



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Metodología de diseño del sistema eléctrico de un centro
educativo en la costa peruana basado en normativa
nacional e internacional**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Mecánico-Eléctrico

Jose Luis Vidal Rivera Alejabo

Asesor:
Mgtr. Ing. Jose Hugo Fiestas Chevez

Piura, junio de 2025



Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, Jose Luis Vidal Rivera Alejabo, egresado del Programa Académico de Ingeniería Mecánico-Eléctrica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado con DNI: 72556985, declaro que:

Soy autor del trabajo final titulado:

"Metodología de diseño del sistema eléctrico de un centro educativo en la costa peruana basado en normativa nacional e internacional"

El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Mecánico-Eléctrico.

El texto de mi trabajo final es original y no vulnera los derechos de terceros o, de ser el caso, derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para lo cual, he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas. Asimismo, el texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico; y que la investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.

En caso de detectarse el incumplimiento de lo declarado asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

La asesoría del trabajo estuvo a cargo de los siguientes docentes de la Universidad de Piura:


- Magr. Ing. Jose Hugo Fiestas Chevez, identificado con DNI: 80543428

Declaro que:

Luego de haber empleado el software de coincidencia Turnitin, revisado las fuentes de información señaladas por el autor, y en razón de mi experiencia como investigador, declaro que las ideas expuestas en el trabajo final alcanzan las condiciones de calidad, integridad y originalidad acorde a los objetivos institucionales y estándares en materia de investigación. Finalmente, no asumo responsabilidad por la posible vulneración de derechos de autor en el trabajo final referido, pues tal responsabilidad es exclusiva del autor.

Fecha: 14/04/2025.

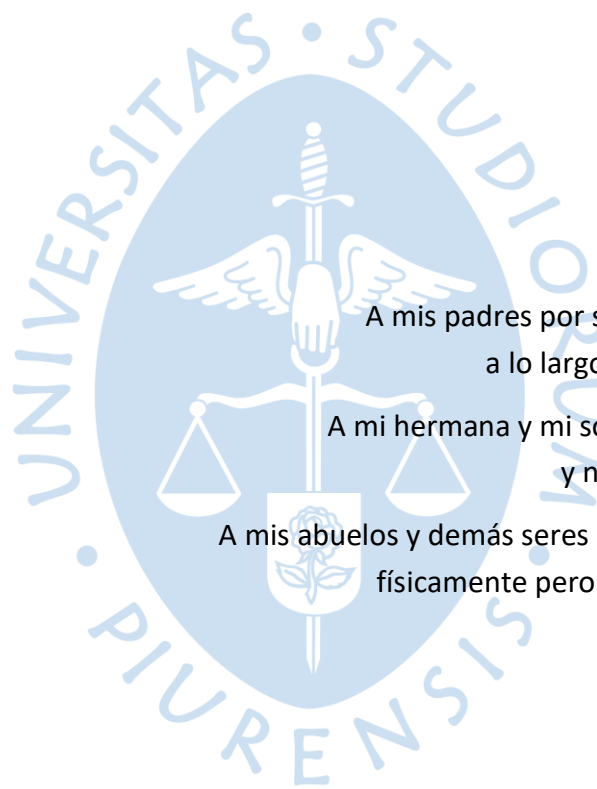

Firma del autor¹


Firma del asesor²

.....
Firma del co-asesor²

.....
Firma del co-asesor²

¹ Firma idéntica al DNI. No se admite digital, salvo certificado.



Dedicatoria

A mis padres por ser mi soporte y fortaleza
a lo largo de mi vida universitaria.

A mi hermana y mi sobrino por darme ánimos
y nunca dejar que me rinda.

A mis abuelos y demás seres queridos que ya no están
físicamente pero siempre me acompañan.

Resumen

La investigación que se presenta a continuación tiene como objetivo el desarrollo de una metodología de diseño de sistemas eléctricos para escuelas en la región costa del Perú, con la finalidad de determinar un procedimiento completo y eficiente que permita ahorrar tiempo y recursos.

La no existencia de un proceso determinado y ordenado conduce a un diseño de sistemas eléctricos poco eficientes y/o con características que no se han actualizado en muchos años. Por ejemplo, el Código Nacional de Electricidad peruano es un documento que no se ha actualizado hace más de 10 años. Por este motivo, el trabajo de investigación se ha complementado con normativa internacional que cumple la función de actualizar conceptos o en su defecto de cubrir vacíos existentes en el CNE. Dentro de las normativas más estudiadas de las cuales se extrajo más información son el Código Eléctrico Colombiano NTC 2050 y las Guía de Schneider en sus versiones en español e inglés. Se eligió la normativa colombiana por ser un país vecino de Perú y porque presenta similitudes en muchos aspectos culturales, técnicos, entre otros. Y la normativa internacional para tener una visión global y más amplia de cómo es que se trabajan los mismos aspectos, pero en países europeos, por ejemplo.

La metodología se valida mediante la aplicación en un caso práctico real en una institución educativa piurana y su posterior comparación con el expediente técnico existente y aprobado por profesionales. Se evidencia la similitud en algunos cálculos, pero también se muestran mejoras a raíz de la metodología.

Finalmente, la metodología propuesta se muestra como una herramienta de fácil uso y a la vez eficiente para el diseño de sistemas eléctricos en instituciones educativas.

Tabla de contenido

Introducción	9
Capítulo 1 Marco teórico.....	10
1.1 La educación	10
1.2 La educación peruana.....	10
1.3 Sistema educativo peruano	10
1.3.1 <i>Educación básica</i>	10
1.3.2 <i>Educación superior</i>	12
1.4 Clasificación de ambientes básicos	12
1.4.1 <i>Ambientes tipo A</i>	13
1.4.2 <i>Ambientes tipo B</i>	14
1.4.3 <i>Ambientes Tipo C</i>	14
1.4.4 <i>Ambientes tipo D</i>	16
1.4.5 <i>Ambientes tipo E</i>	17
1.4.6 <i>Ambientes tipo F</i>	17
1.4.7 <i>Ambientes tipo G</i>	17
1.5 Requerimientos eléctricos según clasificación de ambientes básicos.....	17
1.5.1 <i>Ambientes tipo A</i>	17
1.5.2 <i>Ambientes tipo B</i>	17
1.5.3 <i>Ambientes tipo C</i>	18
1.5.4 <i>Ambientes tipo D</i>	19
1.5.5 <i>Ambientes tipo E</i>	19
1.5.6 <i>Ambientes tipo F</i>	19
1.5.7 <i>Ambientes tipo G</i>	19
1.6 Variación de requerimientos eléctricos según la región en Perú	20
1.6.1 <i>Región costa</i>	20
1.6.2 <i>Región sierra</i>	20
1.6.3 <i>Región selva</i>	21
Capítulo 2 Metodología de diseño	22
2.1 Cálculo de la demanda	24
2.1.1 <i>Según normativa</i>	24
2.1.2 <i>Considerando cargas instaladas y factores de operación</i>	27
2.2 Factibilidad de servicio de suministro eléctrico	29
2.3 Alternativas de solución frente a la no factibilidad de servicio de suministro eléctrico	34
2.3.1 <i>Energías renovables</i>	35
2.3.2 <i>Generadores de energía</i>	37
2.4 Conexión a la red	37
2.5 Ubicación de tableros	40
2.6 Alimentadores	44
2.7 Circuitos derivados	47
2.8 Protecciones	50
2.8.1 <i>Interruptor termomagnético</i>	50
2.8.2 <i>Interruptor diferencial</i>	50
2.8.3 <i>Fusibles</i>	51
2.8.4 <i>Puesta a tierra</i>	52

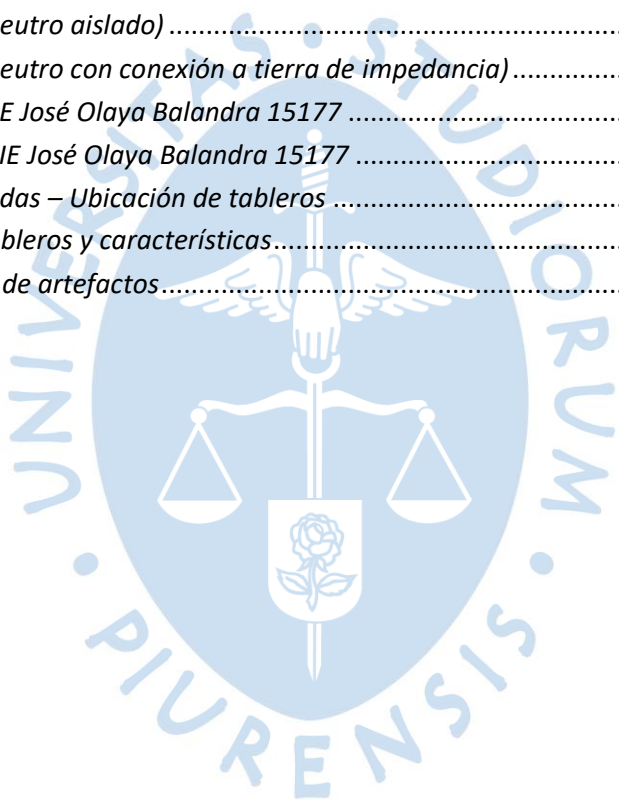
2.8.5 Regímenes de neutro	54
2.9 Especificaciones técnicas de materiales.....	58
2.10 Puesta en servicio del sistema	59
2.10.1 Verificación por inspección	59
2.10.2 Ensayos	60
2.11 Mantenimiento del sistema	62
Capítulo 3 Caso aplicativo: IE N° 15177 – José Olaya Balandra	64
3.1 Descripción del centro educativo.....	64
3.2 Cálculo de la demanda	65
3.3 Suministro eléctrico.....	66
3.4 Conexión a la red	67
3.5 Ubicación de tableros	67
3.6 Alimentadores	70
3.7 Circuitos derivados	71
3.8 Protecciones	72
3.9 Especificaciones técnicas de materiales.....	73
3.10 Pruebas de sistema.....	75
3.11 Mantenimiento de sistema	75
Conclusiones.....	77
Referencias	78
Apéndices	80
Apéndice A. Cálculo de demanda máxima (Primer método – Según normativa peruana)	81
Apéndice B. Cálculo de demanda máxima (Primer método – Según normativa colombiana)	82
Apéndice C. Cálculo de demanda máxima (Segundo método – considerando cargas instaladas y factores de operación).....	83
Apéndice D. Cálculo de alimentadores. Diseño de sección de conductores y caída de tensión	84
Apéndice E. Cálculo de calibre de conductores para circuitos derivados.....	85
Apéndice F. Detalle de pozo a tierra	86
Anexos	87
Anexo A. Cálculo de demanda máxima (Expediente técnico).....	88
Anexo B. Solicitud de factibilidad de energía eléctrica (Expediente técnico).....	89
Anexo C. Cálculo de alimentadores principales (Expediente técnico).....	90
Anexo D. Diagrama unifilar de tablero. Protecciones. (Expediente técnico).....	91
Anexo E. Especificaciones técnicas (Expediente técnico)	92
Anexo F. Detalle de instalación de tablero de distribución (Expediente técnico)	94

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Cálculo de áreas de ambientes</i>	13
Tabla 2 <i>Ficha técnica sobre el ambiente Biblioteca Escolar</i>	14
Tabla 3 <i>Ficha técnica sobre el ambiente de Aula de Innovación Pedagógica</i>	15
Tabla 4 <i>Ficha técnica sobre el ambiente Laboratorio</i>	15
Tabla 5 <i>Ficha técnica sobre el ambiente Taller Creativo/Taller de Arte</i>	16
Tabla 6 <i>Ficha técnica sobre el ambiente Sala de Usos Múltiples (SUM)</i>	16
Tabla 7 <i>Cargas de circuitos y factores de demanda</i>	24
Tabla 8 <i>Carga unitaria para ambientes según el tipo de ocupación</i>	25
Tabla 9 <i>Factores de demanda para cargas de tomas en edificios no residenciales</i>	26
Tabla 10 <i>Método opcional para calcular los factores de demanda de los conductores de circuitos de suministro y acometidas en escuelas y colegios</i>	27
Tabla 11 <i>Factor de simultaneidad para cuadros de distribución (IEC 60439)</i>	28
Tabla 12 <i>Factor de simultaneidad según la función del circuito</i>	28
Tabla 13 <i>Diferencias entre Usuario Libre y Usuario Regulado</i>	29
Tabla 14 <i>Comparación de costos entre las energías renovables para zonas aisladas</i>	36
Tabla 15 <i>Test normativos IEC-61439</i>	41
Tabla 16 <i>Índices de protección (IPXX)</i>	43
Tabla 17 <i>Índices de protección (IPXX) – Letra adicional</i>	44
Tabla 18 <i>Leyenda – Distintos tipos de SCC y SCNC</i>	47
Tabla 19 <i>Circuitos ramales con fines específicos</i>	48
Tabla 20 <i>Utilización de fusibles</i>	51
Tabla 21 <i>Resistividades medias de terrenos típicos</i>	53
Tabla 22 <i>Valores máximos de resistencia de puesta a tierra según su uso</i>	54
Tabla 23 <i>Valores mínimos de la resistencia de aislamiento</i>	61
Tabla 24 <i>Tensiones de ensayo</i>	62
Tabla 25 <i>Comparativa: Valores de cálculos propios vs. Valores según expediente técnico</i>	66
Tabla 26 <i>Circuitos derivados – Calibre de conductores</i>	72
Tabla 27 <i>Especificaciones técnicas de materiales</i>	73

Lista de Figuras

Figura 1 Sistema educativo peruano	12
Figura 2 Diagrama de flujo de la metodología propuesta	23
Figura 3 Procedimiento para solicitud de certificado de factibilidad de energía (Perú).....	32
Figura 4 Procedimiento para solicitud de certificado de factibilidad de energía (Colombia)	33
Figura 5 Mapa SEIN – DSE	35
Figura 6 Caída de tensión – Porcentajes permitidos	45
Figura 7 Distintos tipos de SCC y SCNC	46
Figura 8 Esquema TT (conductor neutro conectado a tierra)	55
Figura 9 Esquema TN-C	55
Figura 10 Esquema TN-S.....	56
Figura 11 Esquema TN-C-S	56
Figura 12 Esquema IT (neutro aislado)	57
Figura 13 Esquema IT (neutro con conexión a tierra de impedancia).....	57
Figura 14 Ubicación I – IE José Olaya Balandra 15177	64
Figura 15 Ubicación II – IE José Olaya Balandra 15177	65
Figura 16 Detalle de salidas – Ubicación de tableros	68
Figura 17 Relación de tableros y características.....	69
Figura 18 Detalle altura de artefactos.....	70



Introducción

La educación, sobre todo la escolar, cumple un papel fundamental en el desarrollo de la sociedad porque brinda al ser humano las habilidades y conocimientos fundamentales para convivir y aportar a su entorno.

Para contribuir a una mejora significativa en la calidad de la educación, se sugiere que la infraestructura y el entorno educativo en general brinde las comodidades y equipos necesarios con un adecuado acceso a la tecnología. Tecnología que está ligada a la electricidad para su funcionamiento. Es por esta razón que la metodología propuesta en este trabajo busca un diseño óptimo del sistema eléctrico en las escuelas para que, en su posterior instalación, se utilicen eficazmente los recursos.

El primer capítulo está enfocado en el desarrollo del marco teórico donde se definen conceptos importantes que se utilizarán a lo largo de la investigación. Muestra cómo es que se desenvuelve el sistema educativo peruano. Además, expone a detalle los distintos ambientes que se consideran en un centro educativo y los requerimientos eléctricos de cada uno. Finalmente se hace una comparativa de los requerimientos a tener según la región del país: región costa, región sierra y región selva.

En el segundo capítulo se desarrolla y presenta la metodología para el diseño de sistemas eléctricos en centros educativos, la cual se ha ido construyendo en base a análisis de normativas nacionales e internacionales.

El tercer capítulo está centrado en la aplicación teórica de la metodología en un proyecto real. Se aplica a una obra de rehabilitación de una escuela en la ciudad de Piura y a medida que se va avanzando se van realizando comparaciones y comentarios acerca de los resultados obtenidos por la metodología versus los datos reales tomados del expediente técnico.

Se desea que la investigación sirva de aporte para el mejoramiento de diseños eléctricos en centros educativos nacionales.

Capítulo 1

Marco teórico

1.1 La educación

La educación es un derecho fundamental de la persona. Contribuye no solo a la adquisición de conocimientos sino también al desarrollo de habilidades del individuo para que pueda tener una participación plena y correcta en la sociedad.

Además, es fundamental tanto para el desarrollo de cada país, como para el progreso global.

1.2 La educación peruana

La educación en Perú se mantiene en constantes cambios y aunque aún hay temas por corregir, no se puede discutir que ha habido mejoría en comparación con la educación de hace décadas.

En la actualidad, el país está trabajando en mejorar la calidad educativa, en establecer una equidad y en la promoción de la inclusión.

1.3 Sistema educativo peruano

Según la Ley General de Educación, Ley N°28044 (2003), el sistema educativo peruano se organiza en:

Etapas: desarrolladas a partir de las necesidades de aprendizaje de los alumnos.

Niveles: son periodos progresivos pertenecientes a las etapas educativas.

Modalidad: son opciones de atención educativa que se le brinda a una persona de acuerdo con sus características específicas.

Ciclos: están desarrollados en base a los logros de aprendizaje de los estudiantes.

Programas: tiene como finalidad la atención y respuesta a las demandas educativas de las personas.

Las etapas del sistema educativo son dos: la educación básica y la educación superior.

1.3.1 Educación básica

Es de carácter obligatorio y cuando es brindada por el Estado, es gratuita.

Está destinada al desarrollo del estudiante en todos los ámbitos, tal como físico, afectivo y cognitivo para que sea una persona con un proyecto de vida que pueda contribuir en la sociedad y al desarrollo del país.

Su organización es de la siguiente manera:

1.3.1.1 Educación básica regular (EBR). Está destinada a niños y jóvenes que van progresando de acuerdo con el proceso evolutivo. En esta modalidad existen tres niveles, los cuales se detallan a continuación:

- Nivel de educación inicial: Es el primer nivel de la EBR y está dirigida a los niños de 0 a 2 años y de 3 a 5 años. El primer periodo es no escolarizado, mientras que el segundo sí lo es. Básicamente se busca el desarrollo de la sicomotricidad y, junto con los padres, contribuir a una crianza responsable.
- Nivel de educación primaria: Con una duración de 06 años, es el nivel inmediato al inicial. Dentro de sus finalidades está familiarizar a los niños con las situaciones en su ambiente natural y social. Además del desarrollo de habilidades y conocimientos para el correcto despliegue de sus potencialidades.
- Nivel de educación secundaria: Tercer y último nivel de la EBR, con una duración de 05 años. Afianza lo aprendido en el nivel anterior y aprendido a los púberes y adolescentes para su ejercicio de la ciudadanía, teniendo siempre en cuenta sus características y necesidades. Además, infunde conocimientos en el ámbito laboral que puedan ser de ayuda en su localidad principalmente.

1.3.1.2 Educación básica alternativa (EBA). Esencialmente tiene la misma calidad y mismos objetivos que la EBR.

El ingreso y tránsito de un grado a otro estará en función del desarrollo del estudiante.

La educación básica alternativa está destinada principalmente a:

- Jóvenes y adultos que estuvieron imposibilitados de tomar la educación regular o que no pudieron finalizarla.
- Niños y adolescentes que no ingresaron a tiempo en la educación básica regular o que abandonaron y su edad ya no les permite continuar con los estudios regulares.
- Estudiantes que necesitan compatibilizar el estudio y el trabajo.

1.3.1.3 Educación básica especial (EBE). Atiende a estudiantes con necesidades educativas especiales, es inclusivo y busca la participación de estas personas en la sociedad.

Está dirigido básicamente a dos grupos:

- Personas con algún tipo de discapacidad que dificulte el aprendizaje regular.
- Niños y adolescentes con talentos específicos o superdotados.

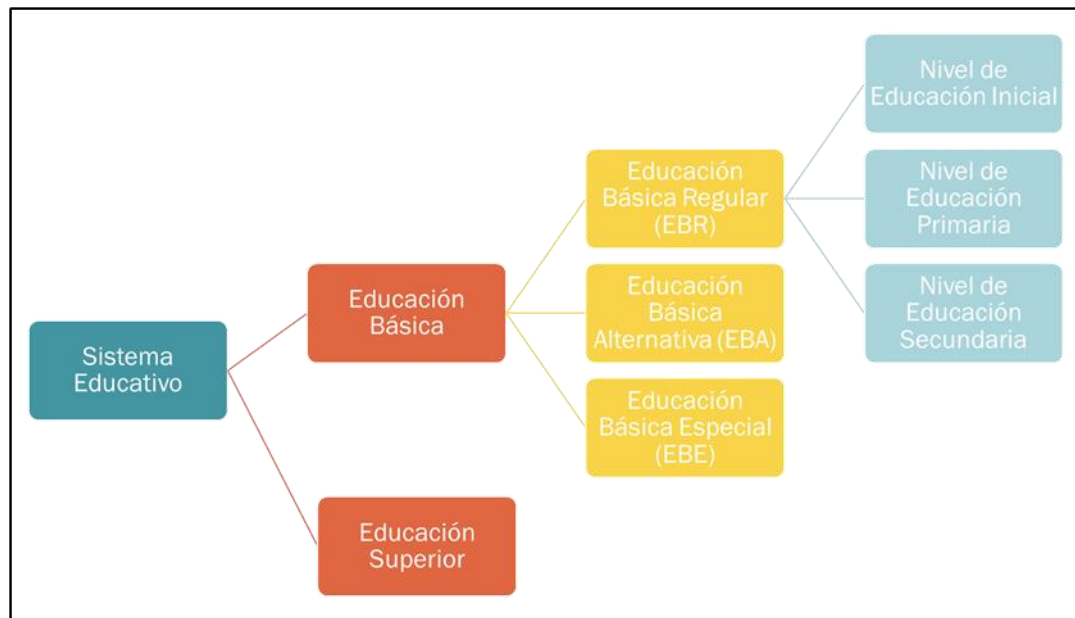
1.3.2 Educación superior

Es la segunda etapa del sistema educativo, por lo que se requiere haber finalizado satisfactoriamente la educación básica. Lo que busca es consolidar la formación impartida y desarrollar la investigación e innovación en el ámbito profesional para contribuir al progreso del país.

Las instituciones que imparten educación superior pueden ser escuelas, institutos, universidades tanto públicos como privados.

Figura 1

Sistema educativo peruano



1.4 Clasificación de ambientes básicos

El Ministerio de Educación en la Norma Técnica de Criterios de diseño para locales educativos de primaria y secundaria (2019), menciona que dentro de la clasificación de los ambientes en centros educativos se encuentran dos tipos: los ambientes básicos y los ambientes complementarios.

Los primeros ambientes son aquellos en los que el estudiante es el protagonista, donde interactuará con otros estudiantes y con el personal docente y no docente. Por otro lado, los ambientes complementarios son igual de importantes porque, como su nombre lo indica, complementan las actividades de aprendizaje y contribuyen al funcionamiento del colegio. Se menciona aquí a los ambientes de la gestión administrativa y pedagógica, de bienestar, servicios generales y servicios higiénicos.

Pero ¿qué consideraciones se deben tener en cuenta para el diseño y dimensionamiento de estos ambientes?

Básicamente son tres los puntos importantes para tener en cuenta:

- Las particularidades de la actividad educativa que se va a realizar.
- La tipificación del estudiante, tal como su ergonomía, el rango de edades al cual pertenece, el estado sociocultural y las cantidades tanto de estudiantes como del personal educativo.
- Las características y cantidad de mobiliario, así como el equipamiento y otros recursos que sean necesarios para el desarrollo de las actividades. Es importante considerar las características geográficas de la región en donde se instalarán.

Para el cálculo del dimensionamiento de los ambientes educativos se debe contemplar:

El índice de ocupación (I.O) presente en la Norma Técnica “Criterios de diseño para locales educativos de primaria y secundaria”.

Los intervalos determinados para la cantidad de alumnos:

Tabla 1

Cálculo de áreas de ambientes

Cantidad de estudiantes	Área de ambiente (m ²)
Hasta 15	15 x I.O. según ambiente
16 - 20	20 x I.O. según ambiente
21 -25	25 x I.O. según ambiente
26 -30	30 x I.O. según ambiente
31 -35	35 x I.O. según ambiente

Nota. Tomada de Criterios de diseño para locales educativos de primaria y secundaria – Norma Técnica (p. 24), por Ministerio de Educación, (2019).

A continuación, se hará énfasis únicamente en los ambientes básicos.

1.4.1 Ambientes tipo A

Son básicamente las aulas de clase donde se promueve el aprendizaje.

La superficie del ambiente será determinada en función del número de estudiantes, características y cantidad de mobiliario, además del equipamiento que requiera el aula.

El estándar del I.O. es de 2.00 m² hasta 30 estudiantes y de 1.70 m² de 31 a 35 estudiantes.

1.4.2 Ambientes tipo B

La biblioteca escolar es un ambiente de este tipo, el cual debe caracterizarse por su flexibilidad funcional.

Su distribución y tipo de mobiliario debe permitir que distintos grupos de usuarios realicen actividades diferentes, de manera simultánea, sin interrumpirse entre ellos.

