser de instalación vertical de profundidad mínima de 2.5m y un diámetro de 1 metro por 1 metro. La varilla debe estar recubierta con cemento conductivo y enterrada en suelos con

una resistividad adecuada. Además, se deben utilizar materiales como sal industrial, tierra de chacra, bentonita y Thor Gel para mejorar la conductividad del terreno y asegurar un bajo nivel de resistencia. Estos materiales deben ser mezclados y aplicados siguiendo las especificaciones para optimizar el rendimiento del sistema.

Tabla 74

Especificaciones y Detalles para la Instalación de Pozo a Tierra

Descripción del Elemento	Especificación	Detalles
Ubicación	Según al plano	Entrada de vehículos
Tipo de Instalación pozo a tierra	Vertical	Profundidad min de 2.5m
Diámetro del pozo a tierra	1 m x 1m	Introducir tierra de chacra con bentonita sódica
Varilla recubierta	Cubierta de cemento conductivo	La varilla tiene que estar cubierta con cemento conductivo Enterrada en suelos con resistividad adecuada
Sal industrial	1 bolsa de 50kg	Mezclamos con agua, con esto bajamos la resistencia
Tierra de chacra	2 metros cúbicos	En caso de ser necesario y mejorar la conductividad del terreno
Bentonita	2 sacos de 30kg	Para mejorar la conductividad del terreno
Thor Gel o similar	2 bolsas	Utilizar 2 bolsas de Thor gel para aumentar la conductividad del terreno

Fuente: Elaboración Propia

3.9. TABLERO GENERAL Y DE DISTRIBUCIÓN

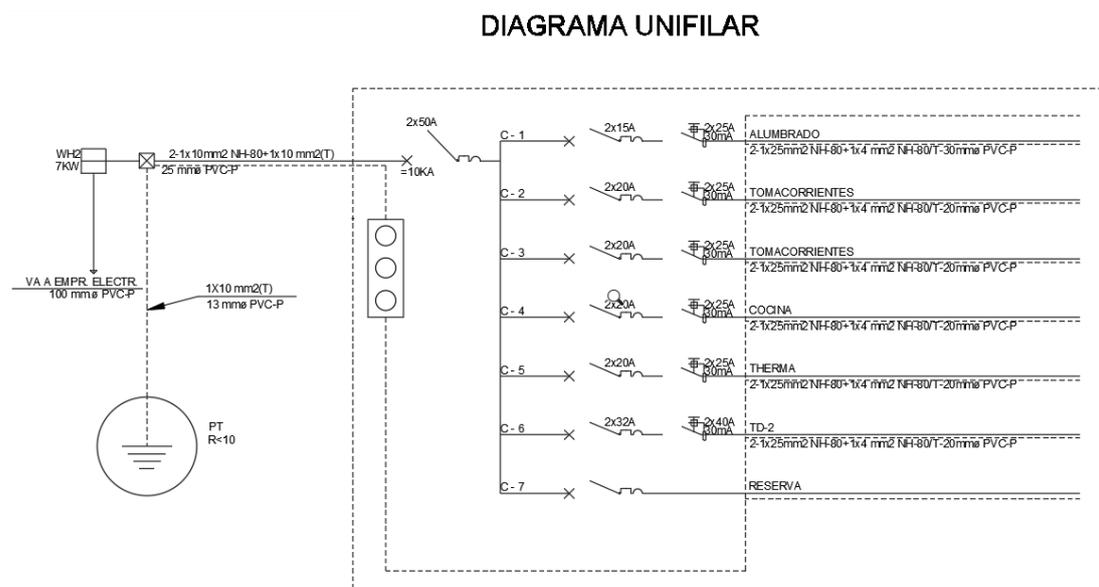
3.9.1. Diagrama Unifilar

Para el análisis del tablero general y de distribución, consulte el Diagrama Unifilar presentado en el Anexo 2. Este diagrama proporciona una representación detallada del sistema eléctrico de la Compañía de Bomberos Puno - 42, y es esencial para comprender la disposición y conexiones del tablero general y los circuitos de distribución.

El Diagrama Unifilar del Primer Nivel, presentado en la **Figura 59**, ilustra la configuración y Asignación de circuitos eléctricos en el primer nivel de la Compañía de Bomberos Puno - 42. Este diagrama es crucial para entender las conexiones y la disposición de los componentes eléctricos en esta área específica del edificio.

Figura 59

Diagrama Unifilar Primer Nivel

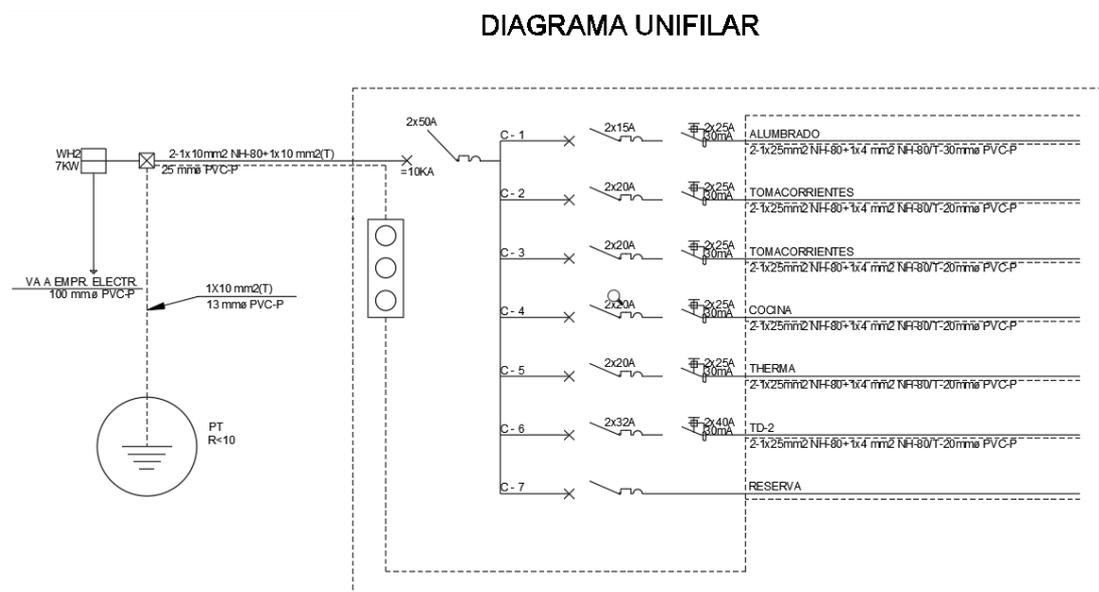


Fuente: Elaboración propia

La **Figura 60** representa el Diagrama Unifilar del Segundo Nivel. Este diagrama detalla la Segmentación y conexión de los circuitos eléctricos en el segundo nivel, proporcionando una visión clara correspondiente a la configuración y facilitando una mejor comprensión a la infraestructura eléctrica en esta sección del edificio.

Figura 60

Diagrama Unifilar Segundo Nivel



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADO DEL ANÁLISIS GLOBAL DE LAS CONDICIONES ELÉCTRICAS EN LA COMPAÑÍA DE BOMBEROS PUNO 42

El análisis integral realizado en la Compañía de Bomberos Puno 42 reveló múltiples áreas de incumplimiento con las normativas eléctricas peruanas y estándares internacionales. Este análisis abarca la evaluación técnica de la infraestructura eléctrica existente, incluyendo la revisión visual, mediciones de sistemas eléctricos y la puesta a tierra, así como entrevistas con el personal. A continuación, en la **Tabla 75**, se presenta un resumen de los hallazgos más significativos y sus implicaciones para la seguridad y el funcionamiento de las instalaciones.

Tabla 75

Resultados del Análisis Global de las Condiciones Eléctricas en la Compañía de Bomberos Puno 42

Nivel	Ambiente	Problemas detectados	Normativas incumplidas
Primer Nivel	Sala de máquinas	<ul style="list-style-type: none">- Sobrecarga de Circuitos: Los circuitos no están dimensionados adecuadamente, superando el 80% de la capacidad nominal recomendada.- Iluminación Anticuada: Uso de focos fluorescentes antiguos que no cumplen con los estándares actuales de eficiencia energética.- Deficiencia en Puertos de Conexión: Insuficiencia de puertos adecuados para equipos	<ul style="list-style-type: none">- NTP 370.410: Requiere dimensionamiento adecuado de circuitos eléctricos.- NTP 370.015: Exige luminarias de alta eficiencia y bajo consumo.- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): Exige identificación y separación de circuitos, protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos, y puntos de conexión adecuados para emergencias.



Nivel	Ambiente	Problemas detectados	Normativas incumplidas
	Área de prevención	<ul style="list-style-type: none"> - eléctricos y uso de extensiones eléctricas. - Instalaciones Caseras: Mantenimiento deficiente y uso de instalaciones caseras que aumentan el riesgo de fallos y cortocircuitos. - Instalaciones Exteriores Deficientes: Falta de mantenimiento y ausencia de iluminación adecuada y puertos de corriente. - Protección Inadecuada de Equipos Electrónicos: Falta de dispositivos de protección como fusibles e interruptores automáticos. - Cableado Deficiente: Cableado sin aislamiento adecuado y falta de sistemas de protección contra sobrecorrientes. 	<ul style="list-style-type: none"> - NTP sobre Instalaciones Eléctricas: Establece estándares de seguridad y mantenimiento para instalaciones eléctricas. - RNE y Normas Técnicas Peruanas (NTP): Requiere diseño y mantenimiento de instalaciones eléctricas exteriores con materiales adecuados y iluminación suficiente. - NTP: Exige protección adecuada para equipos electrónicos con dispositivos de protección y sistemas de puesta a tierra. - Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): Exige instalaciones eléctricas en buen estado y adecuadamente protegidas.
	Área de gaveteros 1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> - Protección Insuficiente del Cableado - Falta de Cubiertas A Prueba de Agua y Polvo - Insuficiencia de Puertos de Corriente en Áreas de Oficinas - Falta de Conexión a Tierra de Superficies Metálicas - Instalación Deficiente en Ambientes con Riesgos de Filtración 	<ul style="list-style-type: none"> - NTP 370.410: Protección del cableado con conduits o canaletas adecuadas. - NTP 370.410: Uso de cubiertas a prueba de agua y polvo en áreas con riesgos específicos. - Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): Un puerto de corriente por cada 10 metros cuadrados en áreas de oficinas. - Código Nacional de Electricidad (CNE): Conexión a tierra de



Nivel	Ambiente	Problemas detectados	Normativas incumplidas
			<p>todas las superficies metálicas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Código Nacional de Electricidad (CNE): Correcta instalación en ambientes con riesgos de filtración.
		<ul style="list-style-type: none"> - Falta de Iluminación en el Área de Duchas - Sistema de Ducha Eléctrica No Funciona - Cableado Expuesto - Interruptor Expuesto a Salpicaduras de Agua - Falta de Protección en el Interruptor - Presencia de Descargas Eléctricas 	<ul style="list-style-type: none"> - NTP 370.015: Exigencia de iluminación adecuada en áreas específicas. - NTP 370.410: Mantenimiento y funcionamiento correcto del sistema de ducha eléctrica. - NTP 370.410: Protección del cableado con conduits o canaletas adecuadas. - NTP 370.410: Protección de interruptores contra salpicaduras de agua. - NTP 370.410: propuesta de implementación de protecciones adecuadas para componentes eléctricos. - Código Nacional de Electricidad (CNE): Medidas contra descargas eléctricas.
	Área de duchas 1 y 2		
		<ul style="list-style-type: none"> - Instalación eléctrica en áreas húmedas sin adecuada protección - Falta de aislamiento y protección en duchas eléctricas - Uso de cables sin clasificación IP adecuada para áreas húmedas - Instalación de conexiones sin cajas estancas 	<ul style="list-style-type: none"> - NTP 370.012: Requiere mecanismos de protección contra sobrecalentamientos en duchas eléctricas. - NTP 370.410: Cables y dispositivos deben tener clasificación IP mínima IP44 en áreas húmedas. - Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): Instalación de dispositivos de protección diferencial y
	Baños 1,2 y lavandería		



