

Universidad Internacional De Las Américas

Carrera De Ingeniería Electromecánica

Trabajo Final De Graduación

Para Optar Por El Grado De Bachillerato En Ingeniería Electromecánica

Título de la Investigación:

“Rediseño Eléctrico y Análisis Comparativo de Costos para el cambio de un Sistema Convencional de Alimentadores por medio de Tubería y Cable a un Sistema Combinado de Ducto Barra y Cable Armado para un Hotel Vertical”

Nombre del Estudiante:

Sergio Armando Venegas Chaves

Tutor:

Ing. Billy Antonio Retana Peña

San José

Julio, 2025

Tabla de contenido

Lista de Figuras.....	5
Índice de Tablas	7
Rediseño Eléctrico Y Análisis Comparativo De Costos Para El Cambio De Un Sistema Convencional De Alimentadores Por Medio De Tubería Y Cable A Un Sistema Combinado De Ducto Barra Y Cable Armado Para Un Hotel Vertical.....	9
Planteamiento del Problema	9
Justificación	10
Objetivos.....	11
Objetivo General.....	11
Objetivos Específicos	11
Resumen.....	12
Limitaciones	13
Antecedentes	14
Internacionales.....	14
Nacionales	20
Marco Teórico.....	27
Reseña Histórica	27
Normativa	28
Definiciones.....	31
Certificaciones	37
Conductores Eléctricos.....	39
Sistemas de Canalización Eléctrica	44

Criterio para el Cálculo Eléctrico	46
Comparación Financiera.....	54
Marco Metodológico.....	60
Enfoque de la investigación.....	60
Diagrama de Flujo	61
Análisis de Resultados	67
Detalles generales del proyecto.	67
Diseño Eléctrico	69
Distribución Eléctrica Propuesta	73
Métodos de Cálculo	75
Cálculos de Carga Residenciales	75
Cálculos de Carga Comerciales	84
Dimensionamiento de Alimentadores de Potencia.....	108
Diagrama Unifilar del Rediseño	128
Análisis comparativo de propuesta complementaria	131
Ventajas y Desventajas Técnicas.....	133
Cálculo de Mano de Obra por instalación	136
Conceptualización de Mano Obra	139
Cálculo de Horas Hombre	142
Presupuesto de Materiales	150
Cuadro Comparativo Evaluación de Alternativas de Alimentación Eléctrica	151
Conclusiones y Recomendaciones	161
Conclusiones.....	161

Recomendaciones	166
Referencias.....	167
Anexos	170
Anexo 1A. Sección I de Diagrama unifilar	170
Anexo 1B. Sección II de Diagrama unifilar	171
Anexo 1C. Sección III de Diagrama unifilar	172
Anexo 1D. Sección IV de Diagrama unifilar	173
Anexo 2. Extracto de la Tabla 4 del Código Eléctrico Nacional (NEC)	174
Anexo 3. Extracto de la Tabla 4 del Código Eléctrico Nacional (NEC)	175
Anexo 4. Extracto de la Tabla 5 del Código Eléctrico Nacional (NEC)	176
Anexo 5. Extracto de la Tabla 5 del Código Eléctrico Nacional (NEC)	177
Anexo 6. Extracto de la Tabla 5 del Código Eléctrico Nacional (NEC)	178
Anexo 7. Extracto de la Tabla 8 del Código Eléctrico Nacional (NEC)	179
Anexo 8. Tabla técnica precios unitarios de materiales	180
Anexo 9. Tabla de precios para ducto barra de aluminio	182

Lista de Figuras

Figura # 1 <i>Sello de Certificado UL</i>	38
Figura # 2 <i>Sello de Certificado CSA</i>	39
Figura # 3 <i>Cable de Cobre Trenzado con Aislamiento RHHW</i>	41
Figura # 4 <i>Cable de Cobre Trenzado con Aislamiento THHN</i>	41
Figura # 5 <i>Cable de Aluminio Trenzado con Aislamiento XHHW-2</i>	42
Figura # 6 <i>Cable Armado de Aluminio Trenzado con Aislamiento XHHW-2 y Protección Metálica</i>	43
Figura # 7 <i>Componentes de Sistema Ducto Barra</i>	44
Figura # 8 <i>Tubería Conduit PVC Cédula 40</i>	45
Figura # 9 <i>Tubería para canalización tipo EMT</i>	46
Figura # 10 <i>Factores de Ajuste para más de tres Conductores</i>	49
Figura # 11 <i>Ampacidades de Conductores Aislados</i>	50
Figura # 12 <i>Conductor del Electrodo de Puesta a Tierra</i>	51
Figura # 13 <i>Calibre Mínimo de Conductores de Puesta a Tierra para Equipos</i>	52
Figura # 14 <i>Porcentaje de Sección Transversal de Tuberías para Conductos y Cables</i>	53
Figura # 15 <i>Diagrama de Enfoque Cuantitativo</i>	61
Figura # 16 <i>Alimentación Normal Sub-Estación Principal</i>	70
Figura # 17 <i>Alimentación Emergencia Sub-Estación Principal</i>	71
Figura # 18 <i>Factores de Demanda para cargas de Iluminación Residencial</i>	76
Figura # 19 <i>Factores de Demanda para cargas de Iluminación Residencial (Repetido para explicar el método de cálculo)</i>	78