Tabla 2

Ficha técnica sobre el ambiente Biblioteca Escolar

TIPO B			
NOMBRE	BIBLIOTECA ESCOLAR		
	TIPO I	TIPO II	TIPO III
CAPACIDAD	30 estudiantes	45 estudiantes	60 estudiantes
I.O.	2.50 m ²	2.00 m ²	2.00 m ²
ÁREA	75 m ² + aprox. 25% depósito	90 m ² + aprox. 25% depósito	120 m ² + aprox. 25% depósito

Nota. Tomada de Criterios de diseño para locales educativos de primaria y secundaria – Norma Técnica (p. 31), por Ministerio de Educación, (2019).

1.4.3 Ambientes Tipo C

En este tipo de ambiente se encuentran el Aula de Innovación Pedagógica (AIP), el módulo de conectividad, los laboratorios de ciencia y tecnología y los talleres creativos o talleres de arte.

El aula de innovación pedagógica es un espacio polifuncional con la característica de requerimiento de recursos TIC especializados.

Es importante mencionar que no se debe concebir como un aula de cómputo, sino como un espacio para la educación donde se utilicen y aprovechen los recursos TIC. Aprovechamiento tanto por parte de los alumnos como del personal docente.

Para el diseño y cálculo de la superficie del salón, se debe tener en cuenta las especificaciones técnicas de los recursos TIC y sus dimensiones. Además de la cantidad y tamaño del mobiliario que se utilizará.

El módulo de conectividad es como un centro de operaciones. Es el lugar donde se recepciona, administra, monitorea y mantiene la información y equipos para todo el centro educativo. Además de esto, los protege y asegura.

El dimensionamiento del aula dependerá de la cantidad de servidores, el número de personas que trabajarán en este y el espacio personal que requieran para desarrollarlo.

También se considera un área para almacenamiento y mantenimiento de los recursos TIC.

Tabla 3

Ficha técnica sobre el ambiente de Aula de Innovación Pedagógica

TIPO C			
NOMBRE	AULA DE INNOVACIÓN PEDAGÓGICA		MÓDULO DE CONECTIVIDAD
CAPACIDAD	30 estudiantes	31 - 35 estudiantes	De 01 a 03 usuarios
I.O.	2.70 m ²	2.60 m ²	Variable
ÁREA	82.00 m ²	90.00 m ²	25.80 m ² (*)

Nota. Tomada de Criterios de diseño para locales educativos de primaria y secundaria – Norma Técnica (p. 34), por Ministerio de Educación, (2019).

Los laboratorios de ciencia y tecnología (física, química y biología), son espacios implementados con los equipos y medios necesarios para que se puedan realizar actividades relacionadas a la investigación como experimentos, prácticas y trabajos, tanto científicos como tecnológicos o técnicos.

Tabla 4

Ficha técnica sobre el ambiente Laboratorio

TIPO C		
NOMBRE	LABORATORIO	
CAPACIDAD	30 estudiantes	31-35 estudiantes
I.O.	3.00 m ²	2.85 m ²
ÁREA	90.00 m ² (incluye depósito, aprox. 15%)	100.00 m ² (incluye depósito, aprox. 15%)

Nota. Tomada de Criterios de diseño para locales educativos de primaria y secundaria – Norma Técnica (p. 37), por Ministerio de Educación, (2019).

El taller creativo en primaria es el equivalente al taller de arte en secundaria. Y es básicamente donde el alumno va a desarrollar su parte imaginativa y/o inventiva, relacionada con las artes visuales y plásticas como la escultura y la pintura.

Tabla 5

Ficha técnica sobre el ambiente Taller Creativo/Taller de Arte

TIPO C		
NOMBRE	TALLER CREATIVO / TALLER DE ARTE	
CAPACIDAD	30 estudiantes	31-35 estudiantes
I.O.	3.00 m ²	2.85 m ²
ÁREA	90.00 m ² (incluye depósito, aprox. 15%)	100.00 m ² (incluye depósito, aprox. 15%)

Nota. Tomada de Criterios de diseño para locales educativos de primaria y secundaria – Norma Técnica (p. 42), por Ministerio de Educación, (2019).

1.4.4 Ambientes tipo D

La Sala de Usos Múltiples (SUM) es un ambiente contemplado dentro de esta categoría.

Está destinada para el desarrollo de actividades durante y post horario escolar. Y se utiliza para el desarrollo de las actividades que no cuenten con un aula exclusiva como, por ejemplo: exhibiciones escolares y artísticas, asambleas de estudiantes y/o padres de familia, actividades de alimentación, etc.

Considerar en la Tabla 6 la equivalencia de 1 sección = 30 estudiantes.

Tabla 6

Ficha técnica sobre el ambiente Sala de Usos Múltiples (SUM)

TIPO D		
NOMBRE	SALA DE USOS MÚLTIPLES (SUM)	
CONDICIÓN	Menor a 05 secciones*	A partir de 05 secciones*
CAPACIDAD	Variable	Variable
I.O.	1.00 m ²	1.00 m ²
ÁREA	No debe ser menor del área de taller o laboratorio	No debe ser mayor a 300 m ²

Nota. Tomada de Criterios de diseño para locales educativos de primaria y secundaria – Norma Técnica (p. 47), por Ministerio de Educación, (2019).

1.4.5 Ambientes tipo E

Son ambientes cuya finalidad es el desarrollo de actividades de educación física y la práctica de distintos deportes. Dentro de sus consideraciones deben estar los espacios de almacenamiento del material necesario para el desarrollo de cada deporte.

Se consideran dentro de este grupo: las losas multiuso, la pista de velocidad y saltos para atletismo, la piscina semiolímpica, el gimnasio, coliseo o polideportivo, entre otros.

1.4.6 Ambientes tipo F

Se considera aquí los espacios para la circulación como pasillos, veredas, escaleras, los espacios exteriores, patios, etc. Están destinados a la interacción del alumnado en el centro educativo, a su socialización y convivencia.

1.4.7 Ambientes tipo G

Se consideran aquí los espacios destinados básicamente a dos actividades: la primera es la relacionada con el cultivo y cosecha de vegetales, y todas las actividades intermedias que este proceso requiera. Puede ser un campo de cultivo, un vivero, un biohuerto o parecidos.

1.5 Requerimientos eléctricos según clasificación de ambientes básicos

1.5.1 Ambientes tipo A

Se debe considerar 01 tomacorriente doble por cada 10.00 m². Adicionalmente una toma doble por cada par de usuarios con equipos eléctricos. Y serán colocados de manera conveniente en el perímetro del aula.

Las luminarias deben ser elegidas cuidadosamente según la necesidad de luminosidad sobre la superficie de trabajo.

Para el docente se debe contemplar una salida de TV y otra para su ordenador.

El ambiente debe estar preparado para el uso de recursos TIC y todas las instalaciones eléctricas deben estar correctamente conectadas a tierra (puesta a tierra).

1.5.2 Ambientes tipo B

Para la biblioteca escolar, considerar 01 tomacorriente doble por cada 10.00 m² y distribuidos en el perímetro del ambiente.

Contemplar puntos para la conexión de los equipos referenciales tales como: 01 computadora para control, 02 computadoras para consulta visual, 01 impresora, 01 proyector de techo, 01 TV y 01 DVD.

El ambiente debe estar preparado para el uso de recursos TIC y todas las instalaciones eléctricas deben estar correctamente conectadas a tierra (puesta a tierra).

1.5.3 Ambientes tipo C

Para el Aula de Innovación Pedagógica (AIP) se considera 01 tomacorriente doble por cada 15.00 m² ubicado a 20 cm por encima del área de trabajo de las mesas perimetrales.

Contemplar puntos para la conexión de los equipos referenciales básicos: 01 laptop para grupos de 05 o 06 estudiantes, 01 laptop para el docente, 01 impresora multifuncional, 01 proyector. Estos tomacorrientes deben facilitar el uso de los recursos, por lo cual deben ubicarse de manera estratégica.

El ambiente debe estar preparado para el uso de recursos TIC y todas las instalaciones eléctricas deben estar correctamente conectadas a tierra (puesta a tierra).

- Para el Módulo de conectividad se considera igual que para el AIP, 01 tomacorriente doble por cada 15.00 m², ubicados a 20 cm por encima del área de trabajo de las mesas perimetrales. Además de puntos eléctricos para la conexión del equipo referencial a utilizar: 01 laptop para almacenamiento, 01 servidor por cada 30 secciones, 01 switch de comunicaciones, 01 modem satelital, 01 receptor de video satelital.

El ambiente debe estar preparado para el uso de recursos TIC y todas las instalaciones eléctricas deben estar correctamente conectadas a tierra (puesta a tierra).

- Para los laboratorios de ciencia y tecnología se considera 01 tomacorriente doble por cada 15.00 m² ubicados perimétricamente a 2.00 m de distancia como mínimo. Además, 01 tomacorriente doble por cada lado más largo de la mesa de trabajo y 02 tomacorrientes para la zona donde se ubique el profesor.

Para estos salones se recomienda que los tomacorrientes cuenten con protección al agua.

Luminarias debidamente elegidas con la luminosidad adecuada sobre el área de trabajo y un proyector en techo el cual debe contar con un circuito independiente de energía y data.

El ambiente debe estar preparado para el uso de recursos TIC y todas las instalaciones eléctricas deben estar correctamente conectadas a tierra (puesta a tierra).

- Para el taller creativo y/o taller de arte se contempla 01 tomacorriente doble por cada 20.00 m² ubicados perimétricamente a 2.00 m de distancia como mínimo. Además, cada mesa de trabajo debe contar idealmente con 04 tomas dobles (03 como mínimo).

Luminarias debidamente elegidas con la luminosidad adecuada sobre el área de trabajo y un proyector en techo el cual debe contar con un circuito independiente de energía y data.

El ambiente debe estar preparado para el uso de recursos TIC y todas las instalaciones eléctricas deben estar correctamente conectadas a tierra (con puesta a tierra).

1.5.4 Ambientes tipo D

En la sala de usos múltiples (SUM) se considera 01 tomacorriente doble por cada 15.00 m². Además, se debe proveer conexiones para el sistema de comunicación, de iluminación común y focalizada, sistema de sonido y tomacorrientes adicionales según los dispositivos que requiera el ambiente.

El ambiente debe estar preparado para el uso de recursos TIC y todas las instalaciones eléctricas deben estar correctamente conectadas a tierra (con puesta a tierra).

1.5.5 Ambientes tipo E

Estos ambientes dedicados al desarrollo de actividades de educación física se caracterizan por tener altos requerimientos de iluminación dependiendo del fin para el que se han diseñado. Va desde luminarias básicas para interiores en almacenes o depósitos, hasta potentes reflectores para exteriores. Además, considerar puntos de suministro eléctrico para equipos de sonido y/o para maquinaria necesaria para el desarrollo de algún deporte en especial.

Todas las instalaciones eléctricas deben estar correctamente conectadas a tierra (con puesta a tierra).

1.5.6 Ambientes tipo F

Se debe considerar iluminación para espacios interiores y exteriores. Además de puntos de energía eléctrica para el equipamiento que se vaya a utilizar según el diseño y/o necesidad.

Todas las instalaciones eléctricas deben estar correctamente conectadas a tierra (con puesta a tierra).

1.5.7 Ambientes tipo G

En general, poco requerimiento eléctrico. Se contempla luminarias para los almacenes de herramientas de trabajo y/o para almacén de productos de consumo humano y animal.

Se podría considerar también instalaciones para riego automático de campo de cultivo o instalaciones a menor escala como el cultivo hidropónico.

Todas las instalaciones eléctricas deben estar correctamente conectadas a tierra (con puesta a tierra).

1.6 Variación de requerimientos eléctricos según la región en Perú

Según el portal web del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú, MIDAGRI (s.f.), el país debería ser de clima tropical, cálido y lluvioso. Sin embargo, es un país de variados climas tropicales y subtropicales debido a dos factores importantes que modifican completamente las condiciones meteorológicas: la cordillera de los Andes y las corrientes marinas de Humboldt y del Niño.

El Perú posee casi todas las variantes climatológicas existentes en el mundo. Por lo tanto, dado que las condiciones no son las mismas en todos los casos, es sumamente importante considerar esta información para la planificación e instalación de un sistema eléctrico según la región.

1.6.1 Región costa

En la región costa el clima es templado y húmedo gracias a la corriente marina fría. Se distinguen dos tipos de clima: el primero tiene lugar entre los departamentos de Tumbes y Piura, que se caracteriza por ser un clima semitropical con una temperatura elevada y lluvias periódicas de verano; mientras que el segundo se da entre Lambayeque y Tacna, con un clima subtropical y excesiva humedad atmosférica.

Entonces, ¿qué requerimientos eléctricos se deben tener en cuenta bajo estas condiciones?

En principio, los materiales expuestos a la intemperie deben ser resistentes a la misma: al excesivo sol, calor y ocasionalmente a las lluvias.

Los elementos que se encuentren cercanos al mar deben poseer una buena resistencia frente a la brisa marina.

1.6.2 Región sierra

En la sierra también existe variedad de climas: van desde climas templados hasta fríos glaciales. Todo depende de la altitud a la que se encuentre. Por ejemplo, por debajo de los 2500 msnm las precipitaciones pluviales son abundantes, generalmente en verano (de diciembre a abril). Por encima de los 3800 msnm la situación es distinta, las precipitaciones pluviales se transforman en nieve y granizo.

En este escenario se recomienda considerar algunos requerimientos eléctricos:

Los elementos externos expuestos a la intemperie deben soportar climas muy fríos, lluvias y también granizadas en algunos casos. Por ejemplo, para los sistemas de distribución, se debe tener en cuenta que en algún momento los cables y demás elementos se encontrarán cubiertos por una capa de hielo. Se requiere que sean completamente herméticos para evitar

el ingreso de agentes externos que pongan en peligro la instalación y pueda generar accidentes.

Las intensas lluvias generan tormentas eléctricas, es decir, presencia de rayos, relámpagos y truenos. Bajo esta premisa, se debe considerar en las construcciones altas, la presencia de pararrayos en lugares estratégicos para reducir los riesgos a las edificaciones y sobre todo a la vida humana.

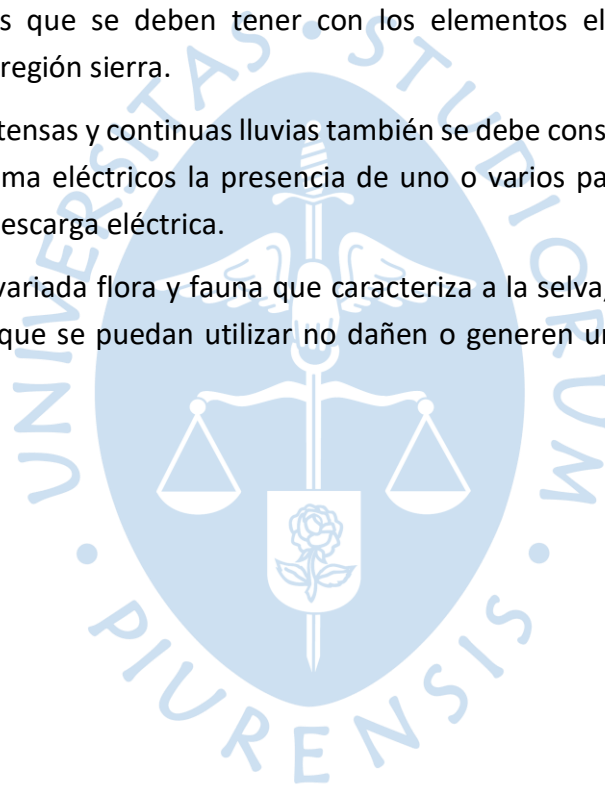
1.6.3 Región selva

La región selva es conocida por tener un clima cálido y húmedo con abundantes precipitaciones pluviales durante todo el año, pero acentuadas durante los meses de enero a abril, lo que impacta directamente en la creciente de los ríos.

Las previsiones que se deben tener con los elementos eléctricos tienen algo de similitud con las de la región sierra.

Debido a las intensas y continuas lluvias también se debe considerar en la planificación e instalación del sistema eléctricos la presencia de uno o varios pararrayos para mitigar el daño de una posible descarga eléctrica.

A causa de la variada flora y fauna que caracteriza a la selva, se debe prever que los elementos eléctricos que se puedan utilizar no dañen o generen un riesgo a cualquiera de estos aspectos.



Capítulo 2

Metodología de diseño

En este capítulo se plantea una metodología de diseño de fácil seguimiento pero que abarca muchos factores, la cual servirá para el diseño de sistemas eléctricos en centros educativos.

Inicialmente se analiza y comenta la normativa nacional peruana y luego la normativa internacional. Para la normativa nacional se estudiará principalmente el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), el Código Nacional de Electricidad (CNE) y las Normas de la Dirección General de Electricidad (Normas DGE). Para la normativa internacional, el Código Eléctrico Colombiano (NTC 2050), la Norma Técnica Colombiana NTC 4595 y la Guía de diseño de instalaciones eléctricas de Schneider Electric en sus versiones en inglés y en español.

Lo que a continuación se desarrolla es un análisis paralelo y comparativo de las normas.

En determinados apartados se tomarán como complementarias, mientras que en otros se tomará la que muestre mayor detalle. Esto con el fin de buscar un diseño más completo y eficiente que cumpla con los estándares de calidad y seguridad.

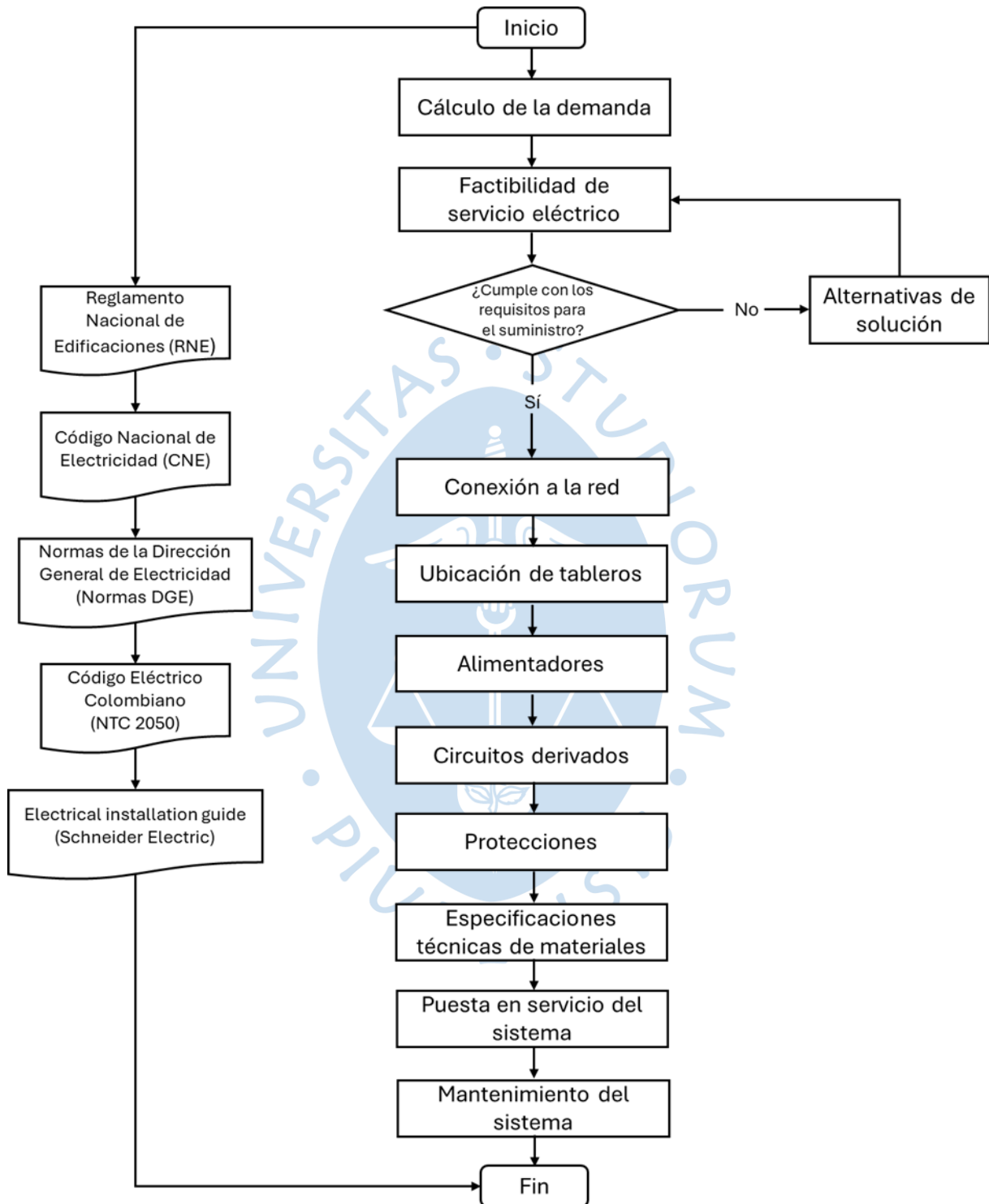
Es importante aclarar que cuando se menciona el Código, se hace referencia al Código Nacional de Electricidad (CNE). Se diferencia del Código Eléctrico Colombiano que se menciona como tal sin ninguna abreviación.

La metodología se ha dividido en una serie de 11 pasos que están representados en un diagrama de flujo en la Figura 2.

A lo largo del capítulo se irá desarrollando cada paso a detalle.

Figura 2

Diagrama de flujo de la metodología propuesta



2.1 Cálculo de la demanda

En Perú, el Reglamento Nacional de Edificaciones indica que la evaluación de la demanda puede calcularse por cualquiera de los dos métodos presentados en el Código Nacional de Electricidad-Utilización. El primero es según normativa y el segundo consiste en considerar las cargas a instalar y los factores de operación.

2.1.1 Según normativa

En Perú, lo que indica el CNE son valores de carga (en watts) según determinadas cantidades de área (m^2) a los cuales se les van sumando las cargas especiales como las de calefacción, aire acondicionado, cocinas eléctricas, entre otros.

Posteriormente, el Código da indicaciones para la aplicación de factores de demanda.

Luego, con base en la demanda calculada se procede a dimensionar la instalación eléctrica. Esto es, el tamaño y capacidad de los conductores, la cantidad de circuitos derivados, la cantidad de interruptores, el/los tableros a utilizar, las protecciones, etc. Puntos que se desarrollarán a detalle más adelante en otros apartados.

Para este caso, referido a escuelas o colegios, la sección a utilizar es la 050-204 Escuelas.

Tabla 7

Cargas de circuitos y factores de demanda

Sección 050-204	Escuelas
<p>(1) Las capacidades mínimas de los conductores de acometidas o de los alimentadores deben basarse sobre lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) Una carga básica de 50 W/m^2 de área de aulas; más (b) 10 W/m^2 del área restante del edificio, calculada con las dimensiones exteriores; más (c) Cargas de calefacción, aire acondicionado y fuerza, basadas en la potencia nominal del equipo instalado. 	
<p>(2) Se permite la aplicación de factores de demanda, como sigue:</p> <ul style="list-style-type: none"> (a) Para edificios de hasta 900 m^2, área calculada según dimensiones exteriores: <ul style="list-style-type: none"> (i) Para cualquier carga de calefacción, según la Sección 270; y (ii) 75% de la carga restante. (b) Para edificios con áreas mayores a 900 m^2. <ul style="list-style-type: none"> (i) Según la Sección 270 para cargas de calefacción; y (ii) La carga restante debe ser dividida entre el área en m^2 y la demanda de carga puede considerarse como la suma de: <ul style="list-style-type: none"> (A) 75% de la carga por m^2 multiplicada por 900; y 	

Sección 050-204	Escuelas
(B) 50% de la carga por m ² multiplicada por el área en exceso a los primeros 900 m ² .	

Nota. Adaptada de Código Nacional de Electricidad - Utilización (p. 65), por Ministerio de Energía y Minas, (2006).

En Colombia, la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 (1998), en su Sección 220 Cálculos de los circuitos alimentadores, ramales y acometidas, se brinda una serie de indicaciones para determinar el número de circuitos, las cargas del alimentador, la acometida, entre otros.

En la siguiente tabla se detalla la carga unitaria que se debe considerar en cada espacio según el tipo de ocupación al que será destinado.

Para colegios recomienda considerar una carga unitaria de 32 VA/m².

Tabla 8

Carga unitaria para ambientes según el tipo de ocupación

Tipo de ocupación	Carga unitaria (VA/m²)
Cuarteles y auditorios	10
Bancos	38**
Barberías y salones de belleza	32
Iglesias	10
Clubes	22
Juzgados	22
Unidades de vivienda*	32
Garajes públicos (propiamente dichos)	5
Hospitales	22
Hoteles y moteles, incluidos bloques de apartamentos sin cocina*	22
Edificios industriales y comerciales	22
Casas de huéspedes	16
Edificios de oficinas	38**
Restaurantes	22

Tipo de ocupación	Carga unitaria (VA/m ²)
Colegios	32
Tiendas	32
Depósitos	2.5
En cualquiera de los lugares anteriores excepto en viviendas unifamiliares y unidades individuales de vivienda bifamiliares y multifamiliares:	
Lugares de reunión	10
Recibidores, pasillos, armarios, escaleras	5
Lugares de almacenaje	2.5
*Todas las salidas de tomacorriente de uso general de 20 A nominales o menos en unidades de vivienda unifamiliares, bifamiliares y multifamiliares y en las habitaciones de los hoteles y moteles [excepto las conectadas a los circuitos de tomacorrientes especificados en el Artículo 220-4.b) y c)], se deben considerar como salidas para alumbrado general y en tales salidas no serán necesarios cálculos para cargas adicionales.	
**Además se debe incluir una carga unitaria de 10VA por metro cuadrado para salidas de tomacorriente de uso general cuando no se sepa el número real de este tipo de salidas de tomacorriente.	