Nivel	Ambiente	Problemas detectados	Normativas incumplidas
		<ul style="list-style-type: none"> - Puertos de corriente cercanos a instalaciones de agua - Equipos eléctricos expuestos a la humedad sin protección IP65 	<ul style="list-style-type: none"> cajas de conexión adecuadas. - Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): Distancia mínima de 1.5 metros de elementos eléctricos a fuentes de agua. - NTP 370.410: Uso de materiales y técnicas adecuadas, como cables con clasificación IP65 o superior y conexiones encapsuladas. - NTP 370.410: Correcta instalación y aislamiento de sistemas eléctricos en áreas húmedas.
	Sala de operaciones	<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones eléctricas realizadas de forma casera - Uso de materiales no certificados - Falta de técnicas de instalación profesional - Riesgo significativo de fallos eléctricos y cortocircuitos - Ausencia de protecciones como interruptores automáticos y disyuntores - Mantenimiento deficiente, sin inspecciones periódicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): Instalaciones eléctricas deben ser realizadas por personal calificado y con materiales certificados. - NTP sobre Instalaciones Eléctricas de Interiores: Requiere el uso de técnicas de instalación profesional y materiales certificados. - NTP sobre Criterios de Seguridad para Instalaciones Eléctricas: Exige mantenimiento regular, incluyendo inspecciones periódicas y corrección de defectos.
	Almacén 1	<ul style="list-style-type: none"> - Iluminación deficiente - Iluminación antigua con focos fluorescentes - No existen cables expuestos - Instalaciones a medias - Empalmes no autorizados 	<ul style="list-style-type: none"> - NTP 370.015: Exige el uso de iluminación eficiente y en buen estado; se deben evitar focos fluorescentes antiguos. - NTP 370.410: Los cables deben estar adecuadamente instalados y protegidos,
	Almacén 2	<ul style="list-style-type: none"> - Filtración de agua - Iluminación deficiente 	



Nivel	Ambiente	Problemas detectados	Normativas incumplidas
	Gruta	<ul style="list-style-type: none"> - Iluminación antigua con focos fluorescentes - No existen cables expuestos - Instalaciones a medias - Empalmes no autorizados - Filtración de agua - No cuenta con iluminación adecuada - No existen puntos de enchufe - Empalmes cableados con cable mellizo - Puertos de enchufe realizados con extensiones 	<ul style="list-style-type: none"> - evitando empalmes no autorizados y filtración de agua. - Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): Requiere instalaciones completas y adecuadas, con iluminación correcta y sin empalmes no autorizados. - NTP sobre Instalaciones Eléctricas de Interiores: Se deben evitar instalaciones a medias, con cables expuestos y empalmes no autorizados. - NTP 370.012: Los puntos de enchufe deben ser adecuados y no deben utilizarse extensiones para su instalación.
	Entrada lateral	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de mantenimiento adecuado - Ausencia de iluminación - Falta de puertos de corriente para prácticas - Riesgos significativos de cortocircuitos y descargas eléctricas - Accidentes debido a la falta de visibilidad - Cables no resistentes a la intemperie - Falta de luminarias con clasificación IP65 - Insuficientes puntos de conexión eléctrica distribuidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): Exige el diseño y mantenimiento adecuado de instalaciones exteriores. - NTP sobre Instalaciones Eléctricas Exteriores: Requiere el uso de materiales adecuados y mantenimiento regular. - NTP 370.015: Establece la necesidad de una iluminación adecuada con luminarias de al menos IP65 para condiciones adversas. - NTP sobre Protección Contra la Intemperie: Los cables y equipos deben ser resistentes a la intemperie y estar bien mantenidos. - NTP sobre Instalaciones Eléctricas de Exteriores:



Nivel	Ambiente	Problemas detectados	Normativas incumplidas
	Gimnasio	<ul style="list-style-type: none"> - Conductores subdimensionados: Menos de 4 mm². - Cables sobrecalentados: No cumplen con los requisitos. - Protección insuficiente: Falta de interruptores automáticos adecuados. - Puertos de corriente inadecuados: Menos de 20 A. 	<p>Debe evitarse el uso de cables de extensión peligrosos y garantizar suficientes puntos de conexión.</p> <ul style="list-style-type: none"> - NTP 370.264-0:2013: Conductores deben ser de al menos 4 mm². - NTP-IEC 60364-4-42:2013: Requiere cables dimensionados para evitar sobrecalentamiento. - NTP-IEC 60364-4-41:2013: Exige protección contra sobrecorrientes con interruptores automáticos. - Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): Puertos de corriente deben manejar al menos 20 A.
Segundo Nivel	Administración	<ul style="list-style-type: none"> - Iluminación inadecuada: La iluminación es deficiente. - Falta de enchufes necesarios: No se cuentan con suficientes enchufes en la instalación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Norma Técnica Peruana: Exige una iluminación adecuada en todas las áreas de trabajo y circulación. - Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE): Establece la necesidad de contar con el número adecuado de enchufes para evitar el uso de extensiones peligrosas y garantizar la funcionalidad adecuada de las instalaciones eléctricas.
	Comandancia	<ul style="list-style-type: none"> - Cableado inadecuado: Uso de cables que no cumplen con la norma. - Luminarias no especificadas: Instalación sin 	<ul style="list-style-type: none"> - Norma IEC 60364: Requisitos para el tipo de cableado y luminarias. - Norma IEC 60364: Cables de tipo N°12



Nivel	Ambiente	Problemas detectados	Normativas incumplidas
	Almacén 3	<ul style="list-style-type: none"> - considerar el tipo de cable adecuado. - Canaletas deficientes: Canaletas no cumplen con las normas de material o protección - Iluminación deficiente: Uso de focos fluorescentes antiguos, instalación incompleta, empalmes no autorizados, filtración de agua. - Falta de instalaciones eléctricas: No se han realizado instalaciones eléctricas adecuadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - AWG necesarios para iluminación. - Norma IEC 60364: Canaletas deben ser de material no combustible y en buen estado. - Normas Técnicas Peruanas y Reglamento Nacional de Edificaciones: Exigen una iluminación adecuada, instalación eléctrica completa y segura, así como protección contra filtración de agua y empalmes no autorizados. - Normas Técnicas Peruanas y Reglamento Nacional de Edificaciones: Exigen una iluminación adecuada, instalación eléctrica completa y segura, así como protección contra filtración de agua y empalmes no autorizados.
	Sanidad	<ul style="list-style-type: none"> - Mala distribución de enchufes: Necesidad de más enchufes en la instalación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Normas de Seguridad Eléctrica: Requiere la adecuada distribución de enchufes y la protección de instalaciones eléctricas para evitar riesgos.
	Sala de disciplina	<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones expuestas: Cables y componentes eléctricos expuestos, lo que representa un riesgo de seguridad. - Iluminación inadecuada: Niveles de iluminancia por debajo de 300 lux en áreas de trabajo y 150 lux en áreas de circulación. - Distribución deficiente: Presencia de 	<ul style="list-style-type: none"> - Norma Técnica Peruana EM.010: Requisitos para iluminación uniforme y suficiente, niveles mínimos de 300 lux para áreas de trabajo y 150 lux para circulación.
	SS.HH. (Servicios Higiénicos)		



Nivel	Ambiente	Problemas detectados	Normativas incumplidas
	Cocina comedor	<ul style="list-style-type: none">deslumbramientos y sombras, con luminarias mal distribuidas.- Cobertura insuficiente: Luminarias instaladas con separación inadecuada, generando áreas oscuras.- Protección inadecuada: Falta de mecanismos adecuados para proteger contra descargas eléctricas.- Protección contra sobrecorrientes: Falta de dispositivos para prevenir sobrecargas y cortocircuitos.- Protección de conductores: Conductores mal instalados, sin protección adecuada contra daños mecánicos y térmicos.- Diseño y ejecución deficiente: Modificaciones y reparaciones no cumplen con especificaciones técnicas rigurosas.- Sobrecarga: Puertos de corriente no dimensionados adecuadamente, riesgos de sobrecargas.- Distribución de carga: Configuración de circuitos no equitativa o adecuada, sin seguir las recomendaciones mínimas.	<ul style="list-style-type: none">- Norma Técnica Peruana EM.010: Distribución de iluminación para minimizar deslumbramientos y sombras, instalación con separación adecuada.- IEC 60364-4-41: Requisitos para la protección contra descargas eléctricas.- IEC 60364-4-42: Normas para la protección contra sobrecorrientes.- IEC 60364-4-44: Requisitos para la protección de los conductores.- IEC 60364-5-52: Directrices para el diseño y ejecución de instalaciones eléctricas.- Normativa Peruana EM.010: Requisitos para evitar sobrecargas y asegurar distribución equitativa de carga.
	Cuadra de varones	<ul style="list-style-type: none">- Protección insuficiente: Falta de tuberías de protección para el cableado eléctrico.	<ul style="list-style-type: none">- NTP 370.011: Requisitos para la protección del cableado eléctrico, uso de interruptores automáticos de 16 A y



Nivel	Ambiente	Problemas detectados	Normativas incumplidas
	Cuadra de mujeres	<ul style="list-style-type: none">- Interruptores automáticos inadecuados: Uso de interruptores que no cumplen con las especificaciones de 16 A para iluminación y 20 A para tomacorrientes.- Número insuficiente de puertos de corriente: No se asegura un número adecuado de puertos para evitar sobrecargas.- Protección diferencial deficiente: Falta de dispositivos de protección diferencial (DPD) con sensibilidad máxima de 30 mA en áreas críticas.- Problemas de aislamiento y puesta a tierra: Insuficiencia en el aislamiento y la puesta a tierra para prevenir fallos eléctricos.- Protección inadecuada del cableado: Falta de tuberías de protección para el cableado eléctrico.- Interruptores automáticos inadecuados: No se utilizan interruptores automáticos de 16 A para iluminación y 20 A para tomacorrientes.- Número insuficiente de puertos de corriente: No hay suficientes puertos de corriente para evitar sobrecargas.- Protección diferencial deficiente: Falta de dispositivos de protección diferencial	<ul style="list-style-type: none">20 A, y número suficiente de puertos de corriente.- NTP 370.410: Requisitos para la instalación de dispositivos de protección diferencial (DPD) con sensibilidad máxima de 30 mA en dormitorios y estándares de aislamiento y puesta a tierra. - NTP 370.011: Establece la protección del cableado con tuberías y el uso de interruptores automáticos de 16 A para iluminación y 20 A para tomacorrientes, además de la cantidad adecuada de puertos de corriente.- NTP 370.410: Requiere el uso de dispositivos de protección diferencial (DPD) con una sensibilidad máxima de 30 mA y especificaciones de aislamiento y puesta a tierra en dormitorios.