Figura # 20 <i>Factores de Demanda para Plantillas Eléctricas Domésticas</i>	80
Figura # 21 <i>Factores de Demanda Para más de Tres Unidades de Vivienda</i>	82
Figura # 22 <i>Cargas de Iluminación en Ocupaciones Diferentes a Viviendas</i>	85
Figura # 23 <i>Factores de Demanda para Cargas de Iluminación en Hoteles</i>	87
Figura # 24 <i>Factores de Demanda para Receptáculos en Unidades Diferentes de las de Vivienda</i>	88
Figura # 25 <i>Factores de Demanda para Equipo de Cocina en Unidades Diferentes de las de Vivienda</i>	89
Figura # 26 <i>Factores de Demanda para Secadoras de Ropa Eléctricas</i>	90
Figura # 27 <i>Clasificación del Servicio Según el Ciclo de Operación</i>	91
Figura # 28 <i>Diagrama de Flujo del Sistema de Aire Acondicionado</i>	93
Figura # 29 <i>Factores de Demanda Para más de Tres Unidades de Vivienda (Repetido para explicar el método de cálculo)</i>	96
Figura # 30 <i>Sección de Diagrama Unifilar, Alimentación Normal</i>	128
Figura # 31 <i>Sección de Diagrama Unifilar, Alimentación Emergencia</i>	129
Figura # 32 <i>Sección de Diagrama Unifilar, Alimentación Tablero Principal y Tableros Habitaciones</i>	130
Figura # 33 <i>Fórmula para el cálculo del Factor de Mano de Obra</i>	141
Figura # 34 <i>Horas Hombre de Instalación para Tubería PVC SCH40</i>	142
Figura # 35 <i>Horas Hombre de Instalación para Cable de Cobre RHHW</i>	145
Figura # 36 <i>Horas Hombre de Instalación para Cable de Aluminio XHHW</i>	146
Figura # 37 <i>Horas Hombre de Instalación de Ducto Barra</i>	148

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Matriz de Conceptualización (Investigación con Enfoque Cuantitativo)</i>	62
Tabla 2 <i>Número de Habitaciones por nivel</i>	68
Tabla 3 <i>Area Total de Construcción</i>	68
Tabla 4 <i>Memoria de Cálculo Cargas de Habitaciones</i>	83
Tabla 5 <i>Memoria de Cálculo Cargas Areas Comunes</i>	97
Tabla 6 <i>Memoria de Cálculo de Ampacidades y Selección de Calibres para Alimentadores de Potencia</i>	109
Tabla 7 <i>Tabla Resumen Subestación Principal</i>	111
Tabla 8 <i>Tabla Resumen del Ducto Barra de Aluminio</i>	115
Tabla 9 <i>Tabla Resumen de Tableros Principales</i>	117
Tabla 10 <i>Tabla Resumen de Tableros de Habitaciones del 01 al 07</i>	121
Tabla 11 <i>Tabla Resumen de Tableros de Habitaciones del 08 al 15</i>	123
Tabla 12 <i>Tabla Resumen de Cargas</i>	126
Tabla 13 <i>Ventajas y Desventajas Técnicas</i>	134
Tabla 14 <i>Salario Promedio por Pareja Eléctrica</i>	139
Tabla 15 <i>Cálculo de Tiempos Consumidos en Otras Actividades</i>	140
Tabla 16 <i>Cálculo de Imprevistos</i>	141
Tabla 17 <i>Cálculo Horas Hombre con Factores para Tubería PVC SCH 40</i>	143
Tabla 18 <i>Cálculo Horas Hombre con Factores para Tubería EMT</i>	143
Tabla 19 <i>Cálculo de Horas Hombre para Accesorios EMT</i>	144
Tabla 20 <i>Cálculo Horas Hombre para Alimentadores con Factores</i>	147
Tabla 21 <i>Cálculo Horas Hombre Con Factores para Ducto Barra y Accesorios</i>	149