Nota. Adaptada de Norma Técnica Colombiana NTC 2050 (p. 94), por ICONTEC, (1998).

Proporciona también valores de factores de demanda para cargas de tomacorrientes en edificios que no se consideran residenciales.

Tabla 9

Factores de demanda para cargas de tomas en edificios no residenciales

Parte de la carga de la toma a la que se aplica el factor de demanda (en voltioamperios)	Factor de demanda por 100
Primeros 10 kVA o menos	100
A partir de 10 kVA	50

Nota. Tomada de Norma Técnica Colombiana NTC 2050 (p. 98), por ICONTEC, (1998).

Asimismo, en la sección 220-34 del código eléctrico colombiano figura un método opcional para instituciones dedicadas a la enseñanza.

Originalmente brinda los datos en voltioamperios/pie cuadrado, pero para congruencia con las unidades que se utilizan en Perú y para un mejor entendimiento, se añadió una columna con la conversión correspondiente teniendo en cuenta que: $1 \text{ pie}^2 = 0.093 \text{ m}^2$.

Tabla 10

Método opcional para calcular los factores de demanda de los conductores de circuitos de suministro y acometidas en escuelas y colegios

Carga conectada en voltioamperios por pie cuadrado	Carga conectada en voltioamperios por metro cuadrado	Factor de demanda por 100
Los primeros 3 VA/pie ²	Los primeros 32 VA/m ²	100
Desde 3 hasta 20 VA/pie ²	Desde 32 hasta 215 VA/m ²	75
Más de 20 VA/pie ²	Más de 215 VA/m ²	25

Nota. Adaptada de Norma Técnica Colombiana NTC 2050 (p. 105), por ICONTEC, (1998).

2.1.2 Considerando cargas instaladas y factores de operación

Aunque es un procedimiento más extenso que el anterior por el trabajo previo que se debe realizar para obtener la demanda eléctrica total, es un método más preciso.

Lo que se debe realizar es un listado detallado, una a una sin obviar ninguna carga instalada en la vivienda o institución. Esto es, los sistemas de iluminación, de climatización, electrodomésticos y todo aparato eléctrico que exista dentro de la instalación.

Según la Guía de diseño de instalaciones eléctricas según normas internacionales IEC de Schneider Electric (2010), *un diseño que simplemente se base en la suma aritmética de todas las cargas existentes en la instalación sería extremadamente caro y poco práctico desde el punto de vista de la ingeniería.*

Por eso, se deben considerar los factores de operación, porque todas las cargas no operan precisamente a su potencia nominal máxima ni necesariamente al mismo tiempo.

Para la estimación de la demanda máxima real de la instalación se utiliza:

- El factor de utilización máxima (k_u), el cual se justifica porque en condiciones normales de funcionamiento las cargas pueden consumir una potencia menor a su potencia nominal. Por lo tanto, el uso de este factor permite una estimación de los valores reales.

La Guía de Schneider sostiene que el valor que puede tomar este coeficiente para motores en una instalación industrial es de 0,75.

Para cargas de luz incandescente el factor siempre será igual a la unidad.

Para circuitos con tomas de corriente el valor depende enteramente de la aplicación a la que ofrece suministro la toma.

- El factor de simultaneidad (k_s), que representa básicamente el grado en que varias cargas eléctricas están encendidas al mismo tiempo.

Tabla 11

Factor de simultaneidad para cuadros de distribución (IEC 60439)

Número de circuitos	Factor de simultaneidad (k_s)
Montajes comprobados completamente 2 y 3	0.9
4 y 5	0.8
De 6 a 9	0.7
10 y más	0.6
Montajes probados parcialmente	1

Nota. Adaptada de Guía de diseño de instalaciones eléctricas según normas internacionales IEC (p. 29), por Schneider Electric, (2010).

Tabla 12

Factor de simultaneidad según la función del circuito

Función del circuito	Factor de simultaneidad (k_s)	
Alumbrado	1	
Calefacción y aire acondicionado	1	
Tomas de corriente	de 0.1 a 0.2*	
Ascensores y montacargas** Para el motor más potente	1	
	Para el segundo motor más potente	0.75
	Para todos los motores	0.6

* En algunos casos, principalmente en instalaciones industriales, este factor puede ser superior.

Función del circuito	Factor de simultaneidad (k_s)
** La corriente que hay que tomar en consideración es igual a la corriente nominal del motor aumentada en un tercio de su corriente de arranque.	

Nota. Adaptada de Guía de diseño de instalaciones eléctricas según normas internacionales IEC (p. 29), por Schneider Electric, (2010).

2.2 Factibilidad de servicio de suministro eléctrico

Previo a la realización de la solicitud de factibilidad eléctrica, es importante mencionar que en el Perú se diferencian dos tipos de usuarios eléctricos. Según el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), se puede ser un Usuario Libre o un Usuario Regulado.

Las principales diferencias para pertenecer a uno u otro son las que se muestran a continuación.

Tabla 13

Diferencias entre Usuario Libre y Usuario Regulado

Usuario Libre	Usuario Regulado
<p>*Niveles de consumo con máxima demanda anual mayor a 2,5 MW en cada punto de suministro. (Rango optativo: entre 0,2 y 2,5 MW)</p> <p>*Los Usuarios Libres no se encuentran sujetos a regulación de precios, excepto los cargos de transmisión y distribución eléctrica.</p> <p>*Los precios que paga un Usuario Libre dependen de lo establecido en el contrato de suministro de cada Usuario Libre con su Suministrador, excepto los cargos de transmisión y distribución eléctrica.</p>	<p>*Niveles de consumo con máxima demanda anual menor o igual a 0,2 MW en cada punto de suministro. (No hay rango optativo)</p> <p>*Los Usuarios Regulados se encuentran sujetos a regulación de precios.</p> <p>*Los precios que paga un Usuario Regulado son establecidos por OSINERGMIN a través del procedimiento a Tarifas en barra.</p> <p>Los Usuarios Regulados no pueden participar del Mercado de Corto Plazo.</p>

Nota. Adaptada de OSINERGMIN, (s.f.).

Luego de determinar qué tipo de usuario se acomoda mejor al cliente, se procede con la factibilidad de servicio eléctrico, solicitando un certificado que acredite que la propiedad cumple con los requisitos técnicos para que la empresa eléctrica local pueda suministrarle electricidad.

En Perú los requisitos para esta solicitud pueden variar ligeramente según la región, pero en esencia son los mismos. A continuación, se mencionan los requisitos, según la Plataforma Digital Única del Estado Peruano (s.f.), para la región norte cuya empresa suministradora de energía correspondiente es ENOSA (Empresa de Servicio Público de Electricidad del Nor Oeste del Perú S.A.).

- Solicitud de certificado de factibilidad de suministro eléctrico. Es un formato que lo facilita la empresa y se debe completar con datos como nombres y apellidos del usuario, teléfono, dirección y demanda de potencia a utilizar.
- Copia legalizada de algún documento que certifique la propiedad del inmueble.
- Declaración jurada de distancias mínimas de seguridad, con firma legalizada del propietario.
- Copia del documento de identidad del propietario y copias del plano de ubicación del predio donde se pueda apreciar vías de acceso al área a electrificar y ubicación respecto a las instalaciones eléctricas ya existentes.
- En caso de solicitar un servicio trifásico igual o mayor a 5KW, se debe adjuntar a la solicitud un cuadro de cargas de máxima demanda de potencia. La empresa también brinda un formato para completar.
- La persona solicitante debe contar con un correo electrónico para que la empresa envíe el certificado una vez se haya aprobado la solicitud.

A la fecha de desarrollo de la investigación, esta solicitud tiene un costo de S/. 35.00, los cuales se deben cancelar en la ventanilla de las oficinas de la empresa.

Por otro lado, en Colombia, el procedimiento para obtener este certificado es similar. Según la página web del estado colombiano, CENS GRUPO EPM (s.f.), esta solicitud se puede hacer en línea, en oficinas de atención al cliente, por correo electrónico o de manera presencial en las Centrales del Norte de Santander (CENS). Y en el transcurso de 7 días hábiles, después del registro de la solicitud, se obtendrá una respuesta.

La CENS es la compañía colombiana encargada de la distribución, transmisión y comercialización de la energía eléctrica, lo que de manera análoga es ENOSA en la ciudad de Piura.

La solicitud de factibilidad la puede realizar cualquier usuario como persona natural o como persona jurídica.

La información necesaria para el trámite es la que a continuación se detalla:

- Nombre, cédula (documento de identidad), dirección y teléfono del propietario del predio.
- Nombre, cédula (documento de identidad), dirección y teléfono del usuario solicitante.
- La carga que se utilizará en kVA.
- La cantidad de cuentas a revisar (refiriéndose a contador de luz, lo que en Perú se denomina medidor de luz)
- Dirección del inmueble donde se requiere el servicio.
- El tipo de servicio que se solicita, si es residencial, comercial, industrial, oficial o provisional para construcción.
- El tipo de conexión (monofásica, bifásica o trifásica)
- Datos complementarios como puntos de referencia, área del proyecto, cantidad de medidores.

A diferencia de Perú, este trámite en Colombia no tiene ningún costo.

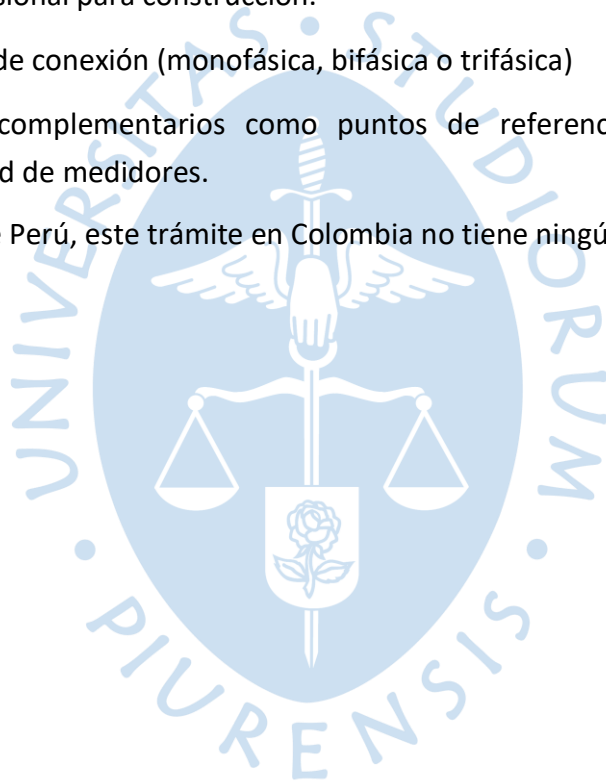


Figura 3

Procedimiento para solicitud de certificado de factibilidad de energía (Perú)

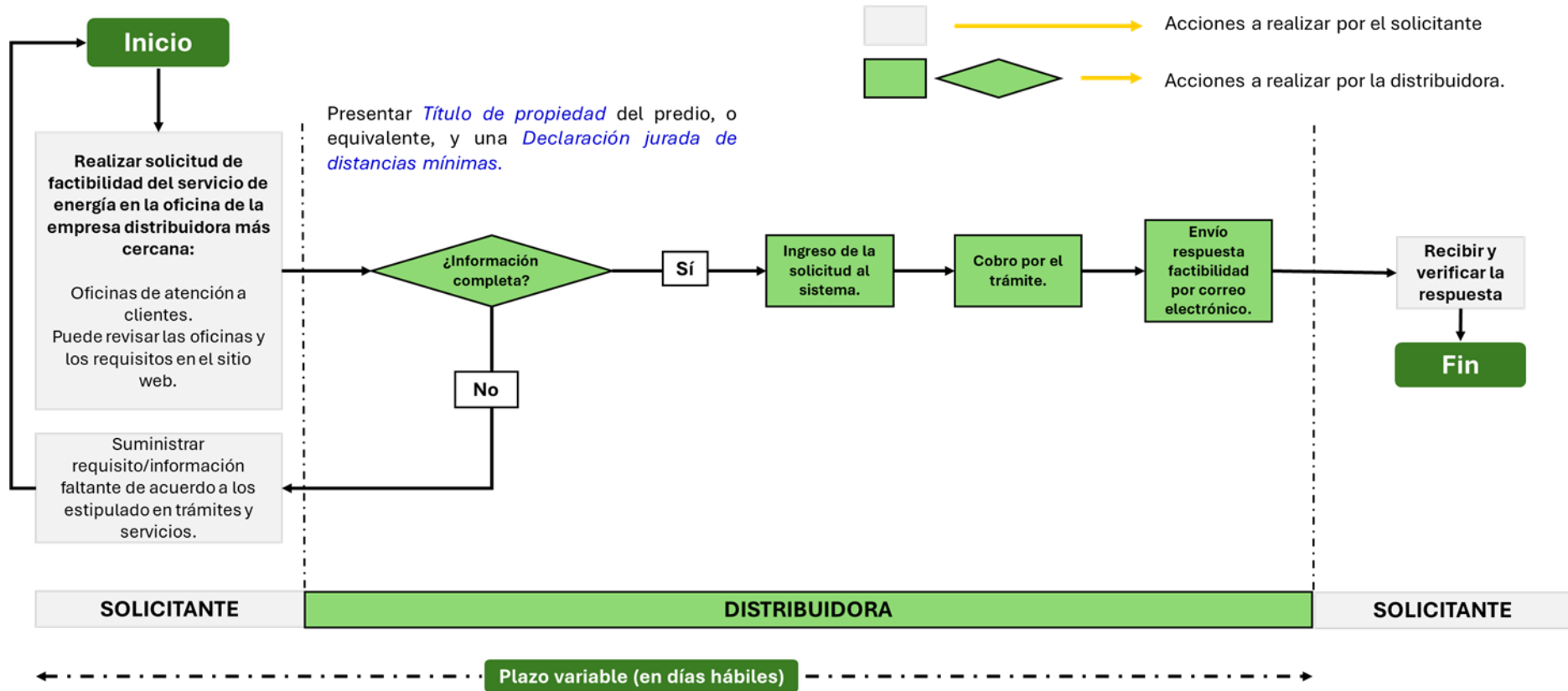
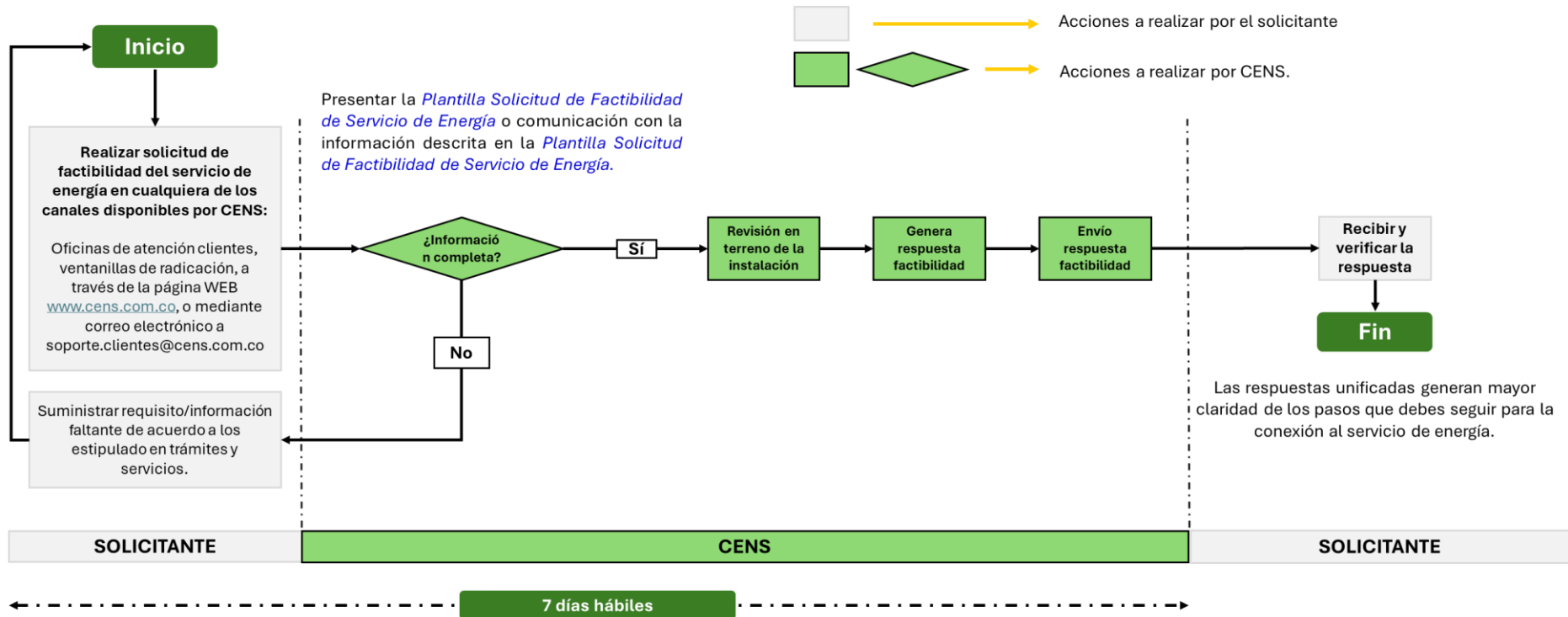


Figura 4

Procedimiento para solicitud de certificado de factibilidad de energía (Colombia)



Nota. Adaptada de CENS Grupo EPM, (s.f.).

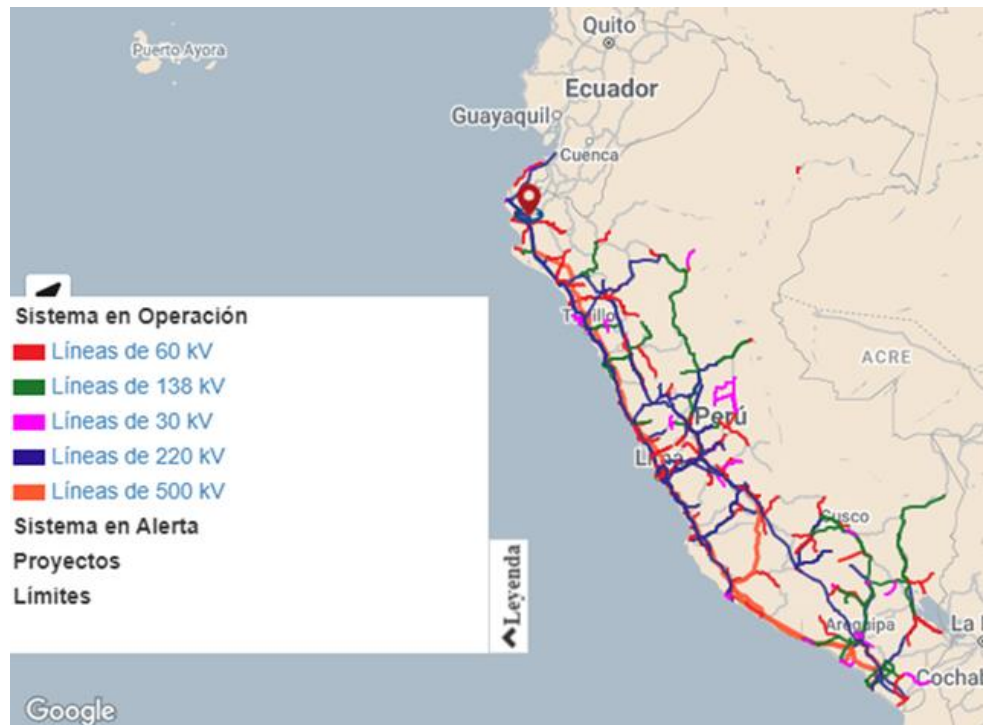
2.3 Alternativas de solución frente a la no factibilidad de servicio de suministro eléctrico

Lo que se espera cuando se hace una solicitud de factibilidad de servicio eléctrico es una respuesta positiva, pero no siempre es así.

Las razones o causales por las que se niega este certificado son varias, pero principalmente podría ser por temas técnicos, ambientales y/o regulatorios en cuestión de normas y leyes.

Algunos motivos de la no factibilidad pueden ser:

- Infraestructura eléctrica obsoleta o ausencia de ella.
- Dificil acceso a un punto eléctrico ya existente. Por ejemplo, en la sierra peruana es común este y el punto anterior. Muchas veces son infraestructuras con varios años de antigüedad y sin ningún tipo de mantenimiento. O las viviendas e instituciones están demasiado profundo en la sierra por lo que es sumamente complicado extender la red de distribución eléctrica hasta allí.
- Incumplimiento de la distancia de seguridad a las redes de distribución.
- Invasión de servidumbre de las líneas de transmisión.
- Invasión de lugares protegidos.
- Impacto ambiental negativo. Por ejemplo, si se comparan las líneas de transmisión en las regiones del Perú, se puede apreciar que en la selva hay menor cantidad de sistemas de operación que en la costa y la sierra. Esto se debe a que la extensa flora y fauna no lo permite. Y de ser el caso que sí, supondría importantes problemas porque para extender la red eléctrica en la selva sería necesario talar árboles y en consecuencia destruir ecosistemas.

Figura 5*Mapa SEIN – DSE*

Nota. Adaptada de OSINERGMIN, (s.f.).

Entonces, ante el problema de no poder contar con el suministro eléctrico de la forma tradicional, ¿existen soluciones alternativas?

La respuesta es sí, sí existen otras opciones para que se pueda contar con fluido eléctrico. A continuación, se exponen dos.

2.3.1 Energías renovables

Las ya conocidas energías renovables se definen como fuentes de energía limpia, sostenibles e inagotables. Su importancia radica en que, a comparación de los combustibles fósiles que además son finitos, contaminan menos. Su emisión de gases de efecto invernadero es menor. Entonces, las energías renovables se utilizan principalmente para contribuir al cuidado del medio ambiente pero también, como es en el caso del Perú, puede ayudar a que las zonas más alejadas del país (zonas rurales generalmente) puedan tener electricidad.

Los principales tipos de energía renovable son: energía solar, energía eólica, energía hidroeléctrica, energía biomasa y energía geotérmica.

En la tesis de Evaluación de las energías renovables como alternativa para la electrificación rural en la comunidad Cerro Blanco, Distrito de Santa, Región Ancash de Bonilla Luna & Romero Burnes, se realizó un estudio sobre la viabilidad de la electrificación rural en dicho poblado.

El estudio se centra básicamente en dos tipos de energía renovable: la energía solar y la energía eólica. Ambas como alternativa para la electrificación rural de esta comunidad. Inicialmente se hace un cálculo de la máxima demanda y luego otro amplio cálculo para cubrirla con cada energía renovable.

La investigación obtiene los resultados que se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14

Comparación de costos entre las energías renovables para zonas aisladas

Variables	Red Eléctrica (S/.)	Solar (S/.)	Eólica (S/.)
Intangibles (I)	18,000.00	980.00	980.00
Activos fijos (AF)	291,003.00	43,601.51	100,610.72
Gastos generales (GG)	29,100.30	4,360.00	10,061.07
Utilidades (U)	29,100.30	4,360.00	10,061.07
Costo total de obra	349,203.60	52,321.51	120,732.86
Supervisión (S)	10,476.00	2,616.09	6,036.64
Subtotal	377,679.60	55,917.60	127,749.50
IGV	67,982.33	10,065.17	22,994.91
Total	445,661.93	65,982.77	150,744.41

Nota. Adaptada de Evaluación de las energías renovables como alternativa para la electrificación rural en la comunidad Cerro Blanco, distrito de Santa, región Áncash (p. 67), por Bonilla Luna & Romero Burnes, (2014).

En sus comentarios finales mencionan que evidentemente la energía solar tiene un menor costo de inversión comparado con la energía eólica y la red eléctrica. Pero bajo su punto de análisis no es rentable llevar a cabo el proyecto porque los índices económicos

que manejan arrojan valores negativos, lo que se traduce en que la inversión no va a ser recuperada.

Pero es importante comentar que, si bien no lo demuestran los valores antes mencionados, un nuevo proyecto de electrificación impulsa a la creación de nuevos negocios. Esto es, nuevas fuentes de ingreso para los pobladores y por lo tanto para la comunidad.

2.3.2 Generadores de energía

Si las energías renovables no son la solución para la electrificación, se pueden utilizar generadores eléctricos.

Estos pueden ser de tipo portátil o fijos. Además, como fuente de combustible pueden utilizar diésel, gasolina o gas. Hay de distintos tamaños y ofrecen distintas potencias. Todo dependerá de la necesidad del usuario y el uso que desee darle.

- Los generadores de gasolina ofrecen como ventajas que son ligeros y compactos, pero en contraparte su nivel de ruido es alto y necesita un mantenimiento frecuente. Aunque es importante aclarar que en la actualidad ya hay equipos insonorizados.
- Los generadores de diésel ofrecen una mayor eficiencia en el consumo de combustible y una mayor durabilidad, pero los equipos pueden ser más pesados que los que utilizan otro tipo de combustible.
- Los generadores de gas pueden funcionar con gas natural o con gas propano y las emisiones son menores. La desventaja se encuentra en que su eficiencia, en comparación con los dos tipos anteriores, es menor y en algunos casos la potencia es menor.

Entonces, el adquirir uno u otro es decisión del usuario, pero se recomienda tomar en cuenta varios puntos, entre los principales: la potencia requerida, el tiempo de funcionamiento del equipo, la disponibilidad de espacio y combustible en la zona, etc.