Nivel	Ambiente	Problemas detectados	Normativas incumplidas
Secretaría	SS.HH. 2 (Servicios Higiénicos 2)	<p>(DPD) con sensibilidad máxima de 30 mA.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Problemas de aislamiento y puesta a tierra: Insuficiencia en el aislamiento y puesta a tierra para prevenir fallos eléctricos. - Falta de enchufes con conexión a tierra: No se utilizan enchufes adecuados con conexión a tierra. - Cables expuestos: Hay cables que están expuestos y no debidamente protegidos. - Uso de extensiones tipo mellizo: Se están utilizando extensiones tipo mellizo en lugar de enchufes adecuados. 	<ul style="list-style-type: none"> - NTP 370.011: Establece la necesidad de enchufes con conexión a tierra y el uso adecuado de componentes eléctricos. - NTP 370.410: Requiere el uso de cables protegidos y la correcta instalación de enchufes y conexiones. - IEC 60364-4-41: Requiere que todas las instalaciones eléctricas cuenten con mecanismos de protección adecuados para prevenir riesgos eléctricos.
		<ul style="list-style-type: none"> - Falta de protección y aislamiento adecuado del cableado: El cableado eléctrico no está debidamente protegido o aislado. - Enchufes incorrectos sin conexión a tierra: Los enchufes instalados no cuentan con conexión a tierra adecuada. - Cables expuestos: Los cables eléctricos están expuestos, lo que aumenta el riesgo de accidentes y fallos eléctricos. - Uso de extensiones tipo mellizo: Se están utilizando extensiones tipo mellizo, que no son 	<ul style="list-style-type: none"> - NTP 370.011: Establece la necesidad de proteger y aislar adecuadamente el cableado eléctrico para prevenir riesgos de cortocircuitos, incendios y otros peligros. - NTP 370.011: Establece que las instalaciones eléctricas deben contar con enchufes adecuados con conexión a tierra y cableado protegido y seguro. - NTP 370.410: Requiere que las instalaciones eléctricas eviten el uso de extensiones inapropiadas y aseguren una correcta instalación con cables debidamente protegidos.
Oficina de departamental	SS.HH. 2 (Servicios Higiénicos 2)	<ul style="list-style-type: none"> - Enchufes incorrectos sin conexión a tierra: Los enchufes instalados no cuentan con conexión a tierra adecuada. - Cables expuestos: Los cables eléctricos están expuestos, lo que aumenta el riesgo de accidentes y fallos eléctricos. - Uso de extensiones tipo mellizo: Se están utilizando extensiones tipo mellizo, que no son 	<ul style="list-style-type: none"> - NTP 370.011: Establece que las instalaciones eléctricas deben contar con enchufes adecuados con conexión a tierra y cableado protegido y seguro. - NTP 370.410: Requiere que las instalaciones eléctricas eviten el uso de extensiones inapropiadas y aseguren una correcta instalación con cables debidamente protegidos.



Nivel	Ambiente	Problemas detectados	Normativas incumplidas
		<p>adecuadas para la carga eléctrica necesaria y representan un riesgo de sobrecalentamiento y cortocircuitos.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sobrecarga en el circuito eléctrico de iluminación: Manifestada por luz parpadeante, calentamiento de cables y disparo prematuro de dispositivos e interruptores. - Iluminación inadecuada: No se proporciona una iluminación uniforme y suficiente, con niveles de iluminancia inferiores a los recomendados. 	<ul style="list-style-type: none"> - NTP 370.264-0:2013: Exige que los conductores para iluminación tengan una sección mínima de 2.5 mm² para evitar sobrecalentamientos. - NTP-IEC 60364-4-42:2013: Establece que las instalaciones deben prevenir sobrecargas mediante una correcta distribución de carga. - NTP-IEC 60364-4-41:2013: Requiere el uso de interruptores automáticos con capacidad adecuada para proteger los circuitos contra sobrecorrientes, típicamente de 10 A a 16 A para iluminación. - Norma Técnica Peruana EM.010: Establece que las luminarias deben proporcionar una iluminación uniforme y suficiente, con niveles mínimos de iluminancia de 300 lux para áreas de trabajo y de 150 lux para áreas de circulación, además de una distribución que minimice deslumbramientos y sombras.
	Sala de eventos		
	Área de descanso	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensionamiento inadecuado de conductores: Los conductores no cumplen con el mínimo de 2.5 mm² para iluminación y 	<ul style="list-style-type: none"> - NTP EM 0.10: Establece el dimensionamiento mínimo de conductores y la configuración adecuada de circuitos.



Nivel	Ambiente	Problemas detectados	Normativas incumplidas
		<ul style="list-style-type: none">4 mm² para tomacorrientes en aplicaciones críticas.- Configuración de circuitos incorrecta: Los circuitos superan el límite de 10 A para iluminación y 20 A para tomacorrientes en áreas críticas.- Iluminación insuficiente: Los niveles de luz no alcanzan los 150 a 300 lux requeridos para una sala de estar.- Ineficiencia energética: Uso de luminarias no eficientes y distribución no uniforme de la luz.- Falta de protección contra la humedad: Las instalaciones no están protegidas adecuadamente contra factores ambientales como la humedad.- Fuentes de filtración no corregidas: Existen filtraciones que pueden dañar las instalaciones eléctricas.	<ul style="list-style-type: none">- Reglamento Nacional de Edificaciones (2019): Requiere niveles adecuados de iluminación (150 a 300 lux) y eficiencia energética.
	Área de uso común	<ul style="list-style-type: none">- Instalaciones expuestas: Las instalaciones eléctricas expuestas no están adecuadamente encapsuladas o canalizadas.- Inadecuada instalación eléctrica en piscinas y fuentes: Las instalaciones no cumplen con los requisitos de seguridad específicos para estos entornos.	<ul style="list-style-type: none">- NM.IEC 60364: Establece la protección de las instalaciones eléctricas contra la humedad y otros factores ambientales, y la correcta encapsulación o canalización de instalaciones expuestas.- Código Nacional de Electricidad: Requiere que las instalaciones eléctricas en piscinas y fuentes cumplan con requisitos rigurosos para garantizar la seguridad.
	Escaleras 1	<ul style="list-style-type: none">- Iluminación insuficiente: La	<ul style="list-style-type: none">- NTP: Establece la necesidad de una



Nivel	Ambiente	Problemas detectados	Normativas incumplidas
		intensidad de la luz en áreas de circulación es menor a 150 lux y en escaleras de entrada es menor a 200 lux.	iluminación mínima de 150 lux en áreas de circulación y 200 lux en escaleras.
	Escaleras 2	- Iluminación insuficiente: La intensidad de la luz en áreas de circulación es menor a 100 lux y en escaleras es menor a 200 lux.	- Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2006): Exige un diseño e instalación de luminarias que aseguren una iluminación adecuada y distribución correcta para prevenir accidentes. - Normas Peruanas: Establecen una intensidad mínima de 100 lux en áreas de circulación y 200 lux en escaleras. - Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE, 2006): Requiere un diseño e instalación de luminarias que asegure una iluminación adecuada en zonas de tránsito para prevenir accidentes.
	Sala de tratamientos	- En esta zona no existe instalación eléctrica	-

Fuente: Elaboración propia

El análisis global realizado en la Compañía de Bomberos Puno 42 revela deficiencias significativas en las condiciones eléctricas que comprometen tanto la seguridad como la funcionalidad de las instalaciones. La Tabla 75 ilustra claramente los problemas detectados, entre los cuales se destacan la falta de mantenimiento adecuado, ausencia de iluminación, insuficiencia de puertos de corriente, riesgos de cortocircuitos y descargas eléctricas, y cables no resistentes a la intemperie. Estos hallazgos reflejan un incumplimiento con varias normativas nacionales e internacionales que son esenciales para garantizar un entorno seguro y funcional.



Los problemas identificados, como la falta de mantenimiento adecuado y la ausencia de iluminación, están en línea con los hallazgos de estudios similares a nivel internacional. Por ejemplo, el trabajo de Barbula Gelvez (2008) subraya la importancia del diseño y mantenimiento adecuados de sistemas eléctricos para evitar fallas. En su estudio, Gelvez enfatiza que la falta de un sistema de protección efectivo puede llevar a fallas graves, una preocupación que también se evidencia en las instalaciones de la Compañía de Bomberos Puno 42.

De manera similar, el estudio de Parrales y Flores (2015) sobre la Universidad Politécnica Salesiana en Guayaquil revela problemas similares con la iluminación y los puertos de corriente, destacando la importancia de cumplir con las normativas de iluminación para evitar riesgos en el entorno educativo. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de una adecuada iluminación y distribución de puertos de corriente en la Compañía de Bomberos, tal como se evidencia en los problemas detectados en la tabla.

En el contexto nacional, la investigación de Chiclayo Monteza (2020) y Rodríguez (2017) sobre sistemas de instalaciones eléctricas en viviendas y hospitales, respectivamente, refuerza la relevancia de cumplir con las normativas de protección y seguridad eléctrica. Monteza identificó problemas similares de malas instalaciones y riesgo de descargas eléctricas en viviendas, mientras que Rodríguez destacó la necesidad de sistemas de protección eléctrica adecuados en hospitales. Ambos estudios subrayan la urgencia de abordar estos problemas para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento de las instalaciones eléctricas.

Además, la falta de luminarias con clasificación IP65 y la presencia de cables no resistentes a la intemperie evidencian un incumplimiento de la Norma Técnica Peruana NTP 370.015 y de las recomendaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones



(RNE). Estos estándares especifican que las instalaciones exteriores deben estar diseñadas para resistir las condiciones adversas y garantizar una iluminación adecuada en todos los ambientes. La ausencia de estas características no solo compromete la seguridad eléctrica, sino también la eficiencia operativa de las instalaciones.

La insuficiencia de puntos de conexión eléctrica y el uso de cables de extensión peligrosos, mencionados en los hallazgos, también se alinean con los problemas identificados en estudios previos, como los realizados por Araucano (2021) y Saavedra (2020). Ambos estudios destacan la importancia de un diseño adecuado y la correcta instalación de los sistemas eléctricos para evitar interrupciones y garantizar una protección efectiva.

4.2. RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DE DEFICIENCIAS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN LA COMPAÑÍA DE BOMBEROS PUNO 42

Tras el análisis de las respuestas obtenidas en los 33 ambientes evaluados de la Compañía de Bomberos Puno 42, se han identificado los siguientes hallazgos:

La **Tabla 76** ofrece una descripción detallada de cada problema eléctrico identificado durante el diagnóstico. Esta información se basa en el cuestionario sobre los problemas detectados en el sistema eléctrico de la Compañía de Bomberos Puno 42, el cual se detalla en la Tabla 10.

Tabla 76

Resumen del cuestionario Problemas identificados en el sistema eléctrico de la compañía de bomberos Puno 4

Número del Problema	Descripción del Problema
1	Deficiencia en el aislamiento de cables.
2	Uso de equipos no certificados.
3	Conexiones sueltas en los puntos de conexión.
4	Protección insuficiente contra sobrecargas.
5	Instalación incorrecta de interruptores.
6	Ausencia de dispositivos de protección diferencial.
7	Cableado no conforme a las normativas vigentes.
8	Problemas con la iluminación de emergencia.
9	Falta de mantenimiento regular.
10	Equipos de protección inadecuados.
11	Instalación defectuosa de tomas de corriente.
12	Deficiencia en la puesta a tierra.
13	Problemas con la ventilación de equipos eléctricos.
14	Fugas de corriente en el sistema.
15	Desgaste o deterioro de componentes eléctricos.
16	Instalación de circuitos eléctricos no seguros.
17	Problemas con la carga de los circuitos eléctricos.
18	Inadecuada señalización de riesgos eléctricos.
19	Mala distribución de la carga eléctrica.
20	Deficiencias en la protección contra sobretensiones.

Fuente: Elaboración propia

En el diagnóstico de las instalaciones eléctricas de la Compañía de Bomberos Puno 42, se identificaron varios problemas en cada ambiente evaluado, como se detalla en la **Tabla 77**. Esta tabla presenta tanto la cantidad de problemas identificados en cada ambiente como los problemas específicos que no fueron considerados en el diagnóstico. Los problemas identificados reflejan las deficiencias detectadas en cada ambiente durante el análisis, mientras que los problemas no considerados podrían no haber sido detectados

en el diagnóstico específico de cada entorno, pero están relacionados con las deficiencias generales del sistema eléctrico. Esta información es crucial para identificar áreas críticas que requieren atención y mejoras para garantizar que las instalaciones cumplan con los estándares eléctricos adecuados.