Tabla 22 <i>Cuadro Comparativo de Costos</i>	152
Tabla 23 <i>Cuadro Comparativo de Costos</i>	156
Tabla 24 <i>Resumen Comparativo de Propuestas</i>	160
Tabla 25 <i>Resumen de Ahorro Proyectado</i>	160

**Rediseño Eléctrico Y Análisis Comparativo De Costos Para El Cambio De Un Sistema
Convencional De Alimentadores Por Medio De Tubería Y Cable A Un Sistema Combinado
De Ducto Barra Y Cable Armado Para Un Hotel Vertical**

Planteamiento del Problema

Los sistemas eléctricos convencionales basados en tubería y cable de cobre pueden presentar riesgos de seguridad asociados a la conexión y desconexión de circuitos, así como dificultades en la detección y reparación de fallas. Además, el mantenimiento de estos sistemas resulta complejo y costoso a largo plazo. En este contexto, se plantea la necesidad de evaluar la implementación de un sistema de ducto barra y cable armado de aluminio, que ofrece una mayor seguridad, facilidad de mantenimiento y menor probabilidad de fallas.

¿Cuál es el beneficio de cambiar los alimentadores principales de un sistema eléctrico diseñado con cable de cobre y tubería a un sistema eléctrico alimentado por medio de ducto barra y cable armado en aluminio?

Justificación

Actualmente la tendencia de la construcción vertical a nivel mundial va en crecimiento, esto no solo influye en la optimización del espacio físico, sino también en la implementación de las diferentes tecnologías disponibles a nivel de diseño y construcción electromecánica.

Los sistemas eléctricos convencionales basados en tubería y cable de cobre, aunque han sido ampliamente utilizados durante décadas, presentan una serie de limitaciones que los hacen cada vez menos adecuados para las demandas actuales de las instalaciones eléctricas.

Es por esta razón que como profesionales de la ingeniería electromecánica debemos analizar las diferentes variables que existen al momento de diseñar o construir, para poder obtener los mejores resultados a nivel de optimización, tanto en el funcionamiento e instalación, como a nivel de costos.

Debido a estas razones es que el sistema de alimentación por medio de un ducto barra y cable armado de aluminio para edificaciones verticales se convierte en una opción a considerar; principalmente si tomamos en cuenta su estructura compacta que genera un mejor aprovechamiento del espacio físico.

Al evaluar la implementación de un sistema de ducto barra combinado con cable armado de aluminio en el Hotel, se estará contribuyendo no solo en términos técnicos, sino que también que contribuye a una mayor sostenibilidad y eficiencia energética, lo que se traduce en un menor impacto ambiental y menores costos operativos a largo plazo.

Objetivos

Objetivo General

Rediseñar el diagrama unifilar eléctrico y elaboración de una memoria de cálculo para el dimensionamiento del ducto barra y los alimentadores eléctricos en cable armado de aluminio, así como la variable de costos relacionados en la implementación de los sistemas para el Hotel.

Objetivos Específicos

- Establecer las cargas que determinan el funcionamiento del sistema eléctrico a rediseñar para la implementación de un sistema combinado de ducto barra y cable armado de aluminio.
- Elaborar la memoria de cálculo para el dimensionamiento de cargas del diseño propuesto, mediante los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera, basándose en la normativa vigente del código eléctrico nacional.
- Realizar el diagrama unifilar eléctrico con la propuesta de un sistema de alimentación combinado por medio de ducto barra y cable armado de aluminio mediante las plataformas de diseño gráfico empleadas en la carrera.
- Comparar las ventajas y desventajas de un sistema combinado por medio de ducto barra y cable armado de aluminio sobre uno convencional a través de cable de cobre y tubería.
- Determinar la viabilidad del proyecto por medio de un presupuesto detallado y cuadro comparativo de costos de ambas soluciones.

Resumen

El presente trabajo plantea el desarrollo de un rediseño eléctrico para un complejo hotelero, con énfasis en la zona residencial por ser el componente operativo central de la instalación. La investigación se enfoca en evaluar nuevas alternativas técnicas que permitan optimizar el sistema de acometidas eléctricas mediante la integración de ducto barra y cable armado de aluminio, en contraste con diseños convencionales basados en canalizaciones y cableado de cobre.