2.4 Conexión a la red

La conexión de la red eléctrica pública hacia alguna edificación ya sea una vivienda, un local comercial o industrial, se llama acometida eléctrica.

El Código define la acometida como la parte de la instalación eléctrica que comprende la conexión entre la red de distribución (se incluye el empalme) y la caja de toma o de conexión.

Realizar este punto de conexión entre la red eléctrica pública y la instalación del usuario final es responsabilidad de la empresa prestadora de servicios de distribución eléctrica.

A la fecha, según la Resolución de Consejo Directivo – OSINERGMIN N° 130-2023-OS/CD (2023), los tipos de conexión a la red de distribución eléctrica se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Según el nivel de tensión: de Baja Tensión (BT) en 220V y 380/220V y de Media Tensión (MT) 10kV, 13.2kV y 22.9kV.
- Según el número de fases: monofásica y trifásica.
- Según la potencia conectada.
- Según el tipo de red: aérea, subterránea con y sin vereda, y mixta.
- Según el tipo de acometida: simple y doble para BT, y salida a caseta y PMI para MT.
- Según opción tarifaria.

La conexión, sea cual sea el tipo, está sujeta a normas y requisitos propios de la empresa. A continuación, se da un alcance general de lo necesario para realizar este procedimiento.

En Perú, el Código en su Sección 040 – Conexiones y equipo de conexión, hace referencia a la acometida eléctrica.

Entre los puntos más importantes se tiene lo siguiente:

- Para la alimentación de una edificación, no debe instalarse dos o más conexiones de la misma tensión e iguales características. A menos que sean excepciones como las que indica el Código.
- La conexión puede ser de tipo aérea o subterránea. Si es del primer tipo, el conductor de la acometida debe contar con un dispositivo de fijación adecuado.
- Si se utiliza un mástil de acometida, este debe ser de material metálico o algún otro material lo suficientemente robusto, como la madera tratada, por ejemplo.
- El equipo de conexión de acometida debe contar con su propia caja. Además, debe ser instalado de tal forma que cumpla con los requisitos de la empresa distribuidora de energía. Debe ser de fácil acceso y estar ubicado en un lugar donde la temperatura no supere los 30° C.
- Los conductores de acometida de línea aérea pueden ser instalados por conducto rígido, tubería eléctrica metálica de acero o por conducto metálico flexible. Deben tener una sección de, como mínimo, 4 mm² de cobre. Deben ser capaces de soportar su exposición a la intemperie y a los fenómenos de temperatura del lugar donde se vayan a instalar.

- La acometida debe contar con un equipo de medición, esto incluye también a los transformadores de tensión y de corriente.
- Tanto el medidor como los conductores deben ser inaccesibles para personas no autorizadas y/o calificadas para manipularlos. Debe ser instalado dentro de una caja metálica que cumpla con las dimensiones especificadas por la empresa distribuidora de energía.

En el Código Nacional de Electricidad-Utilización (2006), Anexo G – Conexiones eléctricas en baja tensión se hace referencia a la acometida también. Pero específicamente en el apartado G3.C se menciona al murete.

Este será únicamente empleado cuando el frontis de la edificación del usuario no coincida con el límite de la propiedad, con el fin de facilitar el acceso para las personas encargadas.

Deberá ser construido de concreto de una resistencia mínima de $F_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ y reforzado con varillas de acero para asegurar su resistencia mecánica y que perdure en el tiempo.

Las dimensiones varían de acuerdo con el tipo de conexión y/o según lo requiera la empresa distribuidora de energía.

En Colombia, la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 (1998), en su Sección 230 – Acometidas, también brinda algunos puntos importantes:

- Cualquier edificación que cuente con fluido eléctrico solo debe tener una acometida. A menos que sea alguna excepción de las que indica la norma.
- Los conductores de acometida de cualquier construcción no deben pasar a través de ninguna otra construcción.
- Los conductores de acometida deben contar con una canalización exclusiva y, cuando ingrese desde la red de distribución subterránea, debe estar correctamente sellada según lo indica la norma (Artículo 300-5).
- De ser una alimentación aérea, los conductores de acometida deben ser capaces de soportar correctamente las condiciones atmosféricas del lugar donde se instalen, sin perjudicar su buen funcionamiento. Los conductores deben estar aislados o recubiertos.
- En alimentación aérea, los conductores deben ser capaces de transportar la corriente para la cual se han calculado y contar con una adecuada resistencia mecánica.
- En alimentación aérea, la sección transversal de los conductores de cobre no debe ser menor a 8.36 mm^2 , (equivalente a 8 AWG). Mientras que, en los conductores de aluminio o cobre revestido de aluminio, no debe estar por debajo de 13.29 mm^2 (equivalente a 6 AWG).

2.5 Ubicación de tableros

El tablero o panel de distribución está definido por el Código como un panel o conjunto de paneles destinados a colocarse en un gabinete adosado o empotrado a la pared, al cual se podrá acceder únicamente por un frente. Puede incluir barras, dispositivos para el control de sobrecorrientes e interruptores para el control de circuitos.

El Código Nacional de Electricidad-Utilización (2006), en la Sección 020-100 refiere que, en cada tablero de distribución, los interruptores, interruptores automáticos o fusibles, debe estar correctamente indicada la parte de la instalación que controlan y la capacidad nominal del dispositivo de sobrecorriente permitido.

Los tableros deben instalarse en lugares que no estén catalogados como Categoría 1 o Categoría 2. La primera categoría hace referencia a los lugares donde la humedad en forma de vapor o líquido exista en tal cantidad que sea capaz de afectar la operación estándar de los equipos eléctricos. Y la segunda categoría se refiere a los lugares donde puedan existir líquidos o vapores corrosivos que afecten al funcionamiento estándar de los dispositivos.

Si bien el Código no da indicaciones para una ubicación exacta de tableros en escuelas, hay algunas indicaciones generales que se pueden tomar en cuenta.

- Se debe instalar por lo menos un interruptor diferencial general para proteger a los usuarios contra el riesgo de electrocución. El dispositivo debe ser de 30 mA de sensibilidad.
- Los tableros no se colocarán en armarios de ropa, baños, lugares peligrosos ni poco adecuados.
- Se deben colocar siempre tan alto como se pueda, pero verificando que ninguna manija de cualquier dispositivo de protección quede por encima de 1.70 m sobre el nivel de piso.
- Los tableros deben contar con una señalización visible de advertencia y peligro, conforme a la norma DGE “Símbolos Gráficos en Electricidad”.

Por otro lado, el Código Eléctrico Colombiano brinda una definición muy parecida a la dada por la normativa peruana. Coincide en que el tablero es el panel o paneles destinados para los interruptores y dispositivos de protección que deben ser instalados en un armario o caja sobre una pared y al cual solo se es accesible por su frente.

En la sección 373 Armarios, cajas de corte y tableros de medidores enchufables, se recomienda no colocar los tableros en lugares húmedos o mojados donde haya peligro de que de la humedad o el agua se acumule dentro. De ser el caso que necesariamente se tenga que ubicar en un lugar así, el tablero debe ser del tipo a prueba de intemperie.

En paredes de madera u otro material inflamable, el tablero debe quedar al mismo nivel que la superficie o sobresaliente. Y para paredes de concreto u otro material no inflamable, el tablero no debe estar a más de 6 mm por debajo de la superficie.

Las especificaciones de construcción son claras, los tableros de metal deben contar con protección contra la corrosión (interna y externamente) y además tener una adecuada resistencia mecánica. Si es el caso que los tableros no sean metálicos, deben ser de un material certificado y aceptado por la norma.

El tablero eléctrico debe tener las dimensiones suficientes que permitan la correcta instalación de cables, dispositivos y componentes de maniobra.

En general, el estándar internacional para los tableros eléctricos es la norma IEC 61439 y se aplica a tableros de baja tensión con tensión nominal máxima de 1000 voltios en CA o 1500 en CC, Legrand (s.f.).

Adicionalmente, el Cuaderno de Aplicaciones Técnicas N°9 de ABB (s.f.), coincide y refuerza lo mencionado por Legrand con respecto a las pruebas normativas para la verificación y posterior certificación de los tableros eléctricos. Con una ligera variación en la denominación, pues llama cuadro eléctrico al tablero eléctrico.

Las pruebas normativas comprenden tres tipos:

- Verificación mediante pruebas en laboratorio o Ensayos.
- Verificación mediante la comparación con un diseño de referencia previamente ensayado o Comparación.
- Verificación mediante evaluación, es decir, de las normas de diseño, la correcta aplicación de cálculos y la utilización de los adecuados márgenes de seguridad.

Tabla 15

Test normativos IEC-61439

N°	CARACTERÍSTICAS A VERIFICAR	OPCIÓN DE VERIFICACIÓN		
		ENSAYOS	COMPARACIÓN	EVALUACIÓN
1	Resistencia de materiales y partes:			
	Resistencia a la corrosión	SI	NO	NO
	Propiedades de los materiales aislantes:			
	Estabilidad térmica	SI	NO	NO
	Resistencia al calor y al fuego debido a efectos eléctricos internos	SI	NO	SI
	Resistencia a la radiación UV	SI	NO	SI
	Elevación (para transporte)	SI	NO	NO

N°	CARACTERÍSTICAS A VERIFICAR	OPCIÓN DE VERIFICACIÓN		
		ENSAYOS	COMPARACIÓN	EVALUACIÓN
	Impacto mecánico	SI	NO	NO
	Marcado	SI	NO	NO
2	Grado de protección IP	SI	NO	SI
3	Distancia de aislación	SI	NO	NO
4	Línea de fuga	SI	NO	NO
5	Protección contras descargas eléctricas e integridad de circuitos de protección:			
	Eficacia en la continuidad entre las partes conductoras expuestas del conjunto y el circuito de protección	SI	NO	NO
	Resistencia del circuito de protección frente a cortocircuito	SI	SI	NO
6	Integración de aparatos de conexión y componentes	NO	NO	SI
7	Circuitos internos y conexiones	NO	NO	SI
8	Bornes para conductores externos	NO	NO	SI
9	Propiedades dieléctricas:			
	Tensión soportada a frecuencia industrial	SI	NO	NO
	Tensión soportada al impulso	SI	NO	SI
10	Calentamiento	SI	SI	SI
11	Resistencia a cortocircuitos	SI	SI	NO
12	Compatibilidad electromagnética	SI	NO	SI
13	Funcionamiento mecánico	SI	NO	NO

Nota. Adaptada de Tableros a norma IEC 61439 (p. 4), por Legrand, (s. f.).

Se hace importante mención al Índice de Protección o grado de protección IP que deben tener los tableros. Así como al grado de protección IK que es referido contra impactos mecánicos. Y a una letra adicional para la protección contra el acceso a partes peligrosas.

Tabla 16*Índices de protección (IPXX)*

1a cifra: protección contra penetración de cuerpos sólidos el acceso a partes peligrosas		2a cifra: protección contra cuerpos líquidos	
IP	El calibre objeto no penetra en la carcasa	IP	
0	Sin protección	0	Sin protección
1	Protegido contra cuerpos sólidos mayores de 50 mm (por ej. contactos involuntarios de la mano)	1	Protegido contra caída vertical de gotas de agua (condensación)
2	Protegido contra cuerpos sólidos mayores de 12,5 mm (por ej. dedos de la mano)	2	Protegido contra caída de gotas de agua en ángulo de hasta 15° con la vertical.
3	Protegido contra cuerpos sólidos mayores de 2,5 mm (por ej. Herramientas, tornillos)	3	Protegido contra el agua de lluvia en ángulo de hasta 60° con la vertical.
4	Protegido contra cuerpos sólidos mayores de 1 mm (por ej. Herramientas finas y cables pequeños)	4	Protegido contra proyecciones de agua en todas direcciones.
5	Protegido contra el polvo (sin sedimentos perjudiciales)	5	Protegido contra chorros de agua de manguera en todas direcciones.
6	Totalmente protegido contra el polvo.	6	Totalmente protegido contra proyecciones de agua similares a golpes de mar.
		7	Protegido contra los efectos de la inmersión.
		8	Protegido contra los efectos de la inmersión prolongada en condiciones específicas.

Nota. Adaptada de Tableros a norma IEC 61439 (p. 16), por Legrand, (s. f.).

Tabla 17*Índices de protección (IPXX) – Letra adicional*

Letra adicional: protección contra el acceso a partes peligrosas (calibre-objeto CEI 61032)	
IP	La sonda de accesibilidad se queda a suficiente distancia de las partes activas
A	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con el calibre-objeto esfera de 50 mm.
B	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con el dedo de prueba articulado 12 mm.
C	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con la varilla de ensayo de 2,5 mm.
D	Protegido contra el acceso a partes peligrosas con la varilla de ensayo de 1 mm.

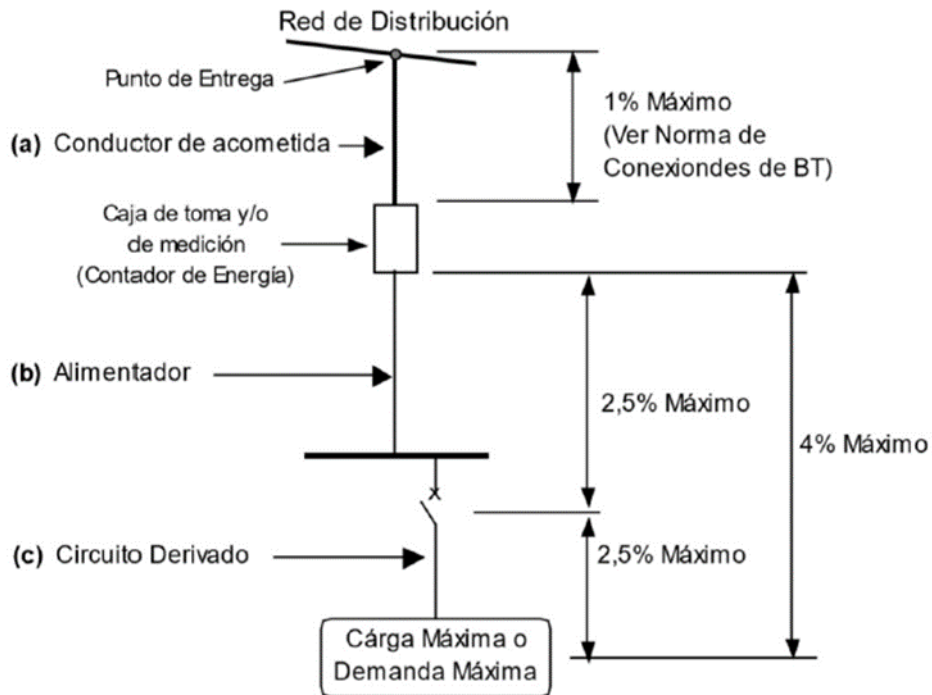
Nota. Adaptada de Tableros a norma IEC 61439 (p. 16), por Legrand, (s. f.).

2.6 Alimentadores

El Código define el alimentador como la porción del circuito eléctrico comprendida entre la caja de toma o de conexión y los circuitos derivados.

Las indicaciones o normas para su correcta instalación están cubiertas por la Sección 050 – Cargas de Circuitos y Factores de Demanda.

- La caída de tensión de los conductores del alimentador no debe superar el 2.5% y la suma de caída de tensión del alimentador y de los circuitos derivados no debe ser mayor del 4%.
- La corriente nominal del alimentador será el menor valor resultante entre la capacidad nominal de la protección contra sobrecorrientes del circuito y la capacidad nominal de los conductores.
- El valor calculado de la carga para el alimentador debe ser considerado como una carga continua.
- La capacidad mínima de los conductores de acometidas y/o de los alimentadores se basan en la máxima demanda, calculada como se indica en el apartado 2.3 Cálculo de la demanda.

Figura 6*Caída de tensión – Porcentajes permitidos*

Nota. Tomada de Curso de Instalaciones Eléctricas Industriales, por TECSUP, (2023).

El Código Eléctrico Colombiano hace referencia a los alimentadores en su Sección 215, donde cubre los requisitos de instalación, capacidad de corriente y calibre mínimo de los conductores de los alimentadores.

- La capacidad de corriente mínima y calibres mínimos de los conductores se deben basar en lo calculado en la máxima demanda.
- Las autoridades competentes pueden solicitar un diagrama de alimentadores, el cual se debe presentar antes de la instalación. Debe contar además con el área total de la edificación, la carga total antes y después de aplicar los factores de demanda (especificados también) y el tipo y calibre de los conductores a utilizar.
- Si los circuitos ramales (también llamados circuitos derivados) requieren de una conexión de puesta a tierra, el alimentador debe prever un medio para este fin según normativa.

Luego de calcular la sección de los conductores para los alimentadores, lo siguiente es la selección de las canalizaciones.

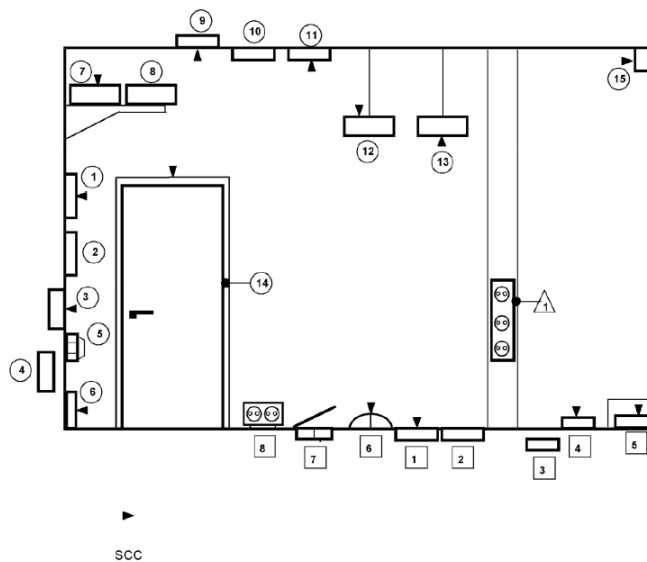
La canalización se define como el elemento diseñado para portar los cables y/o alambres y se debe elegir cuidadosamente según las siguientes consideraciones:

- Tipo de instalación y entorno. Puede ser en interior o en exterior y debe resistir algunas condiciones como la temperatura ambiente, la temperatura bajo tierra, la humedad, corrosión, etc.
- La capacidad de corriente, la cual establecerá la sección del conductor y a su vez el tamaño o diámetro de la canalización, para evitar amontonamiento, atasco y/o sobrecalentamiento de los cables.
- La protección mecánica y resistencia al fuego suficiente para proteger a los conductores de cualquier deterioro. Deben cumplir, por ejemplo, la normativa internacional IEC 60331 referida a pruebas de resistencia al fuego tanto para cables como para las canalizaciones.
- La normativa nacional e internacional. En el Perú se debe respetar las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) por ejemplo, mientras que en Colombia se debe respetar las mencionadas en la NTC 2050 – Código Eléctrico Colombiano. Y a nivel internacional en general, respetar las normas IEC (International Electrotechnical Commission), pero se hace importante mención a la Asociación Española de Normalización (AENOR) con el documento de Canalizaciones eléctricas y sus sistemas de instalación de Torres Gonzáles (2015), donde define y diferencia dos tipos de canalizaciones: el sistema de canales para cables (SCC) y los sistemas de conductos cerrados de sección no circular para cables (SCNC), ambos destinados a la colocación y tendido de conductores y cables con la finalidad de protegerlos.

En la Figura 7 se muestran los distintos tipos de SCC y SCNC.

Figura 7

Distintos tipos de SCC y SCNC



Nota. Adaptada de Canalizaciones eléctricas y sus sistemas de instalación, por Torres Gonzales, (2015).

Tabla 18*Leyenda – Distintos tipos de SCC y SCNC*

Leyenda		
Ítem	Tipo	Instalación
N° dentro de un círculo	SCC/SCNC	En paredes y techos
N° dentro de un cuadrado	SCC/SCNC	En suelos
N° dentro de un triángulo	SCC/SCNC	Entre dos superficies opuestas

Nota. Adaptada de Canalizaciones eléctricas y sus sistemas de instalación, por Torres Gonzales, (2015).

- Todas las consideraciones antes mencionadas definirán el material de la canalización a utilizar según sea el caso. Comúnmente se utilizan canalizaciones de PVC o de acero galvanizado. Difiere un material del otro por su resistencia, durabilidad, manejabilidad, etc.
- La facilidad de instalación y posteriormente de su mantenimiento.

2.7 Circuitos derivados

La definición de circuito derivado según el Código es un conjunto de conductores ubicados entre el último dispositivo de protección y la salida.

Para los circuitos derivados se debe tener en cuenta el dimensionamiento de los conductores para que sean capaces de tolerar la carga eléctrica resultante de los cálculos anteriores.

Cada circuito derivado debe contar con algún dispositivo de protección como interruptores automáticos o fusibles para prevenir cualquier incidente eléctrico.

Es importante que cada circuito derivado esté correctamente identificado, con la finalidad de facilitar su localización y posterior mantenimiento.

Es una recomendación, pero en Perú es casi un proceso establecido, que los circuitos derivados de tomacorrientes y de iluminación estén separados, es decir, que sean independientes. Se busca la facilidad de mantenimiento y además minimizar las interferencias eléctricas y los problemas que puedan surgir a raíz de ello.

Para el caso específico de escuelas, se suele tener más de dos circuitos derivados. Además de los mencionados anteriormente, se puede tener circuitos derivados de equipos audiovisuales, de sistemas de climatización, de computadoras, entre otros.

Pero existe una situación importante sobre el alumbrado de emergencia en el país. Tanto la normativa nacional como internacional indica que las luces de emergencia están diseñadas para funcionar de manera autónoma tras un corte de energía. Esto sugiere que exista un circuito derivado independiente, pero en la práctica se encuentra muchas veces que estas luminarias están dentro del circuito de iluminación, lo que significa comprometer evidentemente su autonomía.

En el Perú, ante la falta de normativa específica sobre el tema y también por el costo que supone la creación de un nuevo circuito, se unifica las luminarias normales con las de emergencia. Pero esto supone un riesgo de seguridad.

La normativa internacional como la NFPA 101 y la IEC 60364 sí indican puntualmente que el sistema de iluminación de emergencia opere de forma independiente en un circuito separado de la iluminación general. Además de indicar que las luces de emergencia deben contar con una fuente de energía autónoma como baterías o generadores.

Por su parte, en Colombia, no se conoce como circuitos derivados sino como circuitos ramales, y su definición en el Código Eléctrico Colombiano es básicamente la misma que en el Código Eléctrico Peruano, aunque sí diferencia varios tipos de circuitos ramales.

En la Sección 210. Circuitos ramales, indica que estas disposiciones son aplicables a circuitos ramales con cargas combinadas. Pero, para circuitos con fines específicos se tiene que aplicar otros criterios que sustituyen o complementan a los anteriores.

Tabla 19

Circuitos ramales con fines específicos

	Sección	Artículo
Anuncios eléctricos e iluminación de contorno		600-6
Ascensores, montacargas, escaleras y pasillos móviles; ascensores y elevadores para sillas de ruedas.		620-61
Casas móviles, casas prefabricadas y estacionamientos para casas móviles.	550	
Circuitos de Clase 1, Clase 2 y Clase 3 de control remoto, de señalización y de potencia limitada.	725	
Circuitos y equipos que funcionan a menos de 50 V.	720	
Computadores/equipos de procesamiento de datos.		645-5
Conductos de barras.		364-9
Cuadros de distribución y paneles de distribución.		384-32

	Sección	Artículo
Distribución de potencia en lazo cerrado y programada.	780	
Equipo de aire acondicionado y refrigeración		440-6
		440-31
		440-32
Equipo de calefacción central, excepto equipo de calefacción eléctrica fija de ambiente.		422-7
Equipo de calefacción eléctrica fija de ambiente.		424-3
Equipo de calefacción industrial por lámparas de infrarrojos.		422-15
		424-3
Equipo de calefacción por inducción y pérdidas en el dieléctrico.	665	
Equipo eléctrico exterior fijo de deshielo y fusión de la nieve.		426-6
Equipos de grabación de sonido y similares.		640-6
Equipos de rayos X.		660-2
		517-73
Estudios de cine y de televisión y lugares similares.	530	
Grúas y elevadores.		610-42
Motores, circuitos de motores y controladores.	430	
Órganos eléctricos de tubos.		650-6
Puertos y embarcaderos.		555-4
Sistemas de alarma contra incendios.	760	
Soldadores eléctricos.	630	
Teatros, zonas de espectadores en estudios cinematográficos y de televisión y lugares similares.		520-41
		520-52
		520-62
Vehículos recreativos y parques de vehículos recreativos.	551	

Nota. Adaptada de Norma Técnica Colombiana NTC 2050 (p. 144), por ICONTEC, (1998).

Los circuitos ramales a los que hace referencia esta sección están clasificados bajo alguno de los siguientes dos criterios: según la capacidad de corriente máxima o según el valor de ajuste del aparato de protección contra sobrecorriente.

2.8 Protecciones

Las protecciones eléctricas son dispositivos diseñados para garantizar la seguridad tanto de las instalaciones eléctricas como también de las personas que las operan. Existen protecciones para proteger contra distintas fallas: frente a la sobrecorriente (sobre carga y corto circuito), a la sobretensión, a fallas de aislamiento, al arco eléctrico, entre otros.

Su correcta aplicación e instalación de cada tipo, está regida por el Código.

2.8.1 Interruptor termomagnético

Es el encargado de interrumpir el flujo de corriente en el circuito en caso de que se produzca una sobrecarga o cortocircuito.