Tabla 77*Diagnóstico de Deficiencias en Instalaciones Eléctricas por Ambiente*

Ambiente	Problemas Identificados	Problemas No Considerados
Sala de máquinas	13	3, 4, 10, 11, 16, 17, 20
Área de prevención	20	N/A
Área de gaveteros 1 y 2	14	11, 13, 14, 15, 16, 17
	10	1, 2, 3, 4, 6, 10, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
Área de duchas 1 y 2	6	1, 3, 4, 6, 11, 12
Baños 1,2 y lavandería	5	7, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
Sala de operaciones	8	10, 11, 3, 4, 13, 16, 17, 18, 20
Almacén 1	11	3, 4, 10, 12, 16, 17, 18, 19, 20
Almacén 2		
Gruta	12	3, 10, 14, 16, 17, 18, 19, 20
Entrada lateral	10	5, 6, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
Gimnasio	13	1, 6, 7, 10, 14, 16, 18
Administración	18	7, 16
Comandancia	11	3, 7, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18
Almacén 3	8	7, 10, 13, 16, 17, 18, 19, 20
Sanidad	15	11, 16, 17, 18, 19
Sala de disciplina	7	7, 10, 13, 16, 17, 18, 19, 20
SS.HH. (Servicios Higiénicos)	7	7, 10, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20



Ambiente	Problemas Identificados	Problemas No Considerados
Cocina comedor	16	6, 13, 16, 18
Cuadra de varones	13	3, 10, 13, 14, 16, 17, 18
Cuadra de mujeres	14	3, 10, 13, 14, 16, 18
Secretaría	11	3, 7, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18
SS.HH. 2 (Servicios Higiénicos 2)	7	7, 10, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20
Oficina de departamental	11	3, 7, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 18
Sala de eventos	7	1, 3, 4, 6, 12, 14, 15
Área de descanso	6	7, 10, 13, 15, 16, 17, 18, 19, 20
Área de uso común	7	7, 10, 13, 16, 17, 18, 19, 20
Escaleras 1	5	7, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
Escaleras 2	5	7, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20
Sala de tratamientos	7	7, 10, 13, 16, 17, 18, 19, 20

Fuente: elaboración propia

El diagnóstico de las instalaciones eléctricas en la Compañía de Bomberos Puno 42 ha revelado múltiples deficiencias que afectan a un alto porcentaje de los ambientes evaluados. De los **33 ambientes** analizados, se identificaron problemas significativos en el **90%** de ellos. Los problemas más frecuentes incluyen deficiencias en el aislamiento de cables, conexiones sueltas, y la ausencia de dispositivos de protección diferencial. Por ejemplo, en la Sala de Máquinas, que presenta el mayor número de problemas identificados (13 de los 20 problemas revisados), la falta de protección contra sobrecargas y deficiencias en la puesta a tierra destacan como riesgos críticos.

Además, se identificaron problemas no contemplados en el diagnóstico inicial que podrían agravar la situación, como el desgaste de componentes eléctricos y la inadecuada

señalización de riesgos eléctricos. Estas deficiencias se encontraron en áreas clave, como el Área de Gaveteros y el Gimnasio, donde se registraron 14 y 13 problemas, respectivamente. La falta de mantenimiento regular y la mala distribución de la carga eléctrica son cuestiones comunes que representan una amenaza significativa para la seguridad del sistema eléctrico. En particular, el Área de Prevención presentó el mayor número de problemas, con un total de 20. La ausencia de ciertos problemas críticos sugiere que algunos aspectos del diagnóstico podrían no haber sido evaluados de manera exhaustiva.

4.3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN TÉCNICA DE LA PUESTA A TIERRA

La evaluación técnica del sistema de puesta a tierra en la Compañía de Bomberos Puno 42 ha revelado varias deficiencias que afectan la seguridad y el desempeño de las instalaciones eléctricas. **La Tabla 78** presenta un resumen detallado de estos problemas, que incluyen desviaciones significativas de los estándares normativos, corrosión avanzada en los componentes, resistencia de puesta a tierra superior al límite permitido y problemas graves de conexión y documentación. Estos hallazgos evidencian la necesidad urgente de implementar mejoras para asegurar que el sistema cumpla con los requisitos técnicos y normativos necesarios para garantizar una protección adecuada.

Tabla 78

Resultados de la Evaluación Técnica de la Puesta a Tierra

Aspecto Evaluado	Descripción del Problema	Valor Medido / Observación	Requisitos Normativos / Valor Requerido
Desviaciones Normativas	La puesta a tierra no cumple con el RNE y las NTP. Falta de una puesta	Deficiencias en especificaciones y diseño de puesta a tierra	Debería cumplir con las especificaciones del RNE y NTP,



Aspecto Evaluado	Descripción del Problema	Valor Medido / Observación	Requisitos Normativos / Valor Requerido
	a tierra independiente y deficiencias en las especificaciones de las varillas de cobre.		incluyendo una puesta a tierra independiente y varillas de cobre de alta calidad
Condiciones de Corrosión	Acumulación de sulfato en las varillas de cobre indica corrosión avanzada.	Corrosión significativa observada en varillas de cobre	Sistema debe estar libre de corrosión; mantenimiento regular y protección adecuada contra corrosión
Mediciones de Resistencia	Resistencia medida con el método Wenner es de 8.74 Ω , lo cual excede el límite permitido para instalaciones críticas.	8.74 Ω	Menor a 5 Ω para instalaciones críticas (NTP 370.250); Menor a 10 Ω para edificios no críticos
Problemas de Conexión y Documentación	Falta de conexión del pozo a tierra a la red principal, conexiones no documentadas, y contacto directo del cable del pararrayos con la estructura metálica.	Conexiones defectuosas y documentación incompleta	Debe haber una conexión adecuada del pozo a tierra con la red principal, conexiones documentadas y sin contacto directo con estructuras metálicas

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la evaluación técnica de la puesta a tierra en la Compañía de Bomberos Puno 42, presentados en la Tabla 78, evidencian deficiencias críticas que afectan la seguridad y eficacia del sistema eléctrico. Estos hallazgos se alinean con las observaciones y recomendaciones de diversos autores en el campo de las instalaciones eléctricas.



Barbula Gelvez (2008) destaca la importancia de adherirse a las normativas y estándares técnicos para diseñar sistemas eléctricos seguros. Su investigación subraya que una implementación deficiente, como la observada en el sistema de puesta a tierra de la Compañía de Bomberos, puede resultar en fallos eléctricos y daños a los equipos, similar a las deficiencias encontradas en las instalaciones de la UNEFA. En concordancia, Parrales y Flores (2015) y Chiclayo Monteza (2020) también identificaron problemas de cumplimiento normativo y corrosión en sus respectivos estudios, sugiriendo que las deficiencias en la puesta a tierra pueden comprometer la seguridad operativa y aumentar los riesgos eléctricos.

A nivel local, Araucano (2021) y Rodríguez (2017) encontraron problemas comparables en sus investigaciones. Araucano reportó valores de resistencia de tierra superiores a los estándares permitidos, indicando una falta de eficacia en la puesta a tierra similar a los resultados observados en la Compañía de Bomberos. Rodríguez, por su parte, abordó la importancia de diseñar sistemas de protección eléctrica que garanticen la seguridad de equipos críticos en hospitales, destacando la necesidad de sistemas bien mantenidos y documentados para evitar fallos que puedan afectar la operación segura de equipos biomédicos.

4.4. RESULTADOS DEL DISEÑO DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS DE LA COMPAÑÍA DE BOMBEROS PUNO - 42

4.4.1. Plano Arquitectónico de la Compañía de Bomberos Puno - 42

La creación de los planos arquitectónicos para la Compañía de Bomberos Puno 42 ha sido fundamental, ya que la entidad no contaba previamente con esta documentación. Estos planos detallados del primer y segundo nivel del edificio permiten una planificación precisa para el



diseño e implementación de un nuevo sistema de protección eléctrica. Aseguran que las instalaciones cumplan con los estándares de seguridad y las necesidades específicas de la compañía. Sin estos planos, el diseño eléctrico sería más complejo y podría resultar en incumplimientos normativos y riesgos para la seguridad. Los planos completos se encuentran disponibles en el **Anexo 2**.

La relevancia de contar con planos arquitectónicos precisos para un diseño eléctrico efectivo ha sido subrayada por autores como Helfer (2021). En su investigación, Helfer enfatiza cómo la falta de documentación adecuada puede dificultar significativamente la planificación y ejecución de sistemas eléctricos, aumentando el riesgo de problemas operativos y de seguridad. En el contexto de la Compañía de Bomberos Puno 42, la creación y revisión de estos planos permiten una implementación más efectiva del nuevo sistema de protección eléctrica, alineándose con la importancia de una planificación detallada que Helfer describe en su estudio. La disponibilidad de los planos en el Anexo 2 asegura que el diseño se realice de acuerdo con los estándares normativos, reduciendo el riesgo de fallos y mejorando la seguridad en la instalación.

4.5. Resultados del Diseño del Sistema Eléctrico de da Compañía de Bomberos Puno 42

4.5.1. Resultado diseño de circuito de luminarias

La **Tabla 79** presenta la selección y cantidad de luminarias utilizadas en el diseño para el primer y segundo nivel de la Compañía de Bomberos Puno 42. Esta tabla detalla los diferentes tipos de luminarias elegidas, sus potencias

mínimas, lúmenes mínimos y rendimientos lumínicos. Para el primer nivel, se han seleccionado luminarias con potencias que varían desde 11.9 W hasta 90.0 W, garantizando una iluminación adecuada en diversas áreas del edificio, mientras que para el segundo nivel, se han especificado luminarias con potencias que oscilan entre 11.9 W y 56.3 W. Esta diversidad en la selección de luminarias asegura que cada área del edificio reciba la cantidad de luz necesaria para cumplir con los requisitos de seguridad y funcionalidad. La adecuada elección de luminarias también contribuye a una mayor eficiencia energética y un mejor rendimiento lumínico en todas las áreas del edificio.

Tabla 79*Selección y Cantidad de Luminarias*

Nivel	Unidades	Fabricante	Potencia Mínima	Lúmenes Mínimos	Rendimiento Lumínico
Primer Nivel	4	Opcional	25.0 W	1866 lm	74.6 lm/W
	47	Opcional	56.3 W	6194 lm	110.1 lm/W
	3	Opcional	29.2 W	4000 lm	137.0 lm/W
	3	Opcional	40.0 W	3976 lm	99.4 lm/W
	2	Opcional	11.9 W	1215 lm	102.3 lm/W
	2	Opcional	90.0 W	10999 lm	122.2 lm/W
Segundo Nivel	1	Opcional	25.0 W	1866 lm	74.6 lm/W
	36	Opcional	29.2 W	4000 lm	137.0 lm/W
	34	Opcional	56.3 W	6194 lm	110.1 lm/W
	7	Opcional	40.0 W	3976 lm	99.4 lm/W
	5	Opcional	11.9 W	1215 lm	102.3 lm/W

Fuente: Elaboración Propia

La **Tabla 80** resume las características técnicas del diseño eléctrico para el sistema de luminarias en los dos niveles de la Compañía de Bomberos Puno 42. En esta tabla se muestran los resultados obtenidos para la carga total en kilovatios, el factor de simultaneidad, la corriente total, la selección del calibre de

conductores, y los interruptores y disyuntores seleccionados. Para el primer nivel, la carga total es de 2.985 kW con una corriente total de 7.4841 A, mientras que para el segundo nivel, la carga total aumenta a 3.383 kW con una corriente de 8.94 A. La selección de conductores de calibres 14 AWG y 12 AWG, respectivamente, así como los interruptores y disyuntores adecuados, garantizan la seguridad y el cumplimiento de normativas eléctricas. La instalación de barras de tierra con conexiones equipotenciales en ambos niveles asegura una protección efectiva contra fallos eléctricos, destacando la importancia de una planificación cuidadosa y conforme a las normativas en el diseño de sistemas eléctricos.