Durante el desarrollo se aplicará una metodología de cálculo estructurada, que permitirá definir la demanda eléctrica del complejo, dimensionar los alimentadores principales conforme al Código Eléctrico Nacional y establecer criterios técnicos aplicables a cada trayecto del sistema de distribución. Asimismo, se contempla el diseño gráfico del sistema eléctrico a través de un diagrama unifilar, el cual brindará claridad en la estructura propuesta y facilitará su interpretación durante las fases de ejecución.

La investigación tiene como propósito determinar la viabilidad técnica, normativa y económica de la solución formulada. Para ello se prevé realizar análisis comparativos entre la propuesta de rediseño y el sistema convencional, considerando parámetros como seguridad operativa, sostenibilidad de materiales, eficiencia constructiva y optimización presupuestaria.

Al concluir el estudio, se espera contar con una alternativa integral que responda a las exigencias reales de proyectos de construcción eléctrica en infraestructura hotelera, fortaleciendo la toma de decisiones mediante criterios fundados en normativas vigentes y principios de racionalidad técnica y económica.

Limitaciones

En el desarrollo de este trabajo de investigación se identifican diversas limitaciones que podrían influir en la precisión y aplicabilidad de los resultados. En primer lugar, se desconoce la metodología y el criterio de diseño utilizados para el cálculo de las cargas demandadas actuales, lo que genera incertidumbre en la estimación de la demanda eléctrica. Además, la información disponible sobre el consumo de los equipos a instalar puede sufrir modificaciones durante el proceso de implementación, afectando directamente el cálculo de la carga total. Por último, la distribución arquitectónica está sujeta a posibles cambios en el diseño o en las alturas de la edificación, lo que representa un factor crítico no contemplado en las estimaciones iniciales del sistema eléctrico.

Antecedentes

Internacionales

Antecedente 1

INSTITUCIÓN: Universidad Nacional Del Callao Facultad De Ingeniería Eléctrica Y Electrónica Escuela Profesional De Ingeniería Eléctrica. Perú.

TÍTULO: Sistema de ducto barra de cobre para canalizaciones eléctricas en una planta industrial.

AUTOR: Febres Robles Wilson Junior¹, Perez Charri Walter Michel², Pesantes Toledo Andy Walter³.

FECHA: 2020

Para el desarrollo de esta investigación se llevó a cabo un análisis detallado del sistema eléctrico existente, incluyendo la medición de cargas, la identificación de puntos débiles y la evaluación del cumplimiento de las normas eléctricas. Posteriormente, se diseñó un nuevo sistema basado en la tecnología de ducto barra, considerando los requerimientos de carga, la distribución de los equipos y las normas de seguridad aplicables. Finalmente, se procedió a la instalación y puesta en marcha del nuevo sistema, y se evaluó su desempeño.

Los resultados obtenidos en la planta industrial demuestran que la implementación del sistema de ducto de barra ha sido exitosa, mejorando significativamente el sistema de distribución eléctrica de emergencia.

Los beneficios obtenidos incluyen una mejora de la eficiencia energética en comparación con los sistemas convencionales con cable, reducción en los riegos al ser un sistema más compacto y seguro, tanto en la instalación como en la operación, genera una mayor flexibilidad para futuras modificaciones en la carga, además se pudo comprobar que a largo plazo la implementación de un sistema de ducto de barra resulta más rentable que un sistema convencional de cables de cobre, dando como resultado un ahorro de implementación de S/. 66,292.70 soles, que son aproximadamente ₡ 11,440 004.20 colones costarricenses.

Antecedente 2

INSTITUCIÓN: Escuela Universitaria De Posgrado. Perú.

TÍTULO: Alimentadores ducto barra que transportan energía eléctrica para optimizar la distribución espacial en centros empresariales.

AUTOR: Elescano Díaz Iván Orlando

FECHA: Agosto, 2022

La investigación tiene como objetivo principal demostrar que el sistema de ducto de barra es una alternativa más eficiente, económica y flexible para la distribución de energía eléctrica en centros empresariales, sin comprometer la calidad y seguridad del suministro eléctrico.

Este estudio es de gran relevancia para la industria de la construcción y para los propietarios de edificios comerciales, ya que ofrece una solución innovadora para optimizar el uso del espacio y reducir los costos de instalación y mantenimiento de los sistemas eléctricos.