Como su nombre lo indica, es un aparato que combina dos mecanismos de disparo: un mecanismo térmico y un mecanismo magnético, siendo este último más rápido y actuando casi de manera instantánea frente a la falla.

Para una correcta selección de un interruptor termomagnético se deben tener en cuenta tres factores importantes: la corriente nominal (I_n), la capacidad de interrupción (I_{cu}) y las curvas de disparo. El primero define la corriente máxima que puede circular por el dispositivo sin que se dispare. El segundo es la capacidad del interruptor de cortar una corriente de cortocircuito sin que sufra daño alguno. Y finalmente, la curva de disparo determina la sensibilidad frente a sobrecargas y cortocircuitos según el tipo de carga que proteja (curva B, curva C o curva D).

2.8.2 Interruptor diferencial

El interruptor diferencial (ID) o interruptor de falla a tierra (GFCI por sus siglas en inglés de Ground Fault Circuit Interrupter), es un dispositivo diseñado para la protección de las personas frente a los riesgos de electrocución y su función es la de interrumpir de manera automática e inmediata la corriente del circuito en un tiempo establecido, cuando se sobrepasen los valores predeterminados.

Según la Regla 150-400 del Código Nacional de Electricidad-Utilización (2006), todo equipo de utilización conectado debe poseer un interruptor diferencial de al menos 30 mA en el tablero de distribución. No se permite ninguno de mayor umbral de operación. Al contrario, si es de un menor umbral será mejor. Y deberá estar ubicado aguas abajo del interruptor automático termomagnético.

El diferencial de 30 mA es considerado de alta sensibilidad y es el que generalmente se utiliza, pero en algunos casos como el de guarderías, se utiliza un diferencial de muy alta sensibilidad cuyo umbral es de 10 mA. Esto para salvaguardar el bienestar de los bebés y niños.

Cuando la instalación cuente con más de tres circuitos derivados, se podrán agrupar de tres y en cada grupo colocar un diferencial de 30 mA. Pero si se desea mejorar la confiabilidad del servicio del sistema, se recomienda instalar un interruptor diferencial de 30 mA en todos y cada uno de los circuitos derivados.

2.8.3 Fusibles

Otra protección, y probablemente la más antigua en sistemas eléctricos son los fusibles. Estos protegen contra sobrecargas y cortocircuitos y se definen como pequeños conductores con resistencia superior, pero con un punto de fusión más bajo comparado con los conductores del circuito.

Su principio de funcionamiento tiene que ver directamente con su bajo punto de fusión. Cuando la corriente que circula por el fusible excede un valor permitido, este se funde y se evapora parcialmente, lo que provoca que se interrumpa el paso de la corriente protegiendo así los siguientes elementos en el sistema.

Existe una amplia variedad de fusibles por lo cual la utilización de uno u otro dependerá del campo de aplicación. A continuación, se detalla en la Tabla 20 las series de fusibles americanas y europeas.

Tabla 20

Utilización de fusibles

Utilización		Capacidad de interrupción [kA]	Serie Americana	Serie Europea
Uso General (Alumbrado, Fuerza, Calefacción)	Tensión	50	Clase K	Neozed
		100	Clase K	
		120		NH - gG
		200	Clases J, RK5, RK1, K	
Protección de Acometidas, Alimentadores y Circuitos Derivados	Menos de 690 V	100-120		NH - gG
	Más de 600 A	200	Clase L	
	Menos de 600 A	200	Clases J, RK1	
Protección de Motores		120		NH - aM
		200	Clases L, J, RK5, RK1	
Protección de Transformadores	Baja Tensión	100		NH - gTr
		200	Clase L	

Utilización		Capacidad de interrupción [kA]	Serie Americana	Serie Europea
			Clase J	
			Serie E	
	Media Tensión	50-63	Serie E	
	Control	200	Clase CC	
Protección de Semiconductores, Circuitos Electrónicos	440 - 500 V	100		(D, DO) - gR
	500 - 690 V			NH - aR
Protección de Circuitos de Control		200	Clase CC	
		10, 50, 100	Midget	

Nota. Adaptada de Código Nacional de Electricidad - Utilización (p. 612), por Ministerio de Energía y Minas, (2006).

2.8.4 Puesta a tierra

Su función es la de llevar a tierra toda corriente de falla que pueda existir, facilitando así la operación de los equipos y del sistema. Además, se instala con el propósito de proteger la integridad del usuario de las consecuencias que pueda ocasionar una descarga eléctrica.

La Sección 060 del Código se refiere puntualmente a la Puesta a Tierra de Sistemas y Enlace Equipotencial.

La puesta a tierra que se utiliza generalmente en el Perú es la de electrodo artificial, exactamente de electrodo de varilla. La sección 060-702 (3) indica las características con las que debe contar:

- Debe ser de un material aprobado, cobre generalmente, aunque puede ser alguna combinación entre acero y cobre. El diámetro no menor a 16 mm para acero-cobre y no menor a 13 mm para electrodos de cobre puro.
- La longitud debe ser como mínimo 2 m. En Perú se utilizan las varillas de 2.40 m.
- La superficie superior de la varilla debe estar completamente limpia, no se debe cubrir con algún material que afecte su conductividad.
- La profundidad que debe alcanzar la varilla, sin importar su tamaño o cantidad, debe ser no menor a 2.5 m.

La finalidad de la puesta a tierra, dicho de manera sencilla, es darle a la corriente un camino fácil para que fluya por ahí y no por caminos en donde pueda afectar al sistema,

máquinas o personas. Por lo tanto, su resistencia medida en ohmios (Ω), debe ser la menor posible.

Pero este factor dependerá del suelo en donde se instale la puesta a tierra, pues cada uno de estos suelos cuenta con una resistividad media distinta.

Generalmente el suelo por sí solo no cumple con valores bajos de resistencia, por lo que se opta por mezclarlo con materiales altamente conductivos. En el país, hasta hace algunos años, se utilizaba una combinación de bentonita, carbón, yeso y sal gruesa de mar para el relleno de una puesta a tierra. Pero en la actualidad ya existen productos en el mercado que sustituyen, y sobre todo ofrecen un mejor rendimiento frente a la combinación mencionada anteriormente. El cemento conductivo es uno de estos productos, por ejemplo.

Tabla 21

Resistividades medias de terrenos típicos

Terreno	Símbolo del terreno	Resistividad media [Ω -m]
Grava de buen grado, mezcla de grava y arena	GW	600 - 1000
Grava de bajo grado, mezcla de grava y arena	GP	1000 - 2000
Grava con arcilla, mezcla de grava y arcilla	GC	200 - 400
Arena con limo, mezcla de bajo grado de arena con limo	SM	100 - 500
Arena con arcilla, mezcla de bajo grado de arena con arcilla	SC	50 - 200
Arena fina con arcilla de ligera plasticidad	ML	30 - 80
Arena fina o terreno con limo, terrenos elásticos	MH	80 - 300
Arcilla pobre con grava, arena, limo	CL	25 - 60
Arcilla inorgánica de alta plasticidad	CH	10 - 55
<i>Considerar que estas resistividades están fuertemente influenciadas por la presencia de humedad.</i>		

Nota. Adaptada de Código Nacional de Electricidad - Utilización (p. 658), por Ministerio de Energía y Minas, (2006).

Los valores mostrados han sido extraídos de documentación brindada por un curso virtual de sistema de puesta a tierra.

Tabla 22

Valores máximos de resistencia de puesta a tierra según su uso

Uso para	Valor máximo de resistencia de puesta a tierra
Servicio doméstico	9 - 15 Ω
Servicio doméstico moderno	6 - 9 Ω
Servicio de oficina	3 - 6 Ω
Servicio de red de procesamiento	2 - 3 Ω
Servicio de comunicaciones	< 2 Ω
Servicio médico	< 2 Ω

Nota. Adaptada de Sistema de Puesta a Tierra, por TECSUP, (2023).

2.8.5 Regímenes de neutro

Ligado a la puesta a tierra, es importante mencionar también los esquemas de conexión a tierra en BT o regímenes de neutro, que es básicamente cómo se encuentra conectado el neutro del sistema eléctrico en relación con la tierra. Este tipo de conexión definirá la forma en que se gestionan las fallas a tierra.

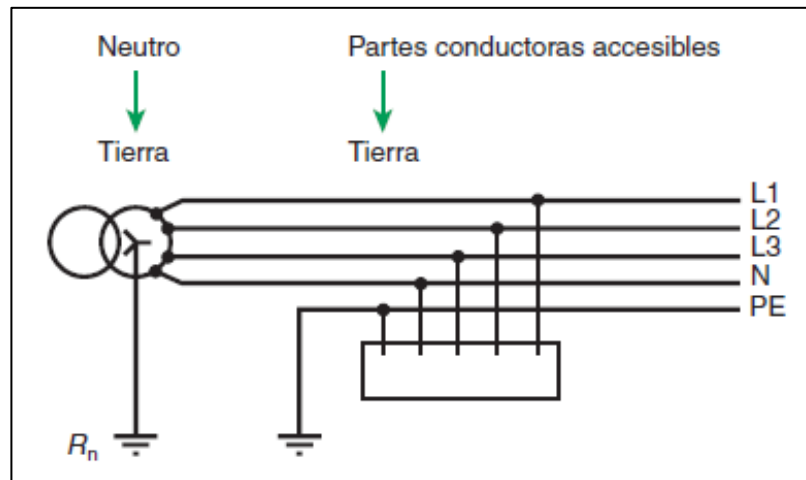
Para identificar los tipos de esquema de conexión, se utilizan dos letras:

- La primera referida a la conexión del neutro del transformador, T para indicar que está conectado a tierra e I para indicar que está aislado de tierra.
- La segunda se refiere al tipo de conexión de las masas de los receptores, con dos situaciones posibles, T para indicar que la masa está conectada directamente a tierra y N para indicar que la masa está conectada a tierra.

La combinación de las dos letras antes mencionadas da como resultado tres configuraciones posibles, las cuales están definidas por la Guía de Schneider, de la siguiente manera:

- Esquema TT (conductor neutro conectado a tierra)

La fuente de alimentación se conecta desde algún punto de manera directa a tierra, mientras que las partes conductoras accesibles y extrañas se conectarán a una toma de tierra distinto al de la instalación.

Figura 8*Esquema TT (conductor neutro conectado a tierra)*

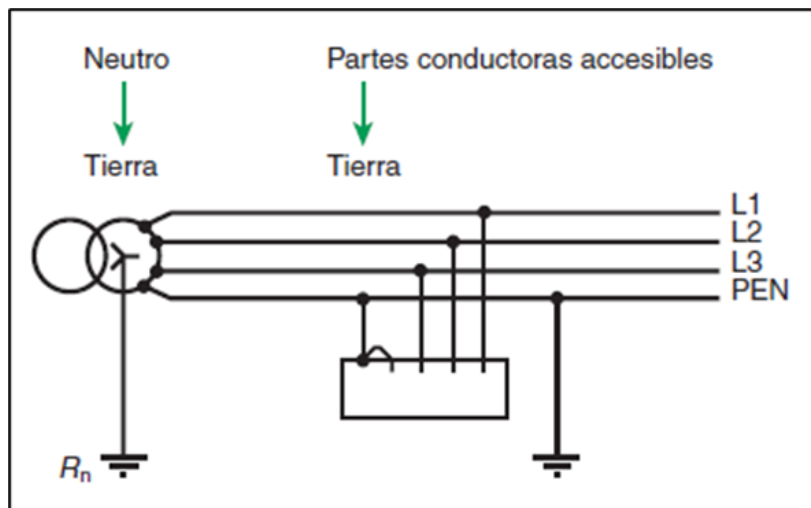
Nota. Tomada de Electrical Installation Guide: According to IEC International Standards (p. 156), por Schneider Electric, (2016).

- Esquema TN (partes conductoras accesibles conectadas al conductor neutro)

La fuente se conecta de manera similar al esquema TT y las partes conductoras accesibles y extrañas se conectarán al conductor neutro.

Este esquema tiene 3 variantes:

Esquema TN-C: Este sistema no es permitido para conductores con sección menor a 10mm^2 ni para dispositivos portátiles. Se utiliza el conductor neutro también como conductor de protección y se denomina conductor PEN, el cual deberá ser conectado a una serie de electrodos de tierra separados a intervalos.

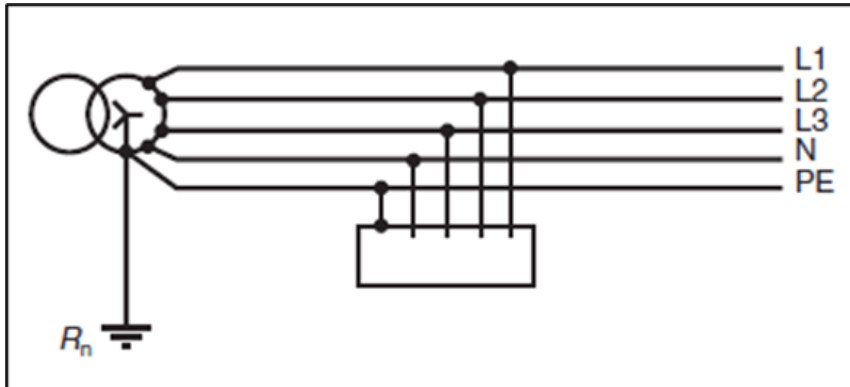
Figura 9*Esquema TN-C*

Nota. Tomada de Electrical Installation Guide: According to IEC International Standards (p. 156), por Schneider Electric, (2016).

Esquema TN-S: De 5 hilos, el cual es de carácter obligatorio para equipos portátiles que posean una sección transversal por debajo de los 10mm^2 . El conductor neutro y el de protección son independientes.

Figura 10

Esquema TN-S

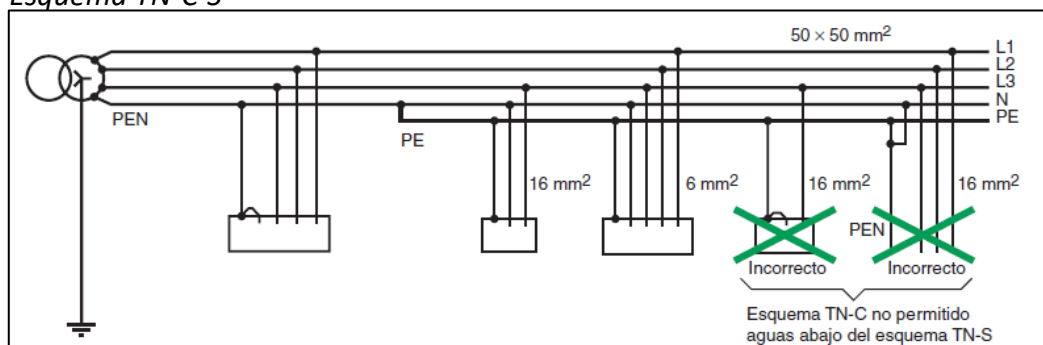


Nota. Tomada de Electrical Installation Guide: According to IEC International Standards (p. 156), por Schneider Electric, (2016).

Esquema TN-C-S: El esquema TN-C y el esquema TN-S pueden ser utilizados en la misma instalación, pero el TN-C nunca se debe ubicar aguas abajo del TN-S porque significaría un peligro si ocurriese una interrupción en el conductor neutro aguas arriba.

Figura 11

Esquema TN-C-S



Nota. Tomada de Electrical Installation Guide: According to IEC International Standards (p. 156), por Schneider Electric, (2016).

- Esquema TN (partes conductoras accesibles conectadas al conductor neutro)

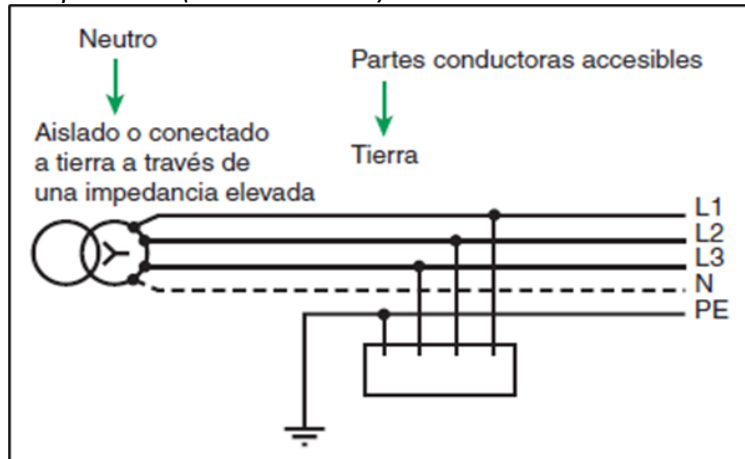
En esta configuración el punto neutro de la fuente de alimentación no está conectado a tierra, pero las partes conductoras accesibles y extrañas se conectarán a una toma de tierra.

Este esquema cuenta con dos variantes:

Esquema IT (neutro aislado): No existe conexión entre el punto neutro de la fuente de alimentación y tierra. Además, las partes conductoras accesibles y extrañas del sistema van a una toma a tierra.

Figura 12

Esquema IT (neutro aislado)

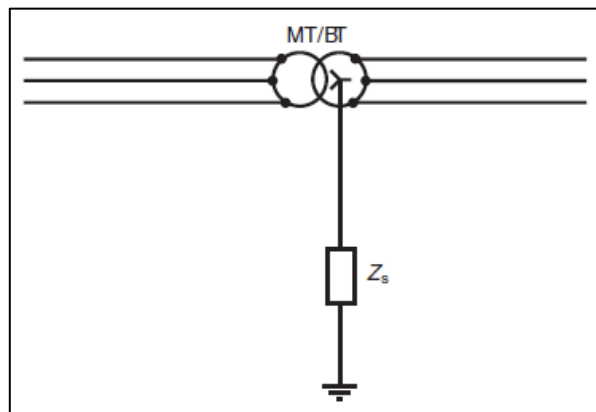


Nota. Tomada de Electrical Installation Guide: According to IEC International Standards (p. 157), por Schneider Electric, (2016).

Esquema IT (neutro con conexión a tierra de impedancia): Se conecta de forma permanente una impedancia denominada Z_s con un valor de entre 1000 y 2000 Ω entre el punto neutro del devanado de baja tensión del transformador y tierra. Y las partes conductoras accesibles y extrañas se deberán conectar a una toma de tierra

Figura 13

Esquema IT (neutro con conexión a tierra de impedancia)



Nota. Tomada de Electrical Installation Guide: According to IEC International Standards (p. 156), por Schneider Electric, (2016).

Finalmente, para mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico, lo que se realiza es una combinación de protecciones en serie. Por ejemplo, se puede conectar un interruptor o fusibles, con otro interruptor aguas abajo.

2.9 Especificaciones técnicas de materiales

Las especificaciones técnicas se definen como el conjunto de requisitos que debe reunir un elemento, servicio, proceso o sistema para satisfacer de manera correcta y segura su finalidad.

En este caso, son las características mínimas de calidad con las que debe contar cada elemento del sistema eléctrico.

Tanto en Perú como en Colombia, estas especificaciones técnicas dependen de 3 factores importantes.

- El primero es la normativa internacional establecida tal como las que proporciona la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA) de los Estados Unidos y otras organizaciones relacionadas al diseño, fabricación y seguridad de los elementos empleados para instalaciones eléctricas.
- El segundo factor es la normativa nacional. En Perú, estas especificaciones técnicas se pueden encontrar en el Reglamento Nacional de Instalaciones Eléctricas (RENEI). Por otro lado, para el caso de Colombia, las normas técnicas son elaboradas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). Están elaboradas para una variedad de productos y servicios, pero se incluye los elementos eléctricos. El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) puede adoptar estas normas y brindar información más detallada.
- El tercer y último factor es de igual importancia que los anteriores. Se trata de la experiencia práctica de los profesionales dedicados al sector como ingenieros eléctricos, técnicos instaladores, etc. Esta experiencia es útil para adecuar las especificaciones de acuerdo con las condiciones de trabajo como el clima, la infraestructura existente, las prácticas o costumbres, entre otros.

Es importante recalcar que se hace referencia a una experiencia práctica que está siempre asociada al desarrollo tecnológico y a la información técnica de los fabricantes.

Además de los detalles técnicos de los equipos y materiales eléctricos, las especificaciones técnicas también describen los procesos constructivos que se realizarán a lo largo del proyecto.

El o los procesos constructivos no son más que un paso a paso de cómo efectuar una tarea. Esto con la finalidad de asegurar una ejecución de obra ordenada, eficiente y sobre todo conforme con las normativas vigentes. Comprende desde la preparación previa, los materiales y equipos a utilizar, los métodos de trabajo, los controles de calidad y hasta las medidas de seguridad que se deben cumplir.

2.10 Puesta en servicio del sistema

Una vez finalizado el proyecto y previo a la puesta en servicio del sistema, se debe cumplir con ciertos procedimientos que certifiquen que su funcionamiento será correcto y seguro.

Para la verificación, certificación y mantenimiento del sistema eléctrico en Perú, el Código hace referencia a la Norma Técnica Peruana NTP 370.304 “Instalaciones eléctricas en edificios. Verificación inicial previa a la puesta en servicio”.

Por otro lado, la normativa internacional no es distinta. Según el Anexo 4 de “Verificación de las instalaciones eléctricas” del Ministerio de Ciencia y Tecnología español, los procedimientos a seguir antes de la puesta en marcha del proyecto son los mismos.

La verificación se concibe como el grupo de medidas por medio de las cuales se constata que la instalación eléctrica terminada está conforme.

La verificación está compuesta por la inspección visual y los ensayos.

La inspección visual consiste en cerciorarse visualmente que las condiciones y materiales de ejecución son los apropiados, mientras que los ensayos o pruebas son los que determinan la eficacia de la instalación eléctrica. Para este fin se utilizan distintos instrumentos de medida, los cuales pueden obtener valores que no se consiguen con la inspección visual.

2.10.1 Verificación por inspección

Siempre debe ser el paso previo a los ensayos y generalmente se realiza cuando el sistema no tiene tensión eléctrica.

La finalidad de la inspección es la de constatar que el material eléctrico en la instalación se haya elegido e instalado correctamente según las normas aplicables. Además, que no presente ningún daño visible que pueda provocar un incorrecto funcionamiento y poner en riesgo la seguridad.

Las condiciones que se deben tomar en cuenta en la inspección, en la medida que sean aplicables, son las siguientes:

- La presencia de protecciones contra choques eléctricos (incluye las medidas de distancia).
- La existencia de barreras cortafuegos y protecciones contra efectos térmicos.

- El correcto uso de cables para las máximas intensidades previstas y las caídas de tensión.
- La presencia y calibrado de los dispositivos de protección y señalización.
- La existencia de equipos adecuados de seccionamiento y su correcta conexión.
- El uso de materiales y medidas de protección adecuadas frente a factores externos.
- El reconocimiento de los conductores neutro y de protección.
- La presencia, así como disponibilidad, de proyectos, advertencias e informaciones similares.
- La identificación de los circuitos, de fusibles, de interruptores, etc.
- La correcta realización de las conexiones de los conductores
- La facilidad de acceso que permita un cómodo funcionamiento y mantenimiento.

2.10.2 Ensayos

De manera similar a la inspección, estos ensayos se deben efectuar en la medida que sean aplicables y de preferencia en el orden que se muestra a continuación.

- Continuidad de los conductores de protección y de las uniones equipotenciales principales y suplementarias

Un ensayo de continuidad que se recomienda realizar en corriente continua o alterna con una fuente de tensión a 4 V a 24 V en vacío. La intensidad mínima de corriente debe ser de 0.2 A.

- Resistencia de aislamiento de la instalación eléctrica

Medido entre cada conductor activo y tierra.

El ensayo debe realizarse en corriente continua bajo la tensión de ensayo durante un minuto. Y para que se considere un ensayo exitoso, la resistencia de aislamiento debe ser igual o superior a los valores mostrados en la Tabla 23.

Tabla 23*Valores mínimos de la resistencia de aislamiento*

Tensión nominal del circuito (V)	Tensión de ensayo en corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (MΩ)
MBTS MBTP	250	≥ 0.25
Inferior o igual a 500 V, con excepción del caso anterior	500	≥ 0.5
Superior a 500 V	1000	≥ 1.0

Nota. Adaptada de Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, por INDECOPI, (2002).

MBTS = muy baja tensión de seguridad

MBTP = muy baja tensión de protección

- Protección por separación de circuitos en extra baja tensión de seguridad (MBTS) o cuando un circuito es alimentado por un transformador de seguridad y en el caso de protección por separación eléctrica

La separación de circuitos se puede verificar por 3 vías: la protección por empleo de la MBTS, la protección por empleo de la MBTP y la protección por separación eléctrica.

El valor entregado de la resistencia de aislamiento debe contrastarse con la Tabla 24.

- Resistencia de suelos y paredes

Algunas veces es necesario asegurar la protección de locales no conductores. Para este fin, como mínimo se deben realizar 3 mediciones. La primera es a aproximadamente 1 m de cualquier elemento conductor. Las otras dos medidas se realizarán a distancias superiores.

Para considerar el ensayo exitoso, las paredes y pisos aislantes deben tener por lo menos 50 kΩ para una tensión nominal menor a 500 V y 100 kΩ para una tensión nominal superior a 500 V.

Por lo tanto, si algún valor resulta menor al mínimo propuesto, estos elementos se consideran como conductores.