Tabla 80*Características Técnicas del Diseño Eléctrico*

Nivel	Descripción	Resultado	Descripción Técnica
Primer Nivel	Carga Total en Kilovatios	2.985 kW	Potencia nominal total de todas las luminarias instaladas.
	Factor de Simultaneidad	Carga Total: 2.985 W Carga Ajustada: 1,646.5 W	Demanda efectiva de potencia considerando que no todas las luminarias estarán encendidas al mismo tiempo.
	Corriente Total	7.4841 A	Corriente total calculada basada en la potencia ajustada y el voltaje del sistema.
	Selección de Calibre de Conductores	Cable THW-90 - 14 AWG	Conductor de calibre 14 AWG con aislamiento THW-90, adecuado para la corriente calculada.
	Selección de Interruptor Termomagnético	Interruptor 15 A (Área Primer Nivel)	Selección de Interruptor Termomagnético
	Selección de Disyuntor Principal	Disyuntor de 25 A	Disyuntor para protección general del sistema eléctrico.



Nivel	Descripción	Resultado	Descripción Técnica
Segundo Nivel	Instalación de Barra de Tierra	Barra de Tierra con Conexiones Equipotenciales	Barra de tierra recomendada para una correcta puesta a tierra.
	Carga Total en Kilovatios	3.383 kW	Potencia nominal total de todas las luminarias instaladas.
	Factor de Simultaneidad	Carga Total: 3,413 W	Factor de Simultaneidad
	Corriente Total	8.94 A	Corriente total calculada basada en la potencia ajustada y el voltaje del sistema.
	Selección de Calibre de Conductores	Cable THW-90 - 12 AWG	Conductor de calibre 12 AWG con aislamiento THW-90, adecuado para la corriente calculada.
	Selección de Interruptor Termomagnético	Interruptor 15 A (Oficinas y Áreas Cerradas)	Selección de Interruptor Termomagnético
	Selección de Disyuntor Principal	Disyuntor de 25 A	Disyuntor para protección general del sistema eléctrico.
	Instalación de Barra de Tierra	Barra de Tierra con Conexiones Equipotenciales	Barra de tierra recomendada para una correcta puesta a tierra.

Fuente: Elaboración Propia

4.5.2. Resultados del Cálculo de Circuitos de Tomas de Corriente

La **Tabla 81** presenta los resultados del cálculo de los circuitos de tomas de corriente para diversas áreas del proyecto. Cada circuito ha sido evaluado en términos del número de enchufes o puertos, la corriente requerida, el tipo de interruptor termomagnético necesario, el calibre del conductor de fase (12 AWG o 4 mm²) y el tamaño del tubo y conductor de fase, neutro y protección (20 mm²). Estos parámetros aseguran el correcto dimensionamiento de los componentes eléctricos para cumplir con las normativas y garantizar la seguridad y eficiencia en la distribución de energía

Tabla 81

Resultados del Cálculo de Circuitos de Tomas de Corriente

Circuito	Enchufes/ Puertos	Corriente del Circuito	Termomagnético	Conductor de Fase	Tamaño de Tubo y Conductor
Sala de Máquinas – EPP	16	15.68 A	> 13 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²
Prevención y Gaveteros 1	14	10.976 A	> 12 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²
Duchas 1 y 2, Baños 1 y 2, Áreas de Lavado	6	23.2848 A	> 24 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²
Operaciones , Gaveteros 2, Almacén 1 y 2	18	14.112 A	> 15 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²
Salón General	18	14.112 A	> 15 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²
Sala de Estar y Sala de Juegos	18	14.112 A	> 15 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²
Cuarto de Cocina	6	18.816 A	> 19 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²
Área de Comandancia	18	14.112 A	> 15 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y

Circuito	Enchufes/ Puertos	Corriente del Circuito	Termomagnético	Conductor de Fase	Tamaño de Tubo y Conductor
Cuadra de Varones / Mujeres	20	15.68 A	> 16 A	12 AWG (4 mm ²)	protección 4 mm ² Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²
Gimnasio	8	6.27 A	> 7 A	12 AWG (4 mm ²)	Tubo 20 mm ² , fase, neutro y protección 4 mm ²
Timbre	-	Hasta 30 V	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia

Los cálculos para dimensionar los circuitos eléctricos y los planos eléctricos actualizados reflejan las mejores prácticas observadas en los estudios de Ávila (2020) y Rojas (2014), que subrayan la importancia de una correcta coordinación de protecciones y selección de interruptores para garantizar la seguridad y eficiencia.

Basado en el análisis de la instalación existente y la propuesta de nuevos componentes, se recomienda la actualización de equipos, similar a las intervenciones realizadas en estudios como el de Manhualaya (2019), donde se mejoraron los sistemas de protección para prevenir accidentes eléctricos.

4.5.3. GUÍA DETALLADA DE COMPONENTES Y

ESPECIFICACIONES PARA LA INSTALACIÓN DE CIRCUITOS C2 DE TOMAS DE CORRIENTE EN LA COMPAÑÍA DE BOMBERO

EA continuación, se presenta una guía detallada sobre los componentes, dimensiones, distancias, formas y materiales necesarios para la instalación de los circuitos C2 de tomacorrientes en la Compañía de Bomberos. Estos resultados proporcionan toda la información requerida para proceder con la instalación eléctrica en cada ambiente, incluyendo los tipos de cables, sus diámetros, el interruptor termomagnético necesario, y la instalación de los conductores. De esta manera, se asegura que cada espacio cuente con una instalación adecuada y segura, cumpliendo con las normativas y requisitos técnicos correspondientes.

4.5.3.1 Circuito C2 - Sala de Máquinas – EPP

La **Tabla 82** es el resultado de la configuración del Circuito C2 en la Sala de Máquinas, destacando los aspectos clave del diseño eléctrico.

Tabla 82

Especificaciones Técnicas del Circuito C2 - Sala de Máquinas

Parámetro	Descripción
Tipo de Tomacorriente	Doble
Cantidad de Tomacorrientes	16
Interruptor Termomagnético Necesario	Superior a 13 A
Tipo de Instalación	Empotrada bajo tubo
Tipo de Conductor	Unipolar y aislado
Tipo de Neutro	Igual al conductor de fase
Sección de Conductores	Fase: 4 mm ² Neutro: 4 mm ² Protección: 4 mm ²
Diámetro del Tubo	20 mm
Voltaje Tolerado	450/750 V

Fuente: Elaboración propia

4.5.3.2 Circuito C2 - Prevención y Gaveteros 1

La **Tabla 83** muestra las especificaciones técnicas del Circuito C2 para las áreas de Prevención y Gaveteros 1, resaltando los elementos clave del diseño eléctrico.

Tabla 83

Especificaciones Técnicas del Circuito C2 - Prevención y Gaveteros 1

Parámetro	Descripción
Tipo de Tomacorriente	Doble
Cantidad de Tomacorrientes	14
Interruptor Termomagnético Necesario	Superior a 12 A
Tipo de Instalación	Empotrada bajo tubo
Tipo de Conductor	Unipolar y aislado
Tipo de Neutro	Igual al conductor de fase
Sección de Conductores	Fase: 1.5 mm ² Neutro: 1.5 mm ² Protección: 1.5 mm ²
Diámetro del Tubo	20 mm
Voltaje Tolerado	450/750 V

Fuente: Elaboración propia

4.5.3.3 Circuito C2 - Tomas de Corriente de Uso General Duchas y Áreas de Lavado

La **Tabla 84** resume las especificaciones técnicas del Circuito C2 para las tomas de corriente en duchas y áreas de lavado, destacando los detalles esenciales del diseño eléctrico.

Tabla 84

Especificaciones Técnicas del Circuito C2 - Tomas de Corriente de Uso General Duchas y Áreas de Lavado

Parámetro	Descripción
Número de Enchufes	6 salidas y 3 tomas de corriente dobles
Distancia Máxima	9 metros
Potencia Total	3,450 W
Corriente Calculada	15.68 A

Termomagnético Necesario	Mayor a 24 A
Tipo de Instalación	Empotrada bajo tubo Fase: 4 mm ² , Cobre
Tipo de Conductores	Neutro: 4 mm ² , Cobre Protección: 4 mm ² , Cobre
Tipo de Tubo	20 mm
Voltaje Tolerado	450/750 V

Fuente: Elaboración propia

4.5.3.4 Circuito C2 - Tomas de Corriente, Operaciones, Gaveteros

2, Almacén 1 y 2

La **Tabla 85** detalla las especificaciones técnicas del Circuito C2 para las tomas de corriente en las áreas de Operaciones, Gaveteros 2, Almacén 1 y 2, proporcionando los datos necesarios para el diseño eléctrico.

Tabla 85

Especificaciones Técnicas del Circuito C2 - Tomas de Corriente, Operaciones, Gaveteros 2, Almacén 1 y 2

Parámetro	Descripción
Número de Enchufes	18 salidas y 9 tomas de corriente dobles
Distancia Máxima	21 metros
Potencia Total	3,450 W
Corriente Calculada	14.112 A
Termomagnético Necesario	Mayor a 15 A
Tipo de Instalación	Empotrada bajo tubo Fase: 2.5 mm ² , Cobre
Tipo de Conductores	Neutro: 2.5 mm ² , Cobre Protección: 2.5 mm ² , Cobre
Tipo de Tubo	20 mm
Voltaje Tolerado	450/750 V

Fuente: Elaboración propia

4.5.3.5 Circuito C2 - Salón General

La **Tabla 86** presenta las especificaciones técnicas del circuito eléctrico para el Salón General, destacando los requisitos necesarios para su instalación.

Tabla 86

Especificaciones Técnicas del Circuito Eléctrico del Salón General

Parámetro	Descripción
Cantidad de Enchufes	18
Distancia Máxima	16 m
Termomagnético Necesario	Superior a 15 A
Tipo de Instalación	Empotrada bajo tubo
Tipo de Conductor	Unipolar y aislados
Diámetro del Tubo	20 mm
Tipo de Conductor	Fase: 2.5 mm ² , Cobre
	Neutro: 2.5 mm ² , Cobre
	Protección: 2.5 mm ² , Cobre
Voltaje Tolerado	20 mm

Fuente: Elaboración propia

4.5.3.6 Circuito C2 - Sala de Estar y Sala de Juegos

La **Tabla 87** presenta las especificaciones técnicas del circuito eléctrico para la Sala de Estar y Sala de Juegos, indicando los detalles esenciales para su correcta instalación.

Tabla 87

Especificaciones Técnicas del Circuito Eléctrico de la Sala de Estar y Sala de Juegos

Parámetro	Descripción
Cantidad de Enchufes	18
Distancia Máxima	17.5 m
Termomagnético Necesario	Superior a 15 A
Tipo de Instalación	Empotrada bajo tubo
Tipo de Conductor	Unipolar y aislados
Diámetro del Tubo	20 mm
Tipo de Conductor (Fase, Neutro, Protección)	2.5 mm ² de Cobre

Parámetro	Descripción
Voltaje Tolerado	450/750 V

Fuente: Elaboración propia

4.5.3.7 Circuito C2 - Cuarto de Cocina

La **Tabla 88** detalla las especificaciones técnicas del circuito eléctrico para el Cuarto de Cocina, destacando los requisitos para una instalación segura y eficiente.