Dicha investigación concluye que el uso de alimentadores tipo ducto de barra en instalaciones eléctricas de centros empresariales presenta múltiples ventajas en comparación con los sistemas tradicionales de cableado como lo es el ahorro de espacio, ya que, permite reducir significativamente el espacio ocupado por la infraestructura eléctrica, lo que optimiza la

distribución espacial en un ahorro de hasta un 49% en comparación con el sistema de cableado tradicional, además de una reducción en el tiempo de instalación y la disminución de costos con un ahorro de un 24% en los costos de materiales.

Antecedente 3

INSTITUCIÓN: Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

TÍTULO: Diseño y análisis comparativo técnico y económico en la distribución de energía eléctrica de baja tensión, con el sistema ducto barra versus el sistema convencional en el proyecto Avia.

FECHA: Mayo, 2020

Para esta investigación el sistema de ducto de barra se presenta como una solución más eficiente y flexible para la distribución de energía eléctrica en baja tensión, ofreciendo beneficios en términos de espacio, tiempo de instalación, capacidad de corriente y versatilidad, es por esta razón que este tipo de sistema resulta especialmente atractivo para proyectos donde el espacio es limitado y se requiere una alta densidad de carga, como en centros comerciales, edificios de oficinas y plantas industriales.

El objetivo principal de la investigación se enfoca en obtener una comparación detallada de los sistemas convencionales y de ducto de barra, lo que permitirá seleccionar el sistema más adecuado para diferentes tipos de edificaciones, considerando los requerimientos técnicos, económicos y ambientales de cada proyecto.

Tomando en cuenta las consideraciones mencionadas anteriormente, es que al analizar los resultados obtenidos se demuestra que el sistema de ducto de barra es superior en términos de optimización de espacio. Además, se pudo llegar a la conclusión que la reducción en el tamaño

de los tableros y la posibilidad de realizar una distribución más compacta de las cargas son ventajas significativas de este sistema, además que ofrece una mayor flexibilidad en el diseño y la instalación, permitiendo adaptarse a diferentes configuraciones y facilitar futuras modificaciones.

Antecedente 4

INSTITUCIÓN: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito Carrera De Ingeniería Eléctrica. Ecuador.

TÍTULO: Diseño eléctrico en bajo voltaje para una edificación considerando análisis de distintos escenarios constructivos.

AUTOR: Pedro Willian Farinango Guaña

FECHA: 2023

Podemos resumir que esta investigación busca encontrar el sistema eléctrico residencial más eficiente y rentable, considerando factores como la caída de tensión, la protección de los circuitos y el costo total del proyecto.

La forma en la que se desarrolló la investigación fue a través de una revisión exhaustiva de los conceptos y principios básicos de los sistemas eléctricos, con la cuál, se busca optimizar el diseño de las instalaciones eléctricas residenciales para hacerlas más eficientes y seguras, considerando el creciente consumo energético y las normativas vigentes.

En conclusión, se recomienda la implementación del sistema de ducto de barra en proyectos donde se requiera una alta densidad de carga, una mayor eficiencia energética y una estética superior. Sin embargo, es importante realizar un análisis detallado de cada proyecto específico para seleccionar la opción más adecuada, considerando factores como el presupuesto, las características del edificio y las normativas locales aplicables.

Antecedente 5

INSTITUCIÓN: Universidad Nacional Del Centro Del Perú Facultad De Ingeniería Eléctrica Y Electrónica.

TÍTULO: Mejoramiento del sistema de distribución de energía utilizando ducto de barras en las instalaciones eléctricas del museo nacional de arqueología del Perú en el distrito de Lurín.

AUTOR: Bach. Henry Jhonatan Ramon Gomez

FECHA: 2020

Parte del objetivo de este trabajo de investigación consiste en dar a conocer el posicionamiento del uso de ducto barra en una solución tecnológica superior para instalaciones eléctricas de gran envergadura, como museos, centros comerciales y edificios industriales. Sus ventajas en términos de eficiencia, seguridad, flexibilidad y sostenibilidad lo convierten en una opción atractiva tanto para los propietarios como para los usuarios finales.

Para el caso específico en el que se centra la investigación la implementación de esta tecnología no solo garantiza la protección del patrimonio cultural, sino que también contribuye a la eficiencia energética y a la sostenibilidad del edificio.

En conclusión, la implementación de ductos de barra en el Museo Nacional de Arqueología del Perú ha demostrado ser una solución técnica y económicamente viable para mejorar la eficiencia y la seguridad del sistema eléctrico. Los