- Ensayos de polaridad

Se efectúa cuando la norma prohíbe instalar dispositivos de corte unipolares en el conductor neutro. El ensayo verifica que estos dispositivos se hayan colocado únicamente en el conductor de fase.

- Ensayo dieléctrico

Una vez finalizado el proyecto de instalación eléctrica, se debe realizar un ensayo dieléctrico o de tensión aplicada a todos los equipos conforme se indique en su manual o guía.

En el caso que no se especifique normas peruanas o IEC, se utilizarán las siguientes tensiones para realizar el ensayo. Estas tensiones se aplicarán durante un minuto y sin que ocurra alguna falla o ruptura del dieléctrico.

Tabla 24

Tensiones de ensayo

U* (V eficaz)	Aislamiento básico	Aislamiento suplementario	Aislamiento reforzado
50	500	500	750
133	1 000	1 000	1 750
230	1 500	1 500	2 750
400	2 000	2 000	3 750
690	2 750	2 750	4 500
1 000	3 000	3 500	5 500

Nota. Adaptada de Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, por INDECOPI, (2002).

*U = Tensión entre fase y neutro en sistemas con neutro, tensión entre fases en sistemas sin neutro.

Si en el proceso algún ensayo resulta negativo, se debe corregir el defecto y realizar nuevamente este ensayo y los anteriores, puesto que pudo afectar en los resultados iniciales.

2.11 Mantenimiento del sistema

El mantenimiento está definido como el conjunto de acciones u operaciones que tienen la finalidad de preservar algún objeto o de restaurarlo para que siga cumpliendo, de manera eficiente, con su función original.

En este caso, para el sistema eléctrico, se deben realizar mantenimientos para que no se interrumpa el flujo eléctrico en ningún momento y también para asegurarse que todos los dispositivos de protección estén funcionando correctamente.

Existen varios tipos de mantenimiento, pero se hará referencia únicamente a dos.

- **Mantenimiento preventivo**

Como su mismo nombre lo indica, es el que busca prevenir los desperfectos, disminuyendo así la probabilidad de que el sistema falle. Son actividades realizadas de forma periódica sin importar el estado del artículo en cuestión. Estas actividades se pueden determinar por varios factores, entre ellos: el paso del tiempo, las horas de servicio, la cantidad de producción, el kilometraje, organismos reguladores, etc.

Es importante resaltar que este proceso debe ser realizado por personal calificado.

Lo que se debe verificar especialmente en las instalaciones eléctricas son las conexiones y estado de los dispositivos de protección, el estado de los cables, la preservación de las disposiciones adoptadas inicialmente y de las características de los circuitos.

- **Mantenimiento correctivo**

Es la manera más básica de realizar un mantenimiento y tiene lugar cuando algún elemento de la máquina o sistema ha fallado. Lo que se hace es reparar la pieza fallada o en su defecto reemplazarla por una nueva para que siga funcionando de manera normal.

Muchas veces la reparación será tediosa, ocupará mucho tiempo u ocupará muchos recursos, por lo que se prefiere la sustitución del elemento. Con esto último se disminuye el tiempo de para de actividades y se obtiene una mejor confiabilidad.

En sistemas eléctricos, toda instalación o parte que haya fallado y se convierta en peligrosa, se debe desenergizar de inmediato y no ponerla en servicio hasta que se haya reparado de manera correcta.

Cualquier falla que ocurra se debe comunicar al personal responsable para su posterior reparación, principalmente cuando los elementos de protección actúen sin causas conocidas.

Capítulo 3

Caso aplicativo: IE N° 15177 – José Olaya Balandra

El presente capítulo tiene como finalidad la aplicación de la metodología desarrollada a lo largo de este trabajo, a una institución educativa real ubicada en el departamento de Piura.

Los planos y demás documentos necesarios serán presentados como anexos y debidamente referenciados para un mejor entendimiento. Mientras que los cálculos y otros documentos de elaboración propia, necesarios para llevar a cabo la metodología, se mostrarán en el apartado de apéndices.

En lo que respecta al desarrollo, inicialmente se hará uso de la metodología propuesta y a continuación se presentarán los cálculos y algunos extractos de documentos originales del expediente técnico del proyecto de la institución educativa.

Finalmente se realizará una comparación de ambos casos, comentarios de los resultados obtenidos y algunas recomendaciones generales.

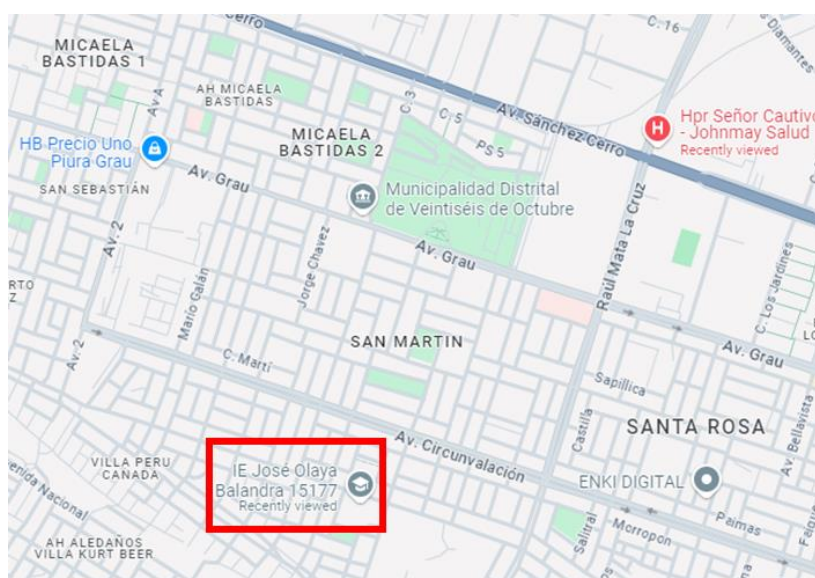
3.1 Descripción del centro educativo

La institución educativa N° 15177 “José Olaya Balandra” está ubicada en la Av. Juan Velasco Alvarado Mz. X8 lote 1 sector 8 en el distrito de veintiséis de octubre de la provincia de la Piura, departamento de Piura.

Cuenta con un área total de 13 231.14 m² para ofrecer educación en los niveles de inicial-jardín, primaria y secundaria.

Figura 14

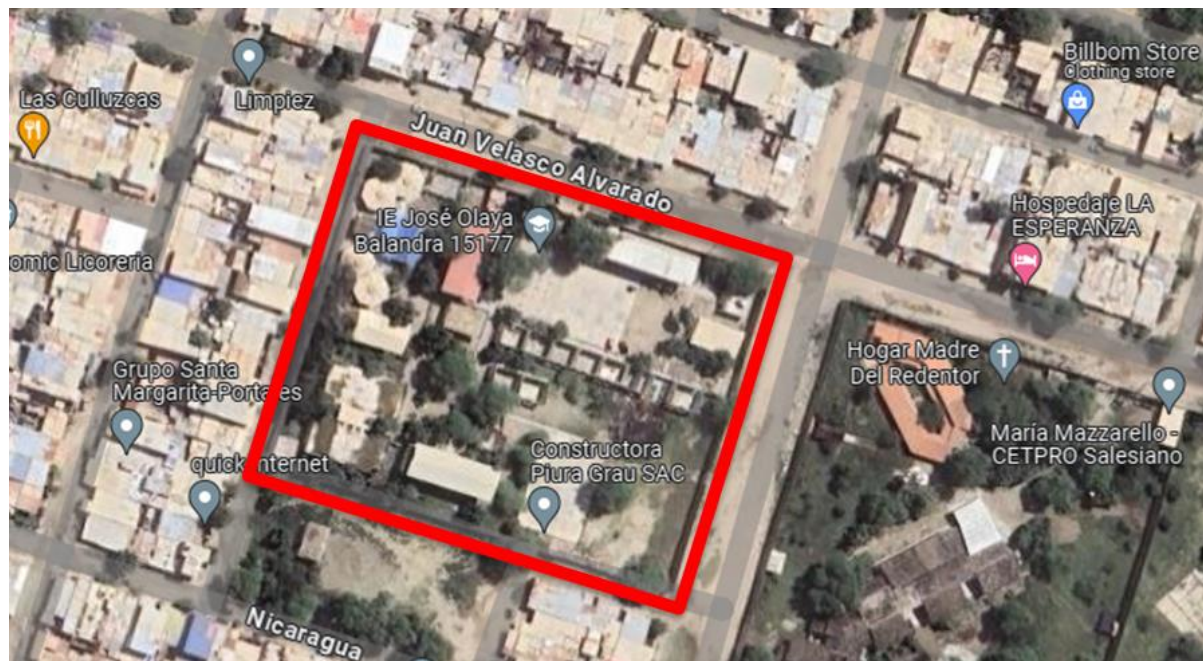
Ubicación I – IE José Olaya Balandra 15177



Nota. Adaptada de Google, (s.f.).

Figura 15

Ubicación II – IE José Olaya Balandra 15177



Nota. Adaptada de Google, (s.f.).

3.2 Cálculo de la demanda

El cálculo de la demanda se realizó de las tres maneras que se muestran en el desarrollo de la investigación.

- Primer cálculo realizado por el método uno según la normativa peruana, así como lo indica el apartado 2.3.1. de este proyecto (Véase en el Apéndice A).
- Segundo cálculo realizado por el método uno según la normativa colombiana, indicada en el apartado 2.3.1. también (Véase en el Apéndice B).
- Tercer cálculo realizado por el método dos, considerando cargas instaladas y factores de operación, referente al apartado 2.3.2. (Véase en el Apéndice C).

Luego de comparar y analizar los tres cálculos, se elige el realizado por el método dos de cargas instaladas y factores de operación. Esto debido a que el método uno de cálculo según normativa, ya sea en Perú o en Colombia, de alguna manera sobredimensiona los valores de la demanda porque no se consideran factores de utilización ni de simultaneidad. Traducido a la realidad sería muy costoso y no se estaría aplicando un juicio correcto.

Para el cálculo del método elegido se utilizaron tres factores de simultaneidad, el primero correspondiente al número de circuitos, el segundo referente a la función del circuito y el tercero uno propio del diseñador que se aplica a los tableros que derivan del tablero general. Además, un factor de demanda que también es elegido por el diseñador del sistema, con un valor de 0.4 en este caso.

Comparando con el expediente técnico, también se utilizaron tres factores de simultaneidad, obedeciendo a las mismas normativas y criterios antes mencionados, con diferencia en el factor de demanda, el cual es variante entre 0.4 y 0.6.

En la siguiente tabla se muestra un cuadro resumen.

Tabla 25

Comparativa: Valores de cálculos propios vs. Valores según expediente técnico

Valores de cálculos propios	Valores según expediente técnico
Potencia instalada 171.73 kW	Potencia instalada 164.96 kW
Máxima demanda 39.11 kW	Máxima demanda 39.61 kW

Como se puede evidenciar, el valor final de la máxima demanda calculado por la metodología propuesta difiere en 0.5 kW por debajo del valor correspondiente al expediente técnico. Al ser valores muy cercanos entre sí, se puede concluir que es un valor real y correctamente calculado, producto de seguir y respetar la normativa.

La variación entre uno y otro valor es causa del criterio de cada diseñador y en este caso, también de los ajustes y propuestas de la metodología.

3.3 Suministro eléctrico

Dado que el colegio no será una construcción totalmente nueva y ha estado funcionando con normalidad, no se debe solicitar una factibilidad de servicio eléctrico desde cero como se propone inicialmente en la metodología planteada. La energía se debería tomar sin problemas de la red eléctrica pública.

Lo que sí se debe evaluar es si esta remodelación de la institución necesitará de una mayor potencia. Como ese es el caso, entonces se procede a contactar con la autoridad competente (ENOSA), para solicitar los requisitos y el proceso a seguir para la ampliación de potencia y/o cambio de servicio monofásico a trifásico.

Según la documentación del proyecto, sí se efectuó una solicitud de factibilidad eléctrica con una nueva demanda para proceder con la elaboración del expediente técnico. En este caso, por asuntos burocráticos, el consultor que elabora el expediente no hace la solicitud directamente con ENOSA. Es el encargado del proyecto, el Gobierno Regional de Piura quien presenta la solicitud a la empresa eléctrica.

La persona que envía la solicitud es un profesional, ingeniero mecánico eléctrico, y la documentación que adjunta es como a continuación se detalla:

- DNI del profesional responsable
- Habilidad profesional del ingeniero
- Cuadro de máxima demanda
- Plano de ubicación
- Recibo de luz

3.4 Conexión a la red

En vista de que se solicitó una ampliación de potencia a la empresa distribuidora de energía, esta debe cerciorarse que para la nueva demanda se cuente con todo lo necesario y además se cumpla con la normativa. Debe verificar que la caja de acometida se encuentre en buen estado y que los conductores sean los ideales para soportar las nuevas cargas sin ningún problema. De no ser el caso, se deben reemplazar los elementos por otros que sí cumplan con los requerimientos y aseguren un buen funcionamiento. Finalmente, cerciorarse de que la conexión sea inaccesible para personal no calificado.

El tipo de conexión a la red que se debe considerar para el proyecto será una con un nivel de tensión de 220/380 V en media tensión, trifásico y de red aérea.

En lo que respecta al expediente técnico, indica que la conexión a la red se provee a través de un sistema de utilización en Media Tensión, el cual abastece al asentamiento humano Nueva Esperanza. La institución educativa cuenta con un transformador de 50 kVA (40 kW) para un factor de potencia de 0.8. Tensión nominal en baja tensión de 3x220 V, sistema trifásico.

Este suministro trifásico de 220 V, 60 Hz y con demanda de 39.61 kW se efectúa desde la subestación aérea monoposte, ubicada dentro de la institución educativa y para uso exclusivo de la misma.

3.5 Ubicación de tableros

Los tableros que se sugiere utilizar son tableros metálicos con puerta frontal para empotar en pared, con un adecuado índice de protección (IP), para resguardar los cables, interruptores y dispositivos de protección en su interior.

Las dimensiones de cada tablero dependerán de la cantidad de elementos que se deban instalar dentro. El tamaño del tablero se determina según el número de polos.

Siguiendo la normativa y experiencias, se recomienda:

- Colocar los tableros a una altura prudente, sobre todo en los espacios dedicados a la educación inicial, para evitar cualquier accidente.

- Mantener siempre cerrados los tableros. El acceso al mismo solo debe ser permitido a personas calificadas.
- Señalizar correctamente y de manera visible cada uno de los tableros.
- Colocar un tablero por cada piso del edificio, en un lugar donde todos los circuitos puedan concentrarse sin problema. Ubicar en la pared correspondiente al escritorio del docente o en frente, en la pared final del aula.

Figura 16

Detalle de salidas – Ubicación de tableros

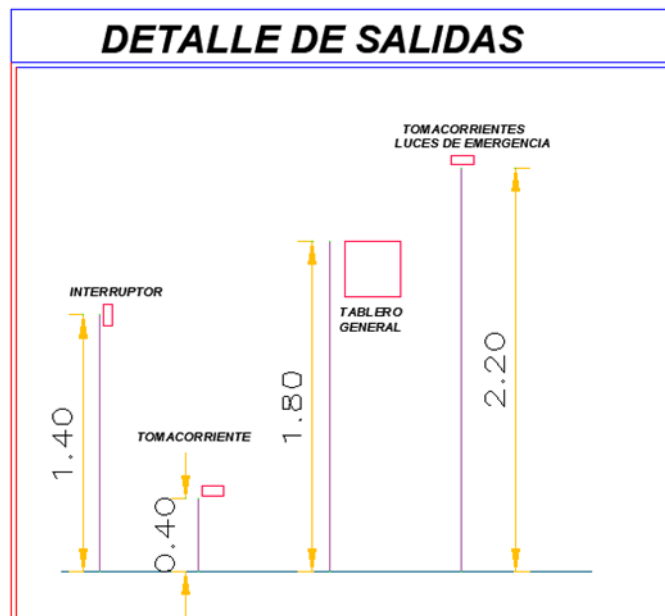
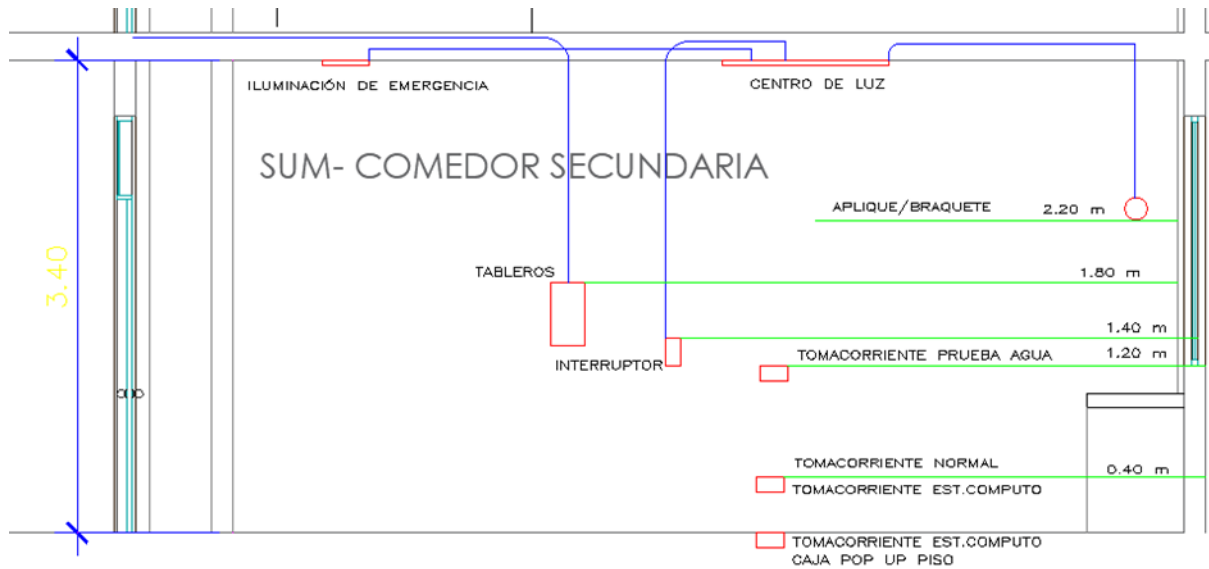


Figura 17*Relación de tableros y características*

Tablero	Potencia instalada [kW]	Máxima demanda [kW]	Características	Número de polos	Grado de protección IP
TD - Módulo 01	5,919	0,992	Trifásico - 220V - 60 Hz Tipo para empotrar	36	IP40
TD - Módulo 02	3,292	0,656	Trifásico - 220V - 60 Hz Tipo para empotrar	36	IP40
TD - Módulo 03	11,6	1,788	Trifásico - 220V - 60 Hz Tipo para empotrar	36	IP40
TD - Módulo 04	10,125	1,537	Trifásico - 220V - 60 Hz Tipo para empotrar	36	IP40
TD - Módulo 05	9,731	1,497	Trifásico - 220V - 60 Hz Tipo para empotrar	36	IP40
TD - Módulo 06	0,321	0,096	Trifásico - 220V - 60 Hz Tipo para empotrar	36	IP40
TD - Módulo 07	5,092	1,034	Trifásico - 220V - 60 Hz Tipo para empotrar	36	IP40
TD - Módulo 08	6,852	0,992	Trifásico - 220V - 60 Hz Tipo para empotrar	36	IP40
TD - Módulo 09	11,74	1,537	Trifásico - 220V - 60 Hz Tipo para empotrar	36	IP40
TD - Módulo 10	7,654	1,062	Trifásico - 220V - 60 Hz Tipo para empotrar	36	IP40
TD - Módulo 11	0,272	0,028	Trifásico - 220V - 60 Hz Tipo para empotrar	36	IP40
TD - Estabilizados	23,8	4,998	Trifásico - 220V - 60 Hz Tipo para empotrar	36	IP40
TD - Electrobombas CB1	1,734	0,243	Trifásico - 220V - 60 Hz Tipo para empotrar	12	IP40
TD - Electrobombas CB2	1,734	0,467	Trifásico - 220V - 60 Hz Tipo para empotrar	18	IP40
TD - 15_AC	20	6,000	Trifásico - 220V - 60 Hz Tipo para empotrar	36	IP40
TD - 16_AC	20	6,000	Trifásico - 220V - 60 Hz Tipo para empotrar	36	IP40

Se recomienda un grado de protección IP mínimo de IP40 porque al situarse dentro de un salón de clases, la exposición al polvo se intuye mínima y por eso se elige la cifra 4. Por otro lado, la segunda cifra es 0 porque se espera que el tablero no esté expuesto a líquidos, pero de ser el caso, se debe ajustar la segunda cifra cambiando el cero por los números correspondientes.

En lo que concierne al expediente técnico, se puede observar en la leyenda o especificaciones de los planos, que los tableros deben colocarse a una altura de 1.80 m sobre nivel de piso terminado (snpt). Generalmente esta altura es medida desde el nivel de piso hasta el borde superior del tablero.

Figura 18*Detalle altura de artefactos*DETALLE ALTURA DE ARTEFACTOS

Nota. Adaptada de Gobierno Regional de Piura, (2021).

3.6 Alimentadores

El cálculo de los conductores para el alimentador principal y tableros de distribución se ha realizado siguiendo estrictamente los pasos de la metodología, cumpliendo con las condiciones y recomendaciones que indica la normativa.

En el Apéndice D, se muestra a detalle el cuadro de diseño de sección de conductores y caída de tensión, que se realizó mediante un archivo de Excel automatizado diseñado específicamente para este fin.

Lo que se realiza inicialmente es hallar la corriente con la potencia instalada, proveniente de la máxima demanda, para después multiplicarla por un factor de diseño (I_d) de valor 1.25. Luego, el cálculo de los conductores se realiza por dos factores.

- Cálculo por capacidad de corriente: donde se elige el tipo de cable a utilizar y según su tabla de datos se selecciona el calibre, cuyo valor de amperaje (enterrado, al aire o en ducto) satisfaga las condiciones necesarias. Pero este valor, que es dato del fabricante, se verá afectado por un factor de corrección por temperatura; en este caso para conductores enterrados en ductos de PVC será igual a 0.96. Valor que se ha tomado de la Tabla 5A del Código Nacional de Electricidad.

- Cálculo y/o verificación por caída de tensión del tramo: donde se calcula el valor de la caída de tensión del recorrido del cable, en voltios [V], para posteriormente verificar que porcentualmente el valor no supere el 1.5%, que es el valor elegido para este estudio.

El resto de los datos necesarios para los cálculos se muestran en la parte superior del cuadro, tales como la tensión, el factor de potencia, etc.

En el expediente técnico también existe un archivo de Excel donde se muestra el cálculo de los alimentadores principales (Véase en el Anexo C).

Es importante mencionar que, en la comparativa de las situaciones, para la mayoría de los alimentadores, se determinó el mismo calibre. Y en los casos que no fue así, no difiere significativamente. Siempre es un calibre anterior o inmediato. La variación entre ambos casos se puede atribuir a los valores de máxima demanda de los tableros, al factor de corrección por temperatura elegido, al valor máximo permitido de caída de tensión (valor que nunca debe ser mayor al de la norma) o simplemente a detalles elegidos por el diseñador del sistema eléctrico.

3.7 Circuitos derivados

Como ya se ha mencionado, los circuitos derivados son importantes para la distribución de energía eléctrica hasta los puntos finales de utilización. Han sido proyectados en función de los tipos de ambientes y sus requerimientos eléctricos definidos en el Capítulo I.

- Circuitos de iluminación: interior o exterior (cada uno en un circuito según sea el caso).
- Circuitos de iluminación de emergencia con fuente de energía propia (UPS).
- Circuitos de fuerza: como los de tomacorrientes normales, de tomacorrientes estabilizados, de ventiladores, de timbres, etc.
- Circuitos especiales: que requieren condiciones particulares de alimentación tales como las cargas de calefacción, aire acondicionado, bombas y equipos industriales.

Normalmente el calibre de los conductores es menor en los circuitos de iluminación (sobre todo en interiores), luego el calibre incrementa para los circuitos de fuerza y finalmente para los circuitos especiales puede seguir aumentando, dependiendo de la carga.

En los cálculos realizados se determinó un calibre de 2.5 mm² para los circuitos de iluminación, 4 mm² para los circuitos de fuerza y 6 mm² para los circuitos especiales (Véase en el Apéndice E).

Lo que muestra el expediente técnico en su cálculo de Máxima Demanda y Caída de Tensión, en los distintos tableros de distribución, son los siguientes circuitos derivados y su respectivo calibre de conductor.

Tabla 26

Circuitos derivados – Calibre de conductores

Circuito derivado	Calibre de conductor (mm ²)
Iluminación interior	2.5
Iluminación exterior	2.5
Tomacorrientes normales	4
Tomacorrientes estabilizados	4
Ventiladores	4
Timbre industrial	4
Arranque de electrobombas	6
Aire acondicionado	6

Nota. Adaptada de Gobierno Regional de Piura, (2021).

En ambos casos los calibres están correctamente calculados y además obedecen a la normativa, por lo que se concluye que es la manera correcta de trabajar los circuitos derivados.

3.8 Protecciones

De las protecciones vistas en el Capítulo 2, las que se propone implementar son:

- Interruptores: Para cada uno de los circuitos.
- Interruptores diferenciales: Principalmente en los circuitos de iluminación interior, iluminación exterior como pasillos, tomacorrientes y para circuitos de fuerza.
- Contactores: Para circuitos de alumbrado exterior del tipo plataformas, canchas de deportes, etc.
- Puesta a tierra: Electrodo artificial del tipo varilla vertical para cada tablero general y para cada tablero de distribución.