Tabla 88

Especificaciones Técnicas del Circuito Eléctrico del Cuarto de Cocina

Parámetro	Descripción
Cantidad de Enchufes	6
Distancia Máxima	20 m
Termomagnético Necesario	Superior a 19 A
Tipo de Instalación	Empotrada bajo tubo
Tipo de Conductor	Unipolar y aislados
Diámetro del Tubo	20 mm
Tipo de Conductor (Fase, Neutro, Protección)	2.5 mm ² de Cobre
Voltaje Tolerado	450/750 V

Fuente: Elaboración propia

4.5.3.8 Circuito C2 - Área de Comandancia

La **Tabla 89** presenta las especificaciones técnicas del circuito eléctrico para el Área de Comandancia, especificando los parámetros clave para una instalación adecuada.

Tabla 89

Especificaciones Técnicas del Circuito Eléctrico del Área de Comandancia

Parámetro	Descripción
Cantidad de Enchufes	36
Distancia Máxima	24 m
Termomagnético Necesario	Superior a 15 A
Tipo de Instalación	Empotrada bajo tubo
Tipo de Conductor	Unipolar y aislados
Diámetro del Tubo	20 mm

Parámetro	Descripción
Tipo de Conductor (Fase, Neutro, Protección)	2.5 mm ² de Cobre
Voltaje Tolerado	450/750 V

Fuente: Elaboración propia

4.5.3.9 Cuadra de Varones / Mujeres

La **Tabla 90** muestra las especificaciones técnicas del circuito eléctrico para la Cuadra de Varones / Mujeres, destacando los parámetros clave para una instalación segura y eficiente.

Tabla 90

Especificaciones Técnicas del Circuito Eléctrico de la Cuadra de Varones / Mujeres

Parámetro	Descripción
Cantidad de Enchufes	20
Distancia Máxima	14 m
Termomagnético Necesario	Superior a 16 A
Tipo de Instalación	Empotrada bajo tubo
Tipo de Conductor	Unipolar y aislados
Diámetro del Tubo	20 mm
Tipo de Conductor (Fase, Neutro, Protección)	2.5 mm ² de Cobre
Voltaje Tolerado	450/750 V

Fuente: Elaboración propia

4.5.3.10 Circuito C2 - Tomas de Corriente, Gimnasio

La **Tabla 91** presenta las especificaciones técnicas del circuito eléctrico para el gimnasio, destacando los parámetros esenciales para asegurar una instalación adecuada y segura.

Tabla 91

Especificaciones Técnicas del Circuito C2 - Tomas de Corriente, Gimnasio

Parámetro	Descripción
Cantidad de Tomacorrientes	8 (4 dobles)
Distancia Máxima de Recorrido	23 metros
Termomagnético Necesario	Superior a 7 A

Parámetro	Descripción
Tipo de Instalación	Empotrada bajo tubo
Tipo de Conductor	Unipolar y aislado
Clase de Aislamiento y Cantidad de Conductores Activados	PVC2
Voltaje que Toleran los Conductores	450/750 V
Tamaño del Conductor de Fase	2.5 mm ²
Tipo de Neutro	Cobre
Diámetro del Tubo de Protección	20 mm

Fuente: Elaboración propia

4.5.3.11 Circuito C2 – Timbre

La **Tabla 92** muestra las especificaciones técnicas del circuito para el timbre, destacando los tipos de conductores y sus características según la normativa aplicable.

Tabla 92

Especificaciones Técnicas del Circuito C2 - Timbre

Parámetro	Descripción
Tipo de Conductor	Control Extra Baja Tensión (ELC) o Control Clase 2 (LVT)
Valor de Asignación	Hasta 30 V
Características	- ELC: Sin cubierta externa de protección, limitado por la norma 090-210. No permitido en circuitos de seguridad contra incendios. - LVT: Cumple con las condiciones especificadas en la Tabla 19 del IEC. Puede utilizarse en circuitos Clase 2.

Fuente: Elaboración propia

4.5.4. Resultado del sistema de puesta a tierra

La correcta instalación de un pozo a tierra es fundamental para garantizar la seguridad eléctrica en distintos tipos de estructuras. La **Tabla 93**, presentada a continuación, es el resultado completo que abarca desde el tipo de sistema y materiales requeridos hasta los detalles de ubicación, instalación y conductividad del terreno. Esta tabla ofrece una guía integral que asegura el cumplimiento de normativas y una protección efectiva contra fallos eléctricos.

Tabla 93*Resultado del sistema de puesta a tierra*

Descripción del Elemento	Especificación	Detalles
Tipo de Instalación	Vivienda / Edificio / Estructura Crítica	
Tipo de Sistema	Monofásico 3 Hilos AC	Máximo 250V
Electrodo de Puesta a Tierra	Varilla de Cobre	Longitud: 2.4m, Diámetro: 16mm o 5/8", Profundidad: min 2.4m
Material del Conductor de Puesta a Tierra	Cobre	Aislado o desnudo
Continuidad de Conductores de Puesta a Tierra	Verificar continuidad	Asegurar continuidad desde el punto de fijación hasta el electrodo
Conductor de Enlace Equipotencial	Cobre	Sección según Tabla 16, aislado o desnudo
Conexión del Conductor de Enlace Equipotencial	Orejas, grapas u otros medios seguros	No usar uniones que dependan de soldadura
Conexión del Conductor de Puesta a Tierra a Electrodo	Grapa empernada o similar	Según normativa 060-906
Descargadores de Sobretensión	Sección mínima de 16 mm ²	Según normativa 090-806
Ubicación del Pozo a Tierra	Según plano	Entrada de vehículos
Tipo de Instalación Pozo a Tierra	Vertical	Profundidad mínima: 2.5m, Diámetro: 1m x 1m
Varilla Recubierta	Cemento conductivo	Enterrada en suelos con resistividad adecuada
Sal Industrial	1 bolsa de 50kg	Mezclada con agua para bajar la resistencia
Tierra de Chacra	2 metros cúbicos	Mejora la conductividad del terreno
Bentónita	2 sacos de 30kg	Mejora la conductividad del terreno

Descripción del Elemento	Especificación	Detalles
Thor Gel o Similar	2 bolsas	Mejora la conductividad del terreno

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos detallados para cargas eléctricas y sistemas de puesta a tierra son consistentes con las prácticas recomendadas por Chiclayo Monteza (2020) y Saavedra (2020). Ambos estudios destacan la importancia de un diseño adecuado para prevenir riesgos eléctricos y mejorar la seguridad.

4.5.5. Guía Detallada de Componentes y Especificaciones para la Instalación del Sistema de Puesta a Tierra en la Compañía de Bomberos

La Tabla 94 presenta los requisitos fundamentales para los sistemas de corriente alterna y la conexión de puesta a tierra. Incluye las especificaciones clave sobre la tensión, los materiales y las dimensiones necesarias para garantizar la seguridad y el cumplimiento normativo.

Tabla 94

Requisitos para Sistemas de Corriente Alterna y Conexión de Puesta a Tierra

Sección	Característica/Elemento	Requisito/Condiciones de Uso
Sistemas de Corriente Alterna	Tensión máxima entre conductor y tierra	$\leq 250V$ (CNE 060-106(a)).
Conexión de Puesta a Tierra	Cada acometida	Debe tener un sistema de puesta a tierra independiente (CNE 060-204(a)).
Electrodos Artificiales	Material	Cobre o acero revestido con cobre.

Sección	Característica/Elemento	Requisito/Condiciones de Uso
	Diámetro	≥ 16 mm (acero-cobre), 13 mm (cobre).
	Longitud	≥ 2 m.
	Profundidad	≥ 2,5 m (ajustar según tipo de suelo).
Continuidad de Conductores	Conductores de puesta a tierra	Sin seccionadores ni fusibles (CNE 060-800).
Material del Conductor de Puesta a Tierra	Material	Cobre (desnudo o aislado) (CNE 060-802).
Conductor Enlace Equipotencial	Material	Cobre o material resistente a la corrosión (CNE 060-804).

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla 95** detalla los materiales permitidos para el enlace equipotencial en sistemas eléctricos. Se incluyen conductores de protección, barras colectoras, tuberías y canalizaciones metálicas, especificando las condiciones de uso y el cumplimiento normativo para cada tipo de material.

Tabla 95

Material Para Enlace Equipotencial

Material/Elemento	Condiciones de Uso
Conductor de protección (PE)	Cobre o material resistente a la corrosión, aislado o desnudo
Barra colectora o tubo de acero	Aceptable como conductor de enlace
Tubería pesada rígida	Con conductor dentro
Tubería eléctrica metálica	Permitida (según regulaciones)
Cubierta de cables con aislamiento mineral	Cobre o material resistente, aislado o desnudo
Cubierta de aluminio	Protección adecuada en ubicaciones expuestas
Otras canalizaciones metálicas	Permitidas (según regulaciones)

Fuente: Elaboración propia

Condiciones para Implementación de Conductores

- **Uniones y empalmes:** Solo en barras, soldaduras, conectores de compresión.
- **Conductores de $\geq 16 \text{ mm}^2$:** Pueden estar sin cubierta si firmemente sujetos; si no, en tubería metálica.
- **Conductores de $\leq 10 \text{ mm}^2$:** Deben estar en tubería metálica o cable armado.

La **Tabla 96** presenta las condiciones necesarias para la implementación de conductores en sistemas eléctricos, incluyendo requisitos para uniones y empalmes, tipos de conductores según su sección, y las disposiciones sobre cubiertas metálicas y el uso compartido de canalizaciones, garantizando la seguridad y continuidad en las instalaciones.

Tabla 96

Condiciones para Implementación de Conductores

Condición	Requisitos
Uniones y Empalmes	Sin uniones, excepto en soldaduras o conectores adecuados
Conductores $\geq 16 \text{ mm}^2$	Pueden estar sin cubierta si están firmemente sujetos
Conductores $\leq 10 \text{ mm}^2$	Deben estar en tubería metálica o cable armado
Cubiertas Metálicas	Deben mantener continuidad desde el punto de fijación
Compartir Canalización	Conductores deben estar aislados si comparten canalización

Fuente: Elaboración propia

Implementación de Conductores para Enlace a Tierra de Equipos

- **Empalmes/Derivaciones:** Dentro de cajas, excepto alambrados expuestos con material aislante.

- **Conexión en Cajas:** Un conductor a la caja, contacto seguro con tornillos.
- **Compartir Canalización:** Aislado si comparte canalización, salvo excepciones.

La **Tabla 97** detalla las condiciones requeridas para la implementación de conductores destinados al enlace a tierra de equipos. Se especifican los requisitos para empalmes, conexiones en cajas, uso compartido de canalizaciones, y la protección de conductores de cobre, asegurando el cumplimiento de normas y la protección frente a daños mecánicos.

Tabla 97

Condiciones para Implementación de Conductores para Enlace a Tierra de Equipos

Condición	Requisitos
Empalmes o Derivaciones	Dentro de cajas o cubiertos con material aislante
Conexión en Cajas	Un conductor a la caja, contacto seguro
Compartir Canalización	Aislado si comparte canalización, salvo excepciones
Canalización Metálica o Tubo de Acero	Debe cumplir con la Sección 070
Conductor de Cobre de Enlace	Protección contra daños mecánicos si expuesto

Fuente: Elaboración propia

Dimensionamiento de Conductores para Puesta a Tierra

- **Sección del conductor:** Según CNE 060-210 (b) y Figuras 62 y 63.

La **Tabla 98** presenta el dimensionamiento recomendado para los conductores de fase, neutro y protección en diversos circuitos, como la

Sala de Máquinas, Áreas de Prevención, Duchas, y Salas de Estar. Estos valores aseguran que los conductores utilizados cumplen con los requisitos de seguridad eléctrica y de puesta a tierra adecuados para cada área.

Tabla 98

Dimensionamiento Conductores para la Puesta a Tierra

Circuito	Fase	Neutro	Protección
Sala de Máquinas – EPP	4 mm ²	4 mm ²	4 mm ²
Prevención y Gaveteros 1	1.5 mm ²	1.5 mm ²	1.5 mm ²
Duchas y Áreas de Lavado	4 mm ²	4 mm ²	4 mm ²
Operaciones, Gaveteros, Almacén 1 y 2	2.5 mm ²	2.5 mm ²	2.5 mm ²
Salón General	2.5 mm ²	2.5 mm ²	2.5 mm ²
Sala de Estar y Sala de Juegos	2.5 mm ²	2.5 mm ²	2.5 mm ²

Fuente: Elaboración propia

Dimensionamiento del Conductor de Enlace Equipotencial

- **Sección mínima:** Según Tabla 16 del CNE, no menor que el conductor más grande no conectado a tierra.

4.5. RESULTADO DEL TABLERO GENERAL Y DE DISTRIBUCIÓN

4.5.1. Diagrama Unifilar

Para analizar el tablero general y de distribución, consulte los Diagramas Unifilares en el **Anexo 2**, que detallan la configuración del sistema eléctrico de la Compañía de Bomberos Puno - 42. Los resultados de estos diagramas son los siguientes:

- **Primer Nivel:** El Diagrama Unifilar del Primer Nivel, presentado en la **Figura 63**, muestra la configuración y distribución de los circuitos eléctricos en esta área. Los resultados indican que los circuitos están



distribuidos para optimizar la carga eléctrica y asegurar la eficiencia operativa del sistema.

- **Segundo Nivel:** La **Figura 64** presenta el Diagrama Unifilar del Segundo Nivel, que detalla la disposición y conexión de los circuitos eléctricos en esta sección del edificio. Los resultados muestran una distribución que facilita el mantenimiento y minimiza la posibilidad de sobrecargas.

Estos diagramas proporcionan una representación clara de la infraestructura eléctrica en cada nivel del edificio, permitiendo una comprensión detallada del sistema de distribución.



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: Se ha logrado proponer un plan adecuado de mejoramiento del sistema de protección eléctrica para la Compañía de Bomberos Puno – 42, cumpliendo con el objetivo general de mejorar la seguridad de los bomberos, proteger la infraestructura institucional y garantizar la estabilidad del suministro eléctrico. El diagnóstico detallado reveló que el sistema actual presenta fallas significativas, como la obsolescencia del 45% del cableado, la falta de protecciones en el 35% de los circuitos y problemas graves en la puesta a tierra. Estas deficiencias representan riesgos importantes de sobrecargas, cortocircuitos y fallas en la continuidad del servicio eléctrico. El plan propuesto incluye la actualización del cableado, la instalación de interruptores termomagnéticos y diferenciales, mejoras en el sistema de puesta a tierra y protección contra sobretensiones, alineado con las normativas vigentes, tal como establecen los objetivos específicos 1 y 2.

SEGUNDA: El análisis y diagnóstico exhaustivo de las instalaciones eléctricas de la Compañía de Bomberos Puno - 42 permitió identificar múltiples problemas críticos que afectan la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema eléctrico. Se detectó que el sistema de puesta a tierra no está implementado adecuadamente, ya que solo está conectado al pararrayos y a una instalación eléctrica externa a la compañía, lo que deja a las instalaciones eléctricas internas completamente desprotegidas. Además, un 35% de los circuitos carece de interruptores termomagnéticos, en un 40% de los ambientes evaluados no se dispone de interruptores diferenciales para evitar fugas de corriente, y un 55% del sistema no cuenta con protecciones contra sobretensiones. Estas deficiencias incrementan significativamente el riesgo de fallos eléctricos, cortocircuitos, y



electrocuciones, comprometiendo la seguridad de los bomberos y el funcionamiento de los equipos esenciales.

TERCERA: Se ha diseñado un sistema de protección eléctrica adecuado que cumple con las normativas peruanas NTP 370.250-2:2016 y NTP-IEC 60364, así como con normativas internacionales, como la IEC 60364-7-710 (instalaciones eléctricas en edificaciones) y NFPA 70 (estructuras críticas). El diseño incluye la instalación de interruptores termomagnéticos en el 100% de los circuitos, garantizando la protección contra sobrecargas y cortocircuitos, y de interruptores diferenciales en el 40% de los ambientes críticos donde anteriormente no existían, para prevenir fugas de corriente y riesgos de electrocución. Asimismo, se propone la instalación de un sistema de puesta a tierra independiente para las instalaciones internas de la compañía, que actualmente carecen de esta protección. Además, se ha incorporado protección contra sobretensiones transitorias (SPT) en el 55% de los sistemas, salvaguardando equipos sensibles y estabilizando el suministro eléctrico. Este diseño asegura un entorno más seguro y confiable, protegiendo tanto a los bomberos como a los equipos de fallos eléctricos.

CUARTA: Se ha elaborado un plan de implementación gradual del nuevo sistema de protección eléctrica que permitirá una instalación progresiva y escalonada. Este plan se detalla en la sección de resultados, donde se presenta un diseño global del sistema y se proporciona una descripción detallada de la instalación por secciones o ambientes específicos. El enfoque escalonado permitirá priorizar las áreas con mayores deficiencias y garantizar que las mejoras se realicen sin causar interrupciones significativas en las operaciones diarias. La planificación detallada facilita la comprensión del proceso de implementación y asegura una transición efectiva hacia un sistema eléctrico más seguro y eficiente.



VI. RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Dado que la Compañía de Bomberos Puno-42 carece de presupuesto para contratar a profesionales externos en el campo eléctrico, se recomienda la creación de un equipo interno de mantenimiento eléctrico compuesto por miembros capacitados. Estos miembros pueden recibir formación básica en instalaciones eléctricas y seguridad eléctrica para llevar a cabo las instalaciones y el mantenimiento de manera segura y efectiva, siguiendo la información detallada proporcionada en esta tesis.
- SEGUNDA:** Además, se sugiere organizar sesiones de capacitación periódicas para el equipo interno de mantenimiento eléctrico, con el fin de mantener sus conocimientos actualizados y mejorar sus habilidades técnicas. Estas capacitaciones pueden ser realizadas por profesionales externos voluntarios o expertos en electricidad que estén dispuestos a colaborar con la Compañía de Bomberos.
- TERCERA:** Es fundamental que el equipo interno de mantenimiento eléctrico siga rigurosamente las especificaciones y recomendaciones detalladas en la tesis para la instalación y protección eléctrica. Esto incluye la selección del tipo de cableado, el sistema de protección y todos los aspectos técnicos indicados en la tesis
- CUARTA:** Con el fin de garantizar una implementación adecuada del diseño de sistema de protección eléctrica desarrollado en esta tesis, se recomienda que el equipo interno de mantenimiento eléctrico trabaje en estrecha colaboración con el tesista o cualquier profesional que haya contribuido al diseño. Esta colaboración garantizará que las instalaciones se realicen de acuerdo con las especificaciones y las normativas de seguridad.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almenara, H. (02 de 2023). *Protección eléctrica: qué es y qué tipos existen*. Obtenido de <https://eligenio.com/es/blog/proteccion-electrica-tipos/#:~:text=2.7%20Seccionadores-,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20protecci%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica%3F,instalaci%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica%20presenta%20alg%C3%BAn%20error>.
- Alta Tecnologia. (21 de 07 de 2021). *Diferencia entre un Interruptor y un Seccionador*. Obtenido de <https://altatecnologia.com.mx/diferencia-entre-un-interruptor-y-un-seccionador/>
- Antón, M., Giménez, A. B., Cabanes, V. C., Villa, N. P., & María, R. (2011). *Upv.es*. Obtenido de CÁLCULO DE LOS CIRCUITOS INTERIORES DE VIVIENDAS.
- Aranguren Santa Cruz, J. C. (2019). *Diseño de Red Eléctrica Estabilizada como Protección de las Cargas Críticas del Banco Pichincha San Juan De Miraflores - Lima*. Lima. Obtenido de <http://repositorio.unfels.edu.pe/jspui/handle/123456789/457>
- Araucano, J. L. (2021). *SEGURIDAD DE LOS CIRCUITOS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICOS PARA REDUCIR EL PELIGRO EN HUMANOS Y EQUIPOS ELÉCTRICOS EN LAS ESCUELAS PROFESIONALES DE LA UNA, PUNO*. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/17245/Araucano_Paredes_Jose_Luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Arias Sánchez, J. J. (2020). *Plan de mejora del sistema de protección en baja tensión en base a auditoria de mantenimiento eléctrico para reducir interrupciones en planta*. Trujillo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65888>
- Avila Arteaga, J. (2020). *Diseño de la coordinación de protecciones de la red eléctrica en baja tensión de la obra: tramo III-B del proyecto de mejoramiento de la Av. Néstor Gambetta - Callao*. Obtenido de <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/6431>
- Barbula, G. (2008). *Diseño del sistema electrico para la Universidad Nacional Experimental de las Fuerzas Armadas, ubicada en el estado de nueva esparta*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/419138961/Proyecto-de-Electrificacion-Tesis-de-Grado>
- BOE. (2023). *Reglamento Electronico para Baja Tension e ITC*. BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. Obtenido de



https://www.boe.es/biblioteca_juridica/codigos/codigo.php?modo=2&id=326_Reglamento_electrotecnico_para_baja_tension_e_ITC

Briceño, J. H. (2012). *Resistividad Del Terreno*. Universidad de los Andes. Obtenido de https://sistemamid.com.ar/panel/uploads/biblioteca/2016-07-09_12-39-01135406.pdf

Bricoladores, S. (04 de 11 de 2017). *Transformador de corriente: aproximación a un dispositivo común*. Obtenido de <https://bricoladores.simonelectric.com/transformador-de-corriente-aproximacion-a-un-dispositivo-comun>

Chauvin Arnoux Ibérica, S.A. (09 de 2015). *Controladores de Tierra y Resistividad* . Obtenido de https://www.chauvin-arnoux.com/sites/default/files/documents/cat_guia_de_medicion_de_tierra_ed2.pdf

CONSTRUYENDOLH. (2018). *Cable eléctrico - tabla de calibres*. Obtenido de <https://construyendo.co/electricidad/cable-electrico.php>

Criollo, E. R. (2022). Obtenido de https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/10916/Lujan_Criollo_Eder_Romer.pdf?sequence=1&isAllowed=y

DIALux. (2022). *Dialux.com*. Obtenido de <https://www.dialux.com/es-ES/dialux>

El Peruano. (2016). *NORMA TECNICA PERUANA*. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1574029/Aprobar%20las%20siguientes%20Normas%20T%C3%A9cnicas%20Peruanas%20en%20su%20versi%C3%B3n%202016%3A.pdf>

El Peruano. (12 de 03 de 2019). *NORMA TÉCNICA EM.010. NORMA TÉCNICA EM.010*, pág. 20. Obtenido de <https://waltervillavicencio.com/wp-content/uploads/2019/01/EM.010-2019.pdf>

El Peruano. (12 de 03 de 2019). *NORMA TÉCNICA EM.010 INSTALACIONES ELECTRICAS INTERIORES DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES*. págs. 1-20. Obtenido de <https://waltervillavicencio.com/wp-content/uploads/2019/01/EM.010-2019.pdf>

Electricistas de la Fuente. (08 de 09 de 2019). *¿Qué es una acometida eléctrica?* Obtenido de <https://www.electricistasdelafuentemadrid.com/blog/que-es-acometida-electrica/>

Electro Castillo Company S.A.C. (2015). Obtenido de <http://electrocastillo.com/ferreteria/cable-thw->