Los valores de cada protección, tanto las calculadas como las existentes en el expediente técnico, coinciden. Por lo mismo, se presenta a continuación un diagrama unifilar donde se aprecia cada elemento de protección y sus valores (Véase en el Anexo D).

3.9 Especificaciones técnicas de materiales

Lo que propone la metodología con respecto a las especificaciones técnicas, es detallar todos y cada uno de los elementos que compondrán el sistema eléctrico y los procesos constructivos. Es importante indicar que algunas características difieren de uno y otro proyecto precisamente por la naturaleza del mismo.

Se resume, en la Tabla 27, lo que debe contener este apartado en los proyectos de instalaciones eléctricas.

Tabla 27

Especificaciones técnicas de materiales

Ítem	Características	Ubicación
Cajas octogonales 100x40 mm	Del tipo liviano o pesado, de fierro galvanizado o de PVC.	Generalmente en techo, para salidas de alumbrado.
Cajas rectangulares 100x50x55 mm	Del tipo liviano o pesado, de fierro galvanizado o de PVC.	Para interruptores, tomacorrientes. A 0.40 m, 1.10 m, 1.40 m, 2.10 m snpt, según sea el caso.
Interruptores	Unipolares, bipolares, de conmutación. Generalmente capacidad de 10A, 220V, 60Hz.	A 1.40 m sobre nivel de piso terminado.
Tomacorrientes	Unipolar o bipolar, con capacidad de 15A, 220V, 60Hz. Algunos deben ser del tipo a prueba de agua.	Dependiendo del ambiente, puede ubicarse a 0.40 m, 1.00 m o según sea necesario
Electroductos	Tuberías eléctricas de PVC o acero galvanizado. El diámetro varía de acuerdo con el tipo y números de cables que albergará.	Todo el recorrido eléctrico será por electroductos. Incluye alimentadores, circuitos derivados, etc. Enterrado o empotrado.
Conductores de circuitos derivados	Del tipo LSOH de 2.5 mm ² , 4mm ² y 6 mm ² según sea el caso.	Generalmente para iluminación interior y exterior de pasillos; tomacorrientes y ventiladores; arranque de EB y circuito de AC respectivamente.

Ítem	Características	Ubicación
Conductores de acometida y distribución principal	Del tipo N2XOH unipolares - 0.6/1 kV. La sección variará según la carga, de 6 mm ² a 240 mm ² .	Recorrido de la acometida al Tablero General (GN) y de este a todos los Tableros de Distribución (TD).
Tableros	Del tipo para empotrar o adosable. Tamaño según el número de polos y elementos al interior. IP variable según uso y/o ubicación.	Habitualmente en cada planta o en cada ambiente, según sea el caso.
Puesta a Tierra	Del tipo vertical con electrodo de varilla de cobre de 16mm y 2.40m de longitud. Incluye suelo con materiales altamente conductivos. (Véase en el Apéndice F)	En cada lugar donde se instalen tableros generales y tableros de distribución.
Equipos de alumbrado	Según la ubicación y finalidad.	En todos los ambientes según se requiera.

En el expediente técnico del proyecto, se lleva un orden y se va describiendo cada elemento que se utilizará para el montaje del sistema eléctrico, así como sus procesos constructivos (Véase en los Anexos E y F).

Muestra, por ejemplo:

- Salidas para alumbrado: donde detalla el tipo de cajas que se deben utilizar, las dimensiones de esta, el material y el proceso de instalación que se debe seguir.
- Salidas para tomacorrientes: detalles similares a las salidas anteriores.
- Salidas de fuerza: pueden ser para electrobombas, de gabinete de comunicaciones, para unidad condensadora, para unidad evaporadora. Estas últimas para los equipos de aire acondicionado.
- Salidas para alumbrado exterior y/o de postes, salidas para alumbrado de emergencia, salidas para timbre.
- Electroductos: principalmente las tuberías de PVC, indicando el tipo de tubería (liviana o pesada) y el diámetro.
- Los distintos tipos de cable.
- Los tableros eléctricos: detalla las características y sus dimensiones, además de los elementos que llevará en su interior.
- Iluminación, equipos de alumbrado: indica el tipo de luminaria, su potencia, el tipo de instalación y características específicas de cada una.

- Postes para alumbrado exterior o público: donde muestra las dimensiones que debe tener, el material del cual debe estar compuesto y su proceso de instalación.
- Sistema de puesta a tierra: indica las características de los materiales componentes
- Los distintos equipos tales como transformadores, unidades de respaldo, electrobombas, aire acondicionado. Todos con sus respectivas especificaciones para que se adquiera e instale el correcto.
- Pruebas eléctricas: indica qué pruebas se deben efectuar.

3.10 Pruebas de sistema

Una vez finalizados los pasos anteriores, lo que resta es realizar los procedimientos correspondientes para asegurarse de que todo esté funcionando correctamente. Las pruebas que se deben cumplir son las señaladas en el apartado 2.10 Puesta en servicio del sistema.

En caso alguna de estas pruebas no satisfaga los valores mínimos o no cumpla con los requisitos, se debe detener el procedimiento en ese momento y arreglar el defecto. Y una vez solucionado, iniciar las pruebas nuevamente desde el principio para comprobar que no se haya afectado nada en el proceso.

Cuando se haya aprobado satisfactoriamente cada una de las pruebas, el sistema estará listo para su uso.

En lo que respecta al expediente técnico, dentro del presupuesto de obra en la categoría de instalaciones eléctricas, se destina un monto de acuerdo con las tarifas vigentes en el momento de ejecución, para realizar las distintas pruebas eléctricas antes de la puesta en marcha definitiva.

Estas pruebas se realizarán por profesionales y con los instrumentos necesarios, correctamente calibrados para poder obtener buenos resultados y sobre todo confiables.

3.11 Mantenimiento de sistema

Al inicio, por ser una instalación totalmente nueva, el sistema no debería tener falla alguna. Pero si sucediese, se debe atender de manera inmediata.

Con lo que se debe contar obligatoriamente es con un plan o cronograma de mantenimiento, el cual se puede basar en los manuales y guías de mantenimiento de los fabricantes de equipos eléctricos, los cuales indican los procedimientos a seguir para la correcta operación de los equipos y mantener su garantía.

Este plan de mantenimiento debe incluir inspecciones periódicas, pruebas de funcionamiento y actualización de componentes si fuese el caso.

En lo respectivo al expediente técnico, la Ley de Contrataciones del Estado Peruano establece que el contratista, a partir de la recepción de obra, debe ofrecer garantía por un tiempo mínimo de un año ante cualquier defecto o problema que se pueda presentar en el sistema eléctrico, sin ningún costo adicional. Por lo tanto, si algo sucediese en este año, el contratista debe encargarse del mantenimiento y/o reemplazo del elemento que ha fallado.

Además, en muchos contratos se estipula que el primer mantenimiento general anual esté a cargo del contratista. Pero luego de este periodo ya se transfiere la responsabilidad al propietario, por lo que los futuros mantenimientos deberán ser planeados, ejecutados y financiados por el colegio.



Conclusiones

- La metodología propuesta se percibe como una herramienta efectiva para el diseño de sistemas eléctricos en instituciones educativas, tanto en la región costa como en el resto de las regiones del Perú. Solo basta con evaluar algunos parámetros específicos para determinar qué acciones tomar según el lugar del proyecto.
- La aplicación de normativa internacional relacionada al tema de la investigación ha sido de mucha importancia porque ha permitido mejorar y fortalecer los conceptos e indicaciones de la normativa nacional. La integración de los mismos permite un enfoque global inicial de la situación, pero a su vez permite direccionar el diseño eléctrico según las necesidades de cada caso específico.
- Conocer la clasificación de los ambientes y sus requerimientos eléctricos permite una mayor precisión y ahorro de tiempo al momento de establecer cuántos y cuáles serán los circuitos derivados.
- Mediante la independización del circuito derivado de iluminación de emergencia se busca mayor seguridad y certeza de su funcionamiento frente a un corte de energía. Además, se sugiere que siempre cuente con un sistema de alimentación de respaldo como baterías, UPS o generador.
- El caso aplicativo ha permitido comprobar el fácil uso de la metodología, así como su efectividad reflejada en la cercanía de valores entre los cálculos propios y los de expediente técnico. Además de la similitud de criterios al momento del diseño. Pero a su vez, el caso aplicativo evidencia que la metodología introduce mejoras como son los casos puntuales, por mencionar algunos, de los tableros y los circuitos derivados donde se ha añadido normativa internacional para la mejora tanto de conceptos básicos como de procesos constructivos.
- Para seguir validando la funcionalidad de la metodología, se recomienda que se aplique en una amplia variedad de casos de instituciones educativas para consolidar su precisión y alcances. Esto servirá también, para identificar posibles mejoras.

Referencias

- ABB. (s.f.). *Guía para la construcción de un cuadro eléctrico de baja tensión conforme a las normas IEC 61439, Parte 1 y Parte 2*. Barcelona.
- Bonilla Luna, J. M., & Romero Burnes, D. I. (s.f.). Evaluación de las energías renovables como alternativa para la electrificación rural en la comunidad Cerro Blanco, Distrito de Santa, Región Ancash [Tesis]. 2014. Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote.
- CENS Grupo EPM. (s.f.). Obtenido de <https://www.cens.com.co/solicitud-del-servicio-de-energia>
- Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI. (2002). *INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS. Verificación inicial previa a la puesta en servicio*. Lima.
- Gobierno Regional de Piura. (2021). "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DE INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N° 15177 JOSÉ OLAYA BALANDRA, DEL DISTRITO VEINTISÉIS DE OCTUBRE, PROVINCIA DE PIURA – DEPARTAMENTO DE PIURA". *Expediente Técnico*. Piura, Piura, Perú.
- Google. (s.f.). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps>
- ICONTEC, I. C. (1998). *Norma Técnica Colombiana NTC 2050*. Obtenido de https://www.armada.mil.co/sites/default/files/normograma_arc/mantenimiento1/NTC%20%202050.pdf
- ICONTEC, I. C. (s.f.). *Norma Técnica Colombiana NTC 4595*. Obtenido de https://www.mineducacion.gov.co/1759/articles-355996_recurso_10.pdf
- International Electrotechnical Commission. (2018). *Low-voltage electrical installations – Part 5-56: Selection and erection of electrical equipment – Safety services*.
- Legrand. (s.f.). *Tableros a norma - IEC 61439*.
- Ley N°28044. (2003). *Ley General de Educación*. Obtenido de http://www.minedu.gob.pe/p/ley_general_de_educacion_28044.pdf
- MIDAGRI. (s.f.). *Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego*. Obtenido de <https://www.midagri.gob.pe/portal/datero/53-sector-agrario/el-clima/366-generalidades#:~:text=El%20clima%20de%20la%20costa,y%20h%C3%BAmedo%2C%20con%20abundantes%20lluvias>
- Ministerio de Ciencia y Tecnología. (2003). *Verificación de las instalaciones eléctricas*.
- Ministerio de Educación. (2019). *Criterios de Diseño para locales de Primaria y Secundaria polidocentes completos y usos*. Lima, Perú.
- Ministerio de Educación. (2019). *Criterios de diseño para locales educativos de primaria y secundaria - Norma Técnica*. Lima, Perú.

- Ministerio de Energía y Minas. (2006). *Código Nacional de Electricidad-Utilización*. Lima, Perú: Dirección General de Electricidad. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/898623/C%C3%B3digo_Nacional_de_Electricidad__Utilizaci%C3%B3n_.pdf
- National Fire Protection Association. (2024). En *NFPA 101 Life Safety Code* (págs. 95-96).
- OSINERGMIN. (s.f.). *Mapa SEIN - DSE*. Obtenido de https://gisem.osinergmin.gob.pe/nuevo_mapasein/#
- OSINERGMIN. (s.f.). *Usuarios Libres*. Obtenido de <https://prie.osinergmin.gob.pe/PF-SICLI>
- Plataforma Digital Única del Estado Peruano*. (s.f.). Obtenido de <https://www.gob.pe/24716-solicitar-certificado-de-factibilidad-para-servicio-electrico?child=29987>
- Resolución de Consejo Directivo - OSINERGMIN N° 130-2023-OS/CD. (18 de Julio de 2023). *El Peruano*, págs. 26-38.
- Schneider Electric. (2010). *Guía de diseño de instalaciones eléctricas Según normas internacionales IEC*. Barcelona.
- Schneider Electric. (2016). *Electrical installation guide According to IEC international standards*.
- TECSUP. (2023). *Curso de Instalaciones Eléctricas Industriales*.
- TECSUP. (2023). *Sistema de Puesta a Tierra*. TECSUP Virtual.
- Torres González, J. L. (2015). *Canalizaciones eléctricas y sus sistemas de instalación*. Madrid: AENOR ediciones.

Apéndices



Apéndice A. Cálculo de demanda máxima (Primer método – Según normativa peruana)

Figura 1

CUADRO DE CARGAS			
DESCRIPCIÓN	POTENCIA INSTALADA (W)	FACTOR DE DEMANDA	MÁXIMA DEMANDA (W)
Área total del Colegio 13 231.14 m ²			
Área total de las aulas 5 733.95 m ²			
Carga básica de aulas 5 733.95 m ² x 50 W/m ²	286,697.50		
Carga del área restante 7 497.19 m ² x 10 W/m ²	74,971.90		
Cargas de aire acondicionado			
8 unds x 5 000 W (60 000 BTU/h)	40,000.00		
1 und x 2 000 W (24 000 BTU/h)	2,000.00		
Las áreas restantes son las áreas techadas que no son aulas y que no requieren iluminación especial, tales como: oficinas administrativas, corredores, baños, pasadizos, etc.			
Nota: La carga de iluminación de emergencia, las alarmas, comunicaciones, y otras similares, están incluidas dentro de la carga básica.			
Carga total del edificio	403,669.40		
Aplicación de factores			
Carga total del edificio			
Local con área mayor de 900 m ²			
Potencia 403,669.40 W			
Área 13231.14 m ²			
La carga por m ² será 30.51 W/m ²			
Carga por los primeros 900 m ² x 30.51 W/m ²	27,458.14	0.75	20,593.60
Carga para área restante 12 331.14 m ² x 30.51 W/m ²	376,211.26	0.50	188,105.63
Suma resultante	403,669.40		208,699.23
Factor de simultaneidad 0.4			83,479.69 W

Apéndice B. Cálculo de demanda máxima (Primer método – Según normativa colombiana)

Figura 2

CUADRO DE CARGAS			
DESCRIPCIÓN	POTENCIA INSTALADA (VA)	FACTOR DE DEMANDA	MÁXIMA DEMANDA (VA)
Área total del Colegio 13 231.14 m ²			
Área total de las aulas 5 733.95 m ²			
Carga básica de aulas 5 733.95 m ² x 32 VA/m ²	183,486.40		
Cargas de aire acondicionado			
8 unds x 5 000 VA (60 000 BTU/h)	40,000.00		
1 und x 2 000 VA (24 000 BTU/h)	2,000.00		
Carga total del edificio	225,486.40		
Aplicación de factores			
Carga total del edificio			
De 0 a 3kVA = 1	3,000.00	1.00	3,000.00
De 3kVA a 120 kVA = 0.35	120,000.00	0.35	42,000.00
Más de 120kVA = 0.25	60,486.40	0.25	15,121.60
Cargas de aire acondicionado			
De 0 a 10kVA = 1	10,000.00	1.00	10,000.00
Más de 10kVA = 0.5	32,000.00	0.50	16,000.00
Multiplicar la suma resultante por el factor de potencia correspondiente			
Suma resultante	225,486.40		86,121.60
Factor de potencia 0.85	>>>	73,203.36 VA	
Factor de potencia 0.95	>>>	81,815.52 VA	

Apéndice C. Cálculo de demanda máxima (Segundo método – considerando cargas instaladas y factores de operación)

Figura 3

CUADRO DE MÁXIMA DEMANDA - MÓDULO 3											
Planta	Circuito		Tipo de luminaria	Demanda [kW]	Cantidad	Pot. Instalada [kW]	Factor de simultaneidad			Factor de demanda	Máxima demanda [kW]
Primera	C-1	Subtablero Segunda Planta									0.462
	C-2	Subtablero Tercera Planta									0.637
	C-3	Alumbrado interior aulas	29 W	0.029	16	0.464	0.7	1	0.75	0.4	0.097
		Alumbrado de emergencia	2 x 15 W	0.03	4	0.12	0.7	1	0.75	0.4	0.025
	C-4	Alumbrado interior aulas	29 W	0.029	16	0.464	0.7	1	0.75	0.4	0.097
		Alumbrado de emergencia	2 x 15 W	0.03	4	0.12	0.7	1	0.75	0.4	0.025
	C-5	Alumbrado interior aulas	29 W	0.029	16	0.464	0.7	1	0.75	0.4	0.097
		Alumbrado de emergencia	2 x 15 W	0.03	4	0.12	0.7	1	0.75	0.4	0.025
	C-6	Alumbrado exterior	21 W	0.021	20	0.42	0.7	1	0.75	0.4	0.088
C-7	Tomacorrientes aulas		0.2	9	1.8	0.7	0.15	0.75	0.4	0.057	
C-8	Ventiladores		0.07	12	0.84	0.7	1	0.75	0.4	0.176	
											1.788
Segunda	C-1	Alumbrado interior aulas	29 W	0.029	24	0.696	0.8	1	0.75	0.4	0.167
		Alumbrado de emergencia	2 x 15 W	0.03	3	0.09	0.8	1	0.75	0.4	0.022
	C-2	Alumbrado interior aulas	29 W	0.029	24	0.696	0.8	1	0.75	0.4	0.167
		Alumbrado de emergencia	2 x 15 W	0.03	3	0.09	0.8	1	0.75	0.4	0.022
	C-3	Alumbrado exterior	21 W	0.021	11	0.231	0.8	1	0.75	0.4	0.055
	C-4	Tomacorrientes aulas		0.2	4	0.8	0.8	0.15	0.75	0.4	0.029
											0.462
Tercera	C-1	Alumbrado interior aulas	29 W	0.029	36	1.044	0.8	1	0.75	0.4	0.251
		Alumbrado de emergencia	2 x 15 W	0.03	9	0.27	0.8	1	0.75	0.4	0.065
	C-2	Alumbrado exterior	21 W	0.021	11	0.231	0.8	1	0.75	0.4	0.055
	C-3	Tomacorrientes aulas		0.2	9	1.8	0.8	0.15	0.75	0.4	0.065
	C-4	Ventiladores		0.07	12	0.84	0.8	1	0.75	0.4	0.202
					11.6						0.637

Apéndice D. Cálculo de alimentadores. Diseño de sección de conductores y caída de tensión

Figura 4

DISEÑO DE SECCIÓN DE CONDUCTORES Y CAÍDA DE TENSION - IE JOSE OLAYA BALANDRA															Tensión- V 3 Ø	Tensión- V 3 Ø	Cos Ø	Caída ΔV	
ALIMENTADORES: 380V 3F+N+T / 60Hz															380	220	0,8	2%	
Tramo		Corriente		L		Cálculo por Capacidad de Corriente					Verificación por Caída de Tensión del Tramo				Sección de Conductor Seleccionado (mm2)	Interruptor (Amp.)			
Desde	TABLEROS	Sistema	Potencia Instalada (Watts)	I (Amp.)	Temas	Factor Diseño	I _d (Amp)	(m.)	S (mm2)	INDICAR CONDUCTOR	Cable N2XOH (A)	Corrección por Temperatura (0.946)	> Id	ΔV (V)			ΔV (%)	< 1.5%	Utilización del Cable
MEDIDOR	TABLERO GENERAL	3Ø	171.730	326,16	1	1,25	407,69	13	185	Cable N2XOH (A)	450 (ducto)	432,00	Cumple	0,87	0,23%	Cumple	94%	3x1x185mm2 (F) + 1x16mm2 (T) N2XOH	3x400
TABLERO GENERAL	TD - Módulo 01	3Ø	5.919	11,24	1	1,25	14,05	10	6	Cable N2XOH (A)	68 (ducto)	65,28	Cumple	0,71	0,19%	Cumple	22%	3x1x6mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x63
TABLERO GENERAL	TD - Módulo 02	3Ø	3.292	6,25	1	1,25	7,82	80	6	Cable N2XOH (A)	68 (ducto)	65,28	Cumple	3,16	0,83%	Cumple	12%	3x1x6mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x63
TABLERO GENERAL	TD - Módulo 03	3Ø	11.600	22,03	1	1,25	27,54	66	16	Cable N2XOH (A)	125 (ducto)	120,00	Cumple	3,44	0,91%	Cumple	23%	3x1x16mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x110
TABLERO GENERAL	TD - Módulo 04	3Ø	10.125	19,23	1	1,25	24,04	165	25	Cable N2XOH (A)	160 (ducto)	153,60	Cumple	4,81	1,27%	Cumple	16%	3x1x25mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x150
TABLERO GENERAL	TD - Módulo 05	3Ø	9.731	18,48	1	1,25	23,10	145	25	Cable N2XOH (A)	160 (ducto)	153,60	Cumple	4,06	1,07%	Cumple	15%	3x1x25mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x150
TABLERO GENERAL	TD - Módulo 06	3Ø	321	0,61	1	1,25	0,76	115	6	Cable N2XOH (A)	68 (ducto)	65,28	Cumple	0,44	0,12%	Cumple	1%	3x1x6mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x63
TABLERO GENERAL 2	TD - Módulo 07	3Ø	5.092	9,67	1	1,25	12,09	38	6	Cable N2XOH (A)	68 (ducto)	65,28	Cumple	2,32	0,61%	Cumple	19%	3x1x6mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x63
TABLERO GENERAL	TD - Módulo 08	3Ø	6.852	13,01	1	1,25	16,27	65	6	Cable N2XOH (A)	68 (ducto)	65,28	Cumple	5,34	1,41%	Cumple	25%	3x1x6mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x63
TABLERO GENERAL	TD - Módulo 09	3Ø	11.740	22,30	1	1,25	27,87	112	25	Cable N2XOH (A)	160 (ducto)	153,60	Cumple	3,78	1,00%	Cumple	18%	3x1x25mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x150
TABLERO GENERAL	TD - Módulo 10	3Ø	7.654	14,54	1	1,25	18,17	165	25	Cable N2XOH (A)	160 (ducto)	153,60	Cumple	3,64	0,96%	Cumple	12%	3x1x25mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x150
TABLERO GENERAL	TD - Módulo 11	3Ø	272	0,52	1	1,25	0,65	32	6	Cable N2XOH (A)	68 (ducto)	65,28	Cumple	0,10	0,03%	Cumple	1%	3x1x6mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x63
TABLERO GENERAL	TD - Estabilizados	3Ø	23.800	45,20	1	1,25	56,50	112	35	Cable N2XOH (A)	195 (ducto)	187,20	Cumple	5,48	1,44%	Cumple	30%	3x1x35mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x180
TABLERO GENERAL	TD - Electrobombas CB1	3Ø	1.734	3,29	1	1,25	4,12	43	6	Cable N2XOH (A)	68 (ducto)	65,28	Cumple	0,89	0,24%	Cumple	6%	3x1x6mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x63
TABLERO GENERAL 2	TD - Electrobombas CB2	3Ø	1.734	3,29	1	1,25	4,12	53	6	Cable N2XOH (A)	68 (ducto)	65,28	Cumple	1,10	0,29%	Cumple	6%	3x1x6mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x63
TABLERO GENERAL	TD - 15_AC	3Ø	20.000	37,98	1	1,25	47,48	75	25	Cable N2XOH (A)	160 (ducto)	153,60	Cumple	4,32	1,14%	Cumple	31%	3x1x25mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x150
TABLERO GENERAL	TD - 16_AC	3Ø	20.000	37,98	1	1,25	47,48	85	25	Cable N2XOH (A)	160 (ducto)	153,60	Cumple	4,89	1,29%	Cumple	31%	3x1x25mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x150
TABLERO GENERAL	Tablero existente TDE-1	3Ø	2.428	4,61	1	1,25	5,76	65	6	Cable N2XOH (A)	68 (ducto)	65,28	Cumple	1,89	0,50%	Cumple	9%	3x1x6mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x63
TABLERO GENERAL	Tablero existente TDE-2	3Ø	2.428	4,61	1	1,25	5,76	100	6	Cable N2XOH (A)	68 (ducto)	65,28	Cumple	2,91	0,77%	Cumple	9%	3x1x6mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x63
TABLERO GENERAL	Tablero existente TDE-3	3Ø	6.336	12,03	1	1,25	15,04	75	10	Cable N2XOH (A)	95 (ducto)	91,20	Cumple	3,42	0,90%	Cumple	16%	3x1x10mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x80
TABLERO GENERAL 2	Tablero existente TDE-4	3Ø	2.000	3,80	1	1,25	4,75	38	6	Cable N2XOH (A)	68 (ducto)	65,28	Cumple	0,91	0,24%	Cumple	7%	3x1x6mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x63
TABLERO GENERAL 2	Tablero existente TDE-5	3Ø	2.000	3,80	1	1,25	4,75	17	6	Cable N2XOH (A)	68 (ducto)	65,28	Cumple	0,41	0,11%	Cumple	7%	3x1x6mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x63
TABLERO GENERAL 2	Tablero existente TDE-6	3Ø	2.000	3,80	1	1,25	4,75	40	6	Cable N2XOH (A)	68 (ducto)	65,28	Cumple	0,96	0,25%	Cumple	7%	3x1x6mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x63
TABLERO GENERAL 2	Tablero existente TDE-7	3Ø	2.000	3,80	1	1,25	4,75	40	6	Cable N2XOH (A)	68 (ducto)	65,28	Cumple	0,96	0,25%	Cumple	7%	3x1x6mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x63
TABLERO GENERAL	Tablero existente TDE-8	3Ø	6.336	12,03	1	1,25	15,04	85	10	Cable N2XOH (A)	95 (ducto)	91,20	Cumple	3,88	1,02%	Cumple	16%	3x1x10mm2 (F) + 1x6mm2 (T) N2XOH	3x80
TABLERO GENERAL	Tablero existente TDE-9	3Ø	6.336	12,03	1	1,25	15,04	43	6	Cable N2XOH (A)	68 (ducto)	65,28	Cumple	3,27	0,86%	Cumple	23%	3x1x6mm2 (F) + 1x16mm2 (T) N2XOH	3x63