- INACAL. (s.f.). *Normas Técnicas Peruanas*. Obtenido de <https://www.inacal.gob.pe/cid/categoria/normas-tecnicas-peruanas>
- INDECO. (2004). *Conductores Eléctricos de Potencia para Baja y Mediana Tensión NTP 370.250*. Obtenido de https://programacasasegura.org/imagenes/pe/img/File/pdfs/presentacion_conductores_electricos.pdf
- INDECOPI. (2002). *NORMA TÉCNICA NTP 370.301 PERUANA 2002*. Lima, Peru. Obtenido de <https://www.alfacent.com/uploads/NTP%20INSTALACIONES%20ELECTRICAS%20EN%20EDIFICIOS.pdf>
- Infinitia Industrial Consulting. (04 de 03 de 2022). *Termoestables y termoplásticos: Definición y diferencias*. Obtenido de <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/termoestables-y-termoplasticos-definicion-y-diferencias/>
- Ingeniería Mecafenix. (22 de 03 de 2020). *Ingeniería Mecafenix*. Obtenido de <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/electricidad-industrial/interruptor-diferencial/>
- Instalaciones Tecn. 2. (04 de 04 de 2011). *COMPONENTES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS*. Obtenido de <https://instalacionestecdos.wordpress.com/tag/electrico/>
- Jaime, M. S. (2021). *Diseño de un Sistema de Alimentación*. UNIVERSIDAD DE VALLADOLID. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/47248/TFG-I-1858.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- JD Eléctricos . (30 de 04 de 2020). *TABLEROS ELÉCTRICOS: TIPOS Y APLICACIONES*. Obtenido de <https://jdelectricos.com.co/tableros-electricos/>
- JD ELECTRICOS. (2020). *TABLEROS ELÉCTRICOS: TIPOS Y APLICACIONES. MATERIALES ELECTRICOS - JD ELECTRICOS*. Obtenido de <https://jdelectricos.com.co/tableros-electricos/>
- López, J. M. (2011). *EL PROCESO DE CAPACITACIÓN, SUS ETAPAS E IMPLEMENTACIÓN PARA MEJORAR EL DESEMPEÑO DEL RECURSO HUMANO EN LAS ORGANIZACIONES*. Obtenido de <https://www.eumed.net/ce/2011b/jmgl.pdf>



- Mancilla, F. C. (17 de 09 de 2021). *Interruptores termomagnéticos: Funcionamiento y su implementación en instalaciones residenciales*. Obtenido de <https://www.fcmsolutionsperu.com/blogs/noticias/interruptores-termomagneticos-funcionamiento-y-su-implementacion-en-instalaciones-residenciales>
- Manhualaya Onsihuay, L. F. (2019). *Mejoramiento del sistema de protección eléctrica en la empresa Electrocentro S. A. Unidad*. Huancayo. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7759/3/IV_FIN_109_TI_Manhualaya_Onsihuay_2019.pdf
- Maxim, E. (19 de 04 de 2021). *Partes de una instalación eléctrica*. Obtenido de <https://electramaxim.com/partes-de-una-instalacion-electrica/>
- Ministerio de Energia y Minas. (2006). *Codigo Nacional de Electricidad*. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/898623/C%C3%B3digo_Nacional_de_Electricidad_Utilizaci%C3%B3n.pdf
- Ministerio de Energia y Minas. (2006). *Codigo Nacional de Electricidad*. Obtenido de <http://www.pqsperu.com/Descargas/NORMAS%20LEGALES/CNE.PDF>
- Ministerio de Energia y Minas. (2006). *MANUAL DE SUSTENTACIÓN DEL CNE*. Obtenido de https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Electricidad/normatividad/ManualCNE_Utilizacion.pdf
- Ministerio de Energias y Minas. (02 de 06 de 1982). *CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD TOMO V SISTEMA DE UTILIZACION*. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/898623/C%C3%B3digo_Nacional_de_Electricidad_Utilizaci%C3%B3n.pdf
- Ministerio De Industria Turismo y Comercio. (05 de 10 de 2018). *Instalaciones De Puesta a Tierra*. Obtenido de https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/IEA/IEI/IEI05/es_IEA_IEI05_Contenidos/IEI05_CON_T_R03_recurso02.pdf
- Ministerio de Vivienda. (2019). *NORMA TÉCNICA EM.010*. Diario Oficial del Bicentenario El Peruano. Obtenido de <https://waltervillavicencio.com/wp-content/uploads/2019/01/EM.010-2019.pdf>
- Monteza Rinza, G. (2020). *Estudio de los sistemas de instalaciones eléctricas internas para determinar los niveles de seguridad en las viviendas del AA.HH. Sargento Lores, Jaén. Chiclayo*. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57312>



- Navarro, F. (11 de 07 de 2018). *El Interruptor Termomagnético, Qué es y Cómo Funciona*.
Obtenido de <https://gruponavarro.pe/blog/el-interruptor-termomagnetico/>
- Norma Técnica Peruana, 3. (s.f.). *SEGURIDAD ELECTRICA Eleccion de materiales electricos en las instalaciones interiores para puesta a tierra*. Obtenido de Norma Técnica Peruana 370.053:
https://prevencionlaboralrimac.com/cms_data/contents/rimacdatabase/media/legislacion/es/leg-8588686583102193887.pdf
- Palacios Apaza, E., & Jalixto Condori, R. (2016). *Estudio de coordinación de protecciones de las instalaciones eléctricas en baja tensión del hospital Antonio Lorena del Cusco*. Cusco. Obtenido de <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/2260>
- Parrales Reyes, J. J., & Flores Bernal, A. (2015). *Auditoría y propuesta de mejora a las instalaciones eléctricas de la universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil*. Universidad Politecnica SALESIANA Ecuador, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10280/1/UPS-GT001368.pdf>
- PepeEnergy, Blog:. (05 de 05 de 2020). *¿Qué es el cuadro general de mando y protección?*
Obtenido de <https://www.pepeenergy.com/blog/glosario/definicion-cuadro-general-de-mando-y-proteccion/>
- Perez. (04 de 2023). *Método Schlumberger para medición de resistividad*. Obtenido de <https://www.ingenieriaelectrica.online/metodo-schlumberger-medicion-resistividad/>
- Podo. (05 de 09 de 2023). *Instalaciones eléctricas: tipos y averías más comunes*. Obtenido de <https://www.mipodo.com/blog/informacion/instalaciones-electricas/>
- Porto, J. P., & Merino, M. (01 de 09 de 2015). *Toma corriente*. Obtenido de <https://definicion.de/toma-corriente/#:~:text=Es%20importante%20destacar%20que%20la,aquello%20que%20conocemos%20como%20enchufe.>
- RNE. (2006). *Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento*. Obtenido de <https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y-urbanismo/documentos/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>
- RNE. (2019). *INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERIORES DEL REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES*. Obtenido de https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/04_EM/2019_EM010_RM-083-2019-VIVIENDA.pdf



- Rodriguez, P. V. (2017). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA PARA EQUIPOS BIOMÉDICOS DE UN HOSPITAL TIPO IV EN LA CIUDAD DE PUNO*. Puno.
- Rojas Ordoñez, R. (2014). *Protección en baja tensión discriminando entre defectos de instalación y perturbaciones eléctricas*. Perú. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNCP_0951002943802c4136d589b0c1340439/Details
- Saavedra Laines, H. W. (2020). *Diseño de un sistema de puesta a tierra tipo malla para la protección eléctrica de la estación de bombeo de aguas ácidas minera Yanacocha*. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57315>
- Sampieri Hernández, R., Fernández Collado, C., & Baptista, L. (2014). *Metodología de la Investigación*. Obtenido de <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista- Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Schneider Electric. (27 de 11 de 2018). *Life is On Schneider Electric*. Obtenido de <https://www.se.com/pe/es/faqs/FA363567/>
- SELECTRA. (19 de 10 de 2020). *IGA: ¿Qué es y para qué sirve el interruptor general automático?* Obtenido de <https://selectra.es/energia/info/que-es/interruptor-general-automatico>
- SMART EARTHING. (02 de 12 de 2022). *Qué es la resistividad del terreno y por qué es necesario un estudio geoelectrico*. Obtenido de <https://at3w.com/blog/que-es-la-resistividad-del-terreno-y-por-que-es-necesario-un-estudio-geoelectrico/#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20de%20Schlumberger%20se,de%20los%20electrodos%20de%20corriente.>
- Sucasaire, P. J. (2021). *Estadística descriptiva para trabajos de investigación*. Lima. Obtenido de https://www.academia.edu/95631547/_Sucasaire_2021_Estad%C3%ADstica_descriptiva_para_trabajos_de_investigaci%C3%B3n
- TopCable MKT. (02 de 12 de 2021). *Tipos de cables eléctricos y sus características*. Obtenido de <https://www.topcable.com/blog-electric-cable/tipos-de-cables-electricos/>
- TopCable, M K T;. (10 de 03 de 2020). *Tipos de cables eléctricos y sus características*. Obtenido de <https://www.topcable.com/blog-electric-cable/tipos-de-cables-electricos/>



- TotalEnergies. (15 de 11 de 2021). *¿Qué es el interruptor de control de potencia (ICP) y dónde encontrarlo?* Obtenido de <https://www.totalenergies.es/es/hogares/blog/eficiencia-ahorro/que-es-interruptor-de-control-de-potencia-icp>
- TRANSELEC. (2021). *Interruptores diferenciales: características y funcionamiento - Soporte - TRANSELEC - Materiales, Eléctricos, Electricidad, Tableros, Rosario*. Obtenido de <https://www.transelec.com.ar/soporte/18711/interruptores-diferenciales-caracteristicas-y-funcionamiento/>
- Váscones, M. C. (2016). *Análisis Y Selección De Fuente Energética Fotovoltaica Para El Alumbrado [tesis de grado, Univercidad Cesar Vallejo]*. Repositorio Institucional . Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/9630/salavarria_vm.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Viteri, G., Lopez, A., & Gallo, J. (s.f.). *Aplicación de fusibles e interruptores termo magnéticos*. Obtenido de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16920/1/Resumen_Aplicacion_d_e_Fusibles_e_Interruptores_Termomagneticos.pdf



ANEXOS

ANEXO 1: Revisión por Ambientes

(<https://drive.google.com/drive/folders/1e0REKtexG64-BKJBVoGKepViN0htsFqT?usp=sharing>)

ANEXO 2: Planos Arquitectónicos y Eléctricos Compañía de Bomberos Puno-42

(<https://drive.google.com/drive/folders/1e0REKtexG64-BKJBVoGKepViN0htsFqT?usp=sharing>)

ANEXO 3: Normas Luminarias

(<https://drive.google.com/drive/folders/1e0REKtexG64-BKJBVoGKepViN0htsFqT?usp=sharing>)

ANEXO 4: Luminaria Planta Nivel 1

(<https://drive.google.com/drive/folders/1e0REKtexG64-BKJBVoGKepViN0htsFqT?usp=sharing>)

ANEXO 5: Luminarias Planta Nivel 2

(<https://drive.google.com/drive/folders/1e0REKtexG64-BKJBVoGKepViN0htsFqT?usp=sharing>)

ANEXO 6: Tabla 1. Características Eléctricas de los Circuitos

(<https://drive.google.com/drive/folders/1e0REKtexG64-BKJBVoGKepViN0htsFqT?usp=sharing>)

ANEXO 7: Tabla B.52-1 y Tabla C.

(<https://drive.google.com/drive/folders/1e0REKtexG64-BKJBVoGKepViN0htsFqT?usp=sharing>)



DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo CRISTIAN BRAYAN CAHUA PACHECO
identificado con DNI 77081083 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA PARA LA
COMPANIA DE BOMBEROS PUNO-12, DEL CUERPO GENERAL DE BOMBEROS
VOLUNTARIOS DEL PERÚ"

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 04 de octubre del 2024


FIRMA (obligatoria)



Huella



AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo CRISTIAN BRAYAN CAHUA PACHECO identificado con DNI 77081083 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional, Programa de Segunda Especialidad, Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

"ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA PARA LA COMPAÑÍA DE BOMBEROS PUNO-42, DEL CUERPO GENERAL DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL PERÚ"

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los "Contenidos") que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 04 de octubre del 2021

FIRMA (obligatoria)



Huella