*Según SENHAM en el departamento de Piura los meses con temperaturas más altas son: febrero y marzo (34,1°C), por lo que se tomó en cuenta lo indicado en la Tabla 5A del CNE(2006)
 * Se asumió una temperatura del terreno de 25°C, por lo que se tomó en cuenta lo indicado en la Tabla 5A del CNE(2006)

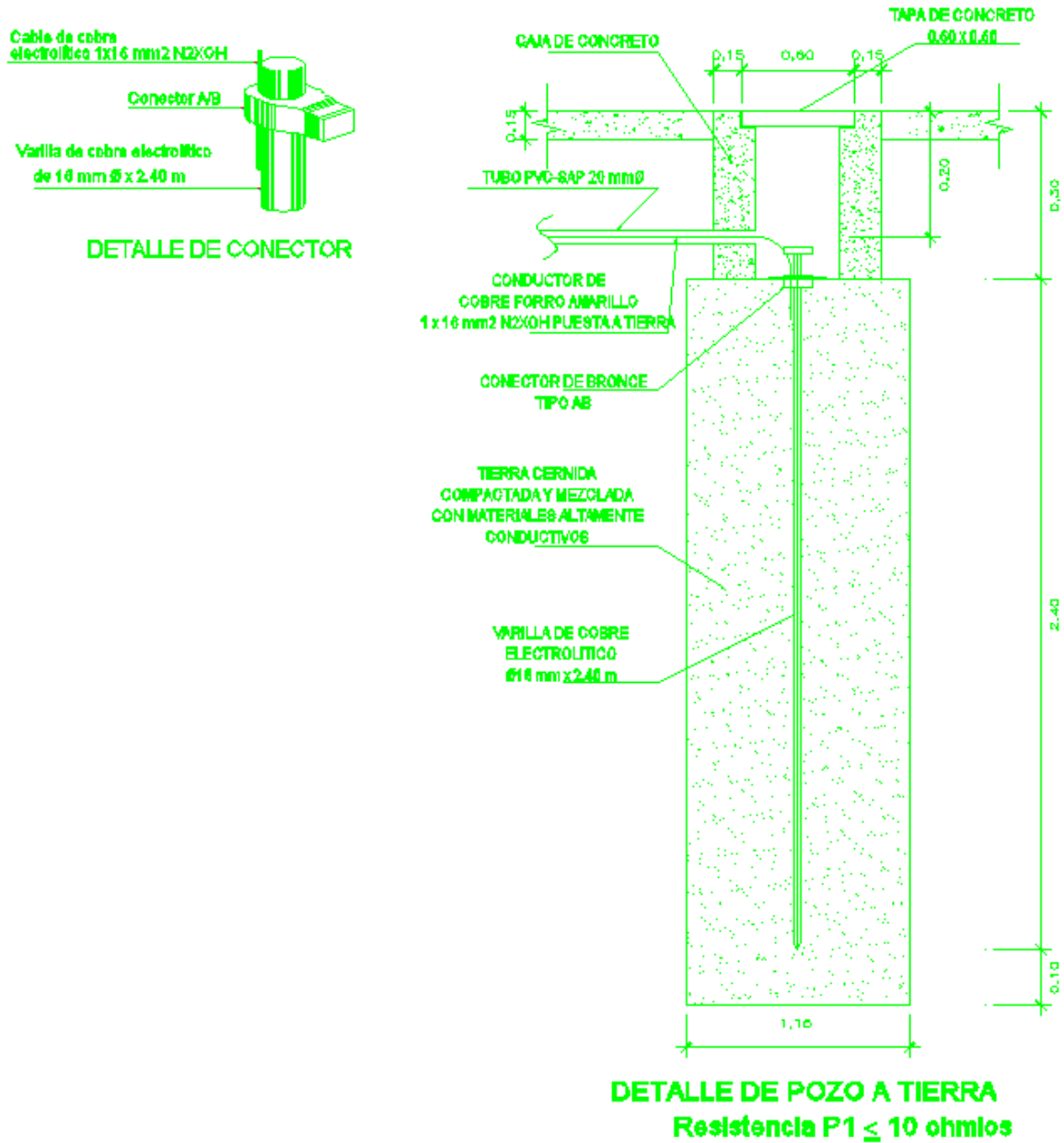
Apéndice E. Cálculo de calibre de conductores para circuitos derivados

Figura 5

CÁLCULO DE CORRIENTE POR CIRCUITO _ TD-03								
CIRCUITO		POTENCIA INSTALADA [W]	TENSIÓN [V]	COS ϕ	k	INTENSIDAD [A]	Tipo de conductor	Calibre
C-1	Subtablero Segunda Planta	2.603,00				14,79		
C-2	Subtablero Tercera Planta	4.185,00				23,78		
C-3	Alumbrado interior aulas	584,00	220	0,8	1	3,32	LSOH-90	2.5 mm ²
C-4	Alumbrado interior aulas	584,00	220	0,8	1	3,32	LSOH-90	2.5 mm ²
C-5	Alumbrado interior aulas	584,00	220	0,8	1	3,32	LSOH-90	2.5 mm ²
C-6	Alumbrado exterior	420,00	220	0,8	1	2,39	LSOH-90	2.5 mm ²
C-7	Tomacorrientes aulas	1.800,00	220	0,8	1	10,23	LSOH-90	4 mm ²
C-8	Ventiladores	840,00	220	0,8	1	4,77	LSOH-90	4 mm ²
MÁXIMA DEMANDA TD-03		11.600,00				65,91		
CÁLCULO DE CORRIENTE POR CIRCUITO _ STD3.1								
CIRCUITO		POTENCIA INSTALADA [W]	TENSIÓN [V]	COS ϕ	k	INTENSIDAD [A]	Tipo de conductor	Calibre
C-1	Alumbrado interior aulas	786,00	220	0,8	1	4,47	LSOH-90	2.5 mm ²
C-2	Alumbrado interior aulas	786,00	220	0,8	1	4,47	LSOH-90	2.5 mm ²
C-3	Alumbrado exterior	231,00	220	0,8	1	1,31	LSOH-90	2.5 mm ²
C-4	Tomacorrientes aulas	800,00	220	0,8	1	4,55	LSOH-90	4 mm ²
MÁXIMA DEMANDA STD3.1		2.603,00				14,79		
CÁLCULO DE CORRIENTE POR CIRCUITO _ STD3.2								
CIRCUITO		POTENCIA INSTALADA [W]	TENSIÓN [V]	COS ϕ	k	INTENSIDAD [A]	Tipo de conductor	Calibre
C-1	Alumbrado interior aulas	1.314,00	220	0,8	1	7,47	LSOH-90	2.5 mm ²
C-2	Alumbrado interior aulas	231,00	220	0,8	1	1,31	LSOH-90	2.5 mm ²
C-3	Alumbrado exterior	1.800,00	220	0,8	1	10,23	LSOH-90	2.5 mm ²
C-4	Tomacorrientes aulas	840,00	220	0,8	1	4,77	LSOH-90	4 mm ²
MÁXIMA DEMANDA STD3.2		4.185,00				23,78		
Tensión	220							
cos ϕ	0,8							
k	1							

Apéndice F. Detalle de pozo a tierra

Figura 6



Anexos



Anexo A. Cálculo de demanda máxima (Expediente técnico)

Figura 1

CUADRO DE MAXIMA DEMANDA "" LA INSTITUCION EDUCATIVA N° 15177 JOSE OLAYA BALANDRA DE PIURA" - (TABLERO DISTRIBUCION TD3)												
Tablero	Circuito		Luminarias	Demanda	Cantidad	Potencia	Factor de Simultaneidad			Factor de	Máxima	Máxima Demanda Total
			Tipo	kW		instalada	1	2	3	Demanda	Demanda	
						kW					kW	kW
TD3	C-1	SUB TABLERO DISTRIBUCION STD3.1				3,511					0,551	1,433
	C-2	SUB TABLERO DISTRIBUCION STD3.2				3,321					0,535	
	C-3	ALUMBRADO INTERIOR	1 x 33 W	0,033	20	0,660	1,00	0,80	0,80	0,40	0,169	
	C-4	ALUMBRADO EXTERIOR	1 x 21W	0,021	11	0,231	1,00	0,80	0,80	0,40	0,059	
	C-5	TOMACORRIENTE		0,200	5	1,000	0,15	0,80	0,80	0,40	0,038	
	C-6	VENTILADORES		0,070	6	0,420	0,75	0,80	0,80	0,40	0,081	
						9,143					1,433	
CUADRO DE MAXIMA DEMANDA "" LA INSTITUCION EDUCATIVA N° 15177 JOSE OLAYA BALANDRA DE PIURA" - (SUB TABLERO DISTRIBUCION STD3.1)												
Tablero	Circuito		Luminarias	Demanda	Cantidad	Potencia	Factor de Simultaneidad			Factor de	Máxima	Máxima Demanda Total
			Tipo	kW		instalada	1	2	3	Demanda	Demanda	
						kW					kW	kW
STD3.1	C-1	ALUMBRADO INTERIOR	1 x 35 W	0,035	24	0,840	1,00	0,80	0,80	0,40	0,215	0,551
	C-2	ALUMBRADO INTERIOR	1 x 35 W	0,035	24	0,840	1,00	0,80	0,80	0,40	0,215	
	C-3	ALUMBRADO EXTERIOR	1 x 21W	0,021	11	0,231	1,00	0,80	0,80	0,40	0,059	
	C-4	TOMACORRIENTE		0,200	8	1,600	0,15	0,80	0,80	0,40	0,061	
							3,511					
CUADRO DE MAXIMA DEMANDA "" LA INSTITUCION EDUCATIVA N° 15177 JOSE OLAYA BALANDRA DE PIURA" - (SUB TABLERO DISTRIBUCION STD3.2)												
Tablero	Circuito		Luminarias	Demanda	Cantidad	Potencia	Factor de Simultaneidad			Factor de	Máxima	Máxima Demanda Total
			Tipo	kW		instalada	1	2	3	Demanda	Demanda	
						kW					kW	kW
STD3.2	C-1	ALUMBRADO INTERIOR	1 x 35 W	0,035	15	0,525	1,00	0,80	0,80	0,40	0,134	0,535
	C-2	ALUMBRADO INTERIOR	1 x 35 W	0,035	15	0,525	1,00	0,80	0,80	0,40	0,134	
	C-3	ALUMBRADO EXTERIOR	1 x 21W	0,021	11	0,231	1,00	0,80	0,80	0,40	0,059	
	C-4	TOMACORRIENTE		0,200	6	1,200	0,15	0,80	0,80	0,40	0,046	
	C-5	VENTILADORES		0,070	12	0,840	0,75	0,80	0,80	0,40	0,161	
						3,321					0,535	

Anexo B. Solicitud de factibilidad de energía eléctrica (Expediente técnico)

Figura 2

OFICIO N° 011 -2022/GRP-440330

ING. PEDRO ROJAS VERA
 Jefe de Administración de Proyectos
 ELECTRONOROESTE S.A.
 Jr. Callao N° 875 - Piura
 Ciudad.-

ASUNTO : SOLICITO FACTIBILIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA PROYECCIÓN DE LOCAL DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°15177 JOSE OLAYA BALANDRA

REFERENCIA a) Carta N° 006-2022-Acuña Vega/Consultoría/GG HRyC N° 00403
 b) PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DE INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°15177 JOSE OLAYA BALANDRA A.H. NUEVA ESPERANZA DEL DISTRITO DE VEINTISEIS DE OCTUBRE - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA" CON DE PROYECTO 2461997.

Por medio de la presente me dirijo a usted para saludarlo cordialmente y a la vez solicitarle la Factibilidad de energía eléctrica, necesario para la proyección de la Institución educativa del proyecto: "MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS EDUCATIVOS DE INICIAL, PRIMARIA Y SECUNDARIA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA N°15177 JOSE OLAYA BALANDRA A.H. NUEVA ESPERANZA DEL DISTRITO DE VEINTISEIS DE OCTUBRE - PROVINCIA DE PIURA - DEPARTAMENTO DE PIURA" CON DE PROYECTO 2461997.

La información técnica, por encargo nuestro, ha sido elaborado por el Ingeniero Mecánico Eléctrico, Mackey Acuña Troyes con Registro CIP N° 82623. Por lo expuesto, solicito a usted proceda a atender nuestra solicitud.

Se adjunta al presente:

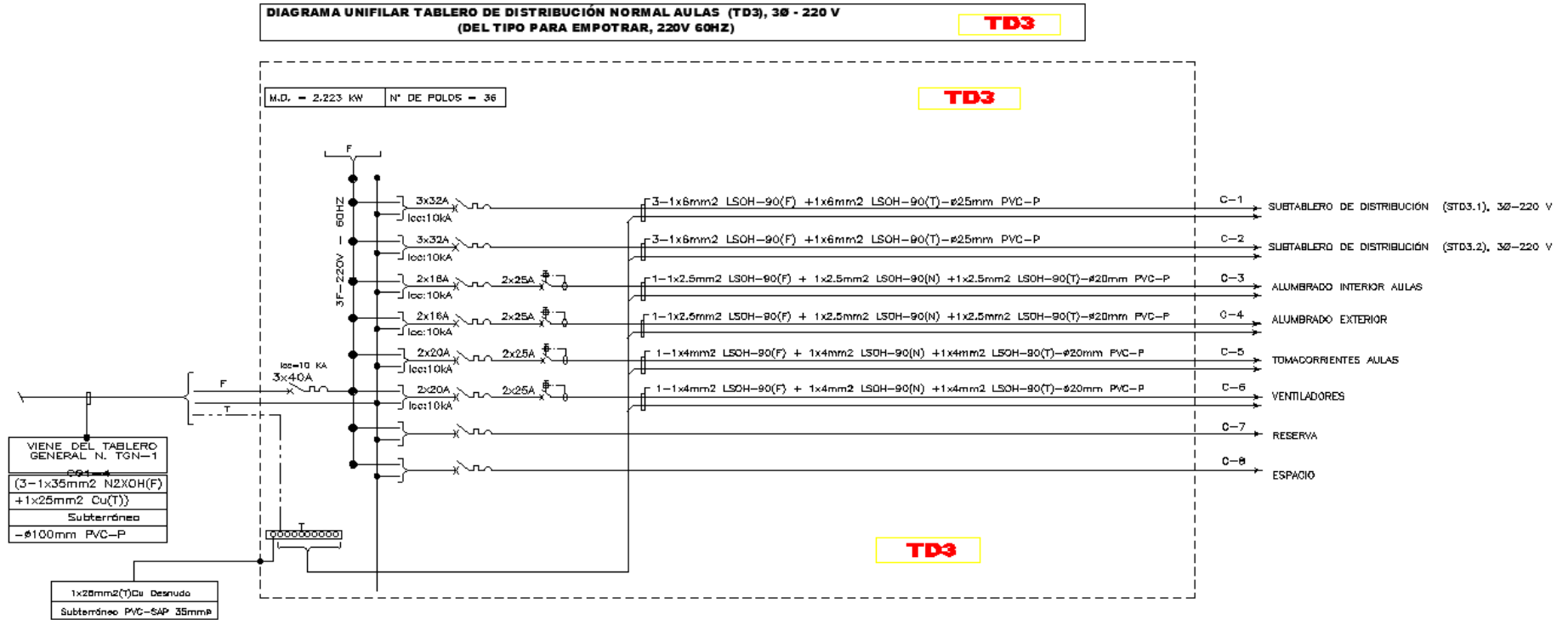
1. DNI del Ingeniero responsable
2. Habilidad Profesional del Ingeniero responsable
3. Cuadro de máxima demanda
4. Plano de ubicación
5. Recibo de Luz

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para expresarle mis cordiales saludos.

Atentamente,

Anexo D. Diagrama unifilar de tablero. Protecciones. (Expediente técnico)

Figura 4



Anexo E. Especificaciones técnicas (Expediente técnico)

Figura 5



- 1.- TUBERIAS (VER NOTA "A,B")
 LAS TUBERIAS A UTILIZARSE EN LOS ALIMENTADORES SERAN DEL TIPO PVC SAP
 LAS TUBERIAS A UTILIZARSE EN LOS CIRCUITOS DE DISTRIBUCION SERAN DEL
 TIPO PVC SAP Y PUEDEN SER RIGIDOS O FLEXIBLES
- 2.- CAJAS (VER NOTA "A,B")
 LAS CAJAS PARA SALIDAS DE ALUMBRADO, TOMACORRIENTES, INTERRUPTORES Y
 OTROS, SERAN DE FIERRO GALVANIZADO EN CALIENTE DEL TIPO PESADO CON
 KO PARA TUBERIAS DE 15mmø Y 20mmø, PROFUNDIDAD DE 50mm Y HUECOS
 ROSCADOS EN LAS OREJAS PARA LA FIJACION DE ARTEFACTOS O TAPAS CIEGAS
 ESPESOR DE 1.8mm,
- 3.- CONDUCTORES (VER NOTA "A,B")
 LOS CONDUCTORES SERAN DE COBRE ELECTROLITICO DE 99.9% DE CONDUCTIBILIDAD
 NO PROPAGADOR DEL INCENDIO, CON BAJA EMISION DE HUMOS, LIBRE DE
HALOGENOS Y ACIDOS CORROSIVOS, CON AISLAMIENTO DE COMPUESTO
 TERMOESTABLE, TENSION DE SERVICIO DE 800V Y TEMPERATURA DE OPERACION 90°C
 - LOS CONDUCTORES A USARSE EN ALIMENTADORES ELECTRICOS SERAN
 CABLEADOS DE TIPO N2XOH ø IRAN INSTALADOS EN TUBERIAS
 - LOS CONDUCTORES A USARSE EN CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES Y FUERZA,
 SERAN UNIPOLARES DEL TIPO NH80, IRAN INSTALADOS EN TUBERIAS
 - LOS CONDUCTORES A USARSE EN CIRCUITOS DE ALUMBRADO, SERAN
 UNIPOLARES DEL TIPO NH80 ø IRAN INSTALADOS EN TUBERIAS
 - LOS CONDUCTORES A USARSE EN LINEA A TIERRA SERAN UNIPOLARES DEL
 TIPO NH80 ø IRAN INSTALADOS EN TUBERIAS
- 4.- INTERRUPTORES Y TOMACORRIENTES (VER NOTA "B")
 SERAN DEL TIPO PARA EMPOTRAR CON PLACA DE ALUMINIO ANODIZADO
 - a) INTERRUPTORES UNIPOLARES :
 SERAN DE 15A - 250V, LINEA MAGIC DE TICINO.
 - b) TOMACORRIENTES NORMALES :  T
 SERAN BIPOLARES DOBLES CON LINEA A TIERRA,
 DE 15A 250V (TIPO AMERICANO), COLOR LEVINTON 5262
 COLOR MARFIL
- 5.- TABLERO GENERAL (VER NOTA "B")
 CON GABINETE DE FIERRO GALVANIZADO AUTOSOPORTADO, MARCO Y PUERTA
 METALICA, CON CHAPA Y CON INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DE 10KA.
 DE CAPACIDAD DE RUPTURA MINIMA MAS INTERRUPTORES DIFERENCIALES
 220A - 250V (SENSIBILIDAD DE 30 mA), EN LOS CIRCUITOS DERIVADOS DE
 TOMACORRIENTES INDICADOS EN LOS PLANOS (VER ESQUEMAS ELECTRICOS
 DE PRINCIPIO)
- 6.- PLACAS (VER NOTA "B")
 LAS PLACAS SERAN DE ALUMINIO ANODIZADO,
- 7.- ARTEFACTOS DE ALUMBRADO
 - * TODOS LOS REACTORES DE LAS LAMPARA FLUORESCENTES SERAN CON
 REACTORES ELECTRONICOS 220V-60 C/5
 - * LAS LAMPARAS FLUORESCENTES SERAN DE COLOR BLANCO CALIDO EN PASADIZOS
 Y ALGUNOS AMBIENTES SEGUN EL DISEÑO

Figura 6

NOTAS "A" :

- a.- EL CONTRATISTA DEBERA SUMINISTRAR E INSTALAR LAS CAJAS DE PASE REQUERIDAS PARA LA INSTALACION CUYAS DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS DEBERAN CUMPLIR LO INDICADO EN LEYENDA ESPECIFICACIONES CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD
- b.- LAS BAJADAS A LOS INTERRUPTORES UNIPOLARES DESDE EL CENTRO DE LUZ, SERAN ALAMBRADOS CON CONDUCTORES DE COBRE TIPO NH80 DE 2.5mm² MINIMO
- c.- TODOS LOS CIRCUITOS DE LOS TOMACORRIENTES QUE SALGAN DE LOS TABLEROS DE DISTRIBUCION, SERAN CON TUBERIA PVC SAP DE 20mm \varnothing Y LOS CONDUCTORES SERAN DE COBRE TIPO NH80 DE 2-1x4mm²
- e.- LOS CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES INDICADOS DE ESTA MANERA () SE INSTALARA UN CONDUCTOR DE 4mm² NH80/T PARA LINEA A TIERRA
- f.- LAS SALIDAS PARA TOMACORRIENTES DONDE LLEGUEN MAS DE 3 TUBOS SERAN EN CAJAS CUADRADAS DE 100x40mm CON TAPA DE 1 GANG.
- g.- LAS TUBERIAS EMPOTRADAS POR EL PISO SE ORDENARAN Y COORD. CON LAS TUBERIAS SANITARIAS DEBIENDO SER IMPERMEABILIZADAS CONVENIENTEMENTE.
- h.- EL ACABADO EXTERIOR DE LOS CONDUCTORES DE LOS CIRCUITOS DE TOMACORRIENTES NORMALES, TENDRAN LOS SIGUIENTES COLORES :
- FASE "R" : COLOR ROJO
 - FASE "S" : COLOR NEGRO
 - FASE "T" : COLOR AZUL
 - NEUTRO : COLOR BLANCO
 - TIERRA : COLOR VERDE
 - TIERRA : COLOR VERDE/AMARILLO (SOLO PARA CORRIENTE ESTABILIZADA)

NOTAS "B" :**NORMAS APLICADAS QUE ESTABLECE EL CODIGO NACIONAL ELECTRICIDAD Y LAS NORMAS TECNICAS PERUANAS****CNE SECCION 030 : CONDUCTORES :**

NTP 370.252 : CONDUCTORES ELECTRICOS PARA CABLES AISLADOS CON COMPUESTOS TERMOPLASTICO Y TERMOESTABLE PARA TENSIONES HASTA E INCLUSIVE 600V

CNE SECCION 060 : PUESTA A TIERRA :

NTP 370.303 : INSTALACIONES ELECTRICAS EN EDIFICIOS - PROTECCION PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD. PROTECCION CONTRA CHOQUES ELECTRICOS

NTP 370.053 : SEGURIDAD ELECTRICA, ELECCION DE MATERIALES ELECTRICOS EN LAS INSTALACIONES DE INTERIORES PARA PUESTA A TIERRA.

CNE SECCION 070 : METODOS DE ALUMBRADO :

NTP 370.301 : INSTALACIONES ELECTRICAS EN EDIFICIOS - SELECCION E INSTALACION DE EQUIPOS ELECTRICOS. CAPACIDAD DE CORRIENTE NOMINAL DE CONDUCTORES EN CANALIZACIONES

CNE SECCION 080 : PROTECCION Y CONTROL :

NTP-IEC 60898-1 : INTERRUPTORES AUTOMATICOS PARA PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTES EN INSTALACIONES DOMESTICAS Y SIMILARES PARTE 1 : INTERRUPTORES AUTOMATICOS PARA OPERACION C.A.

NTP-IEC 60947-2 : APARATO DE CONEXION Y DE MANDO DE BAJA TENSION (APARATURA DE BAJA TENSION)

NTP-IEC 61008-1 : INTERRUPTORES AUTOMATICOS PARA ACTUAR POR CORRIENTES RESIDUAL (INTERRUPTORES DIFERENCIALES) SIN DISPOSITIVO DE PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTES, PARA USO DOMESTICO Y SIMILARES PARTE 1 : REGLAS GENERALES

NTP-IEC 61009-1 : INTERRUPTORES AUTOMATICOS PARA ACTUAR POR CORRIENTES RESIDUAL (INTERRUPTORES DIFERENCIALES) CON DISPOSITIVO DE PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTES, PARA USO DOMESTICO Y SIMILARES PARTE 1 : REGLAS GENERALES

NTP 370.306 : INSTALACIONES ELECTRICAS EN EDIFICIOS - PROTECCION PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD. PROTECCION CONTRA LOS EFECTOS TERMICOS

Anexo F. Detalle de instalación de tablero de distribución (Expediente técnico)

Figura 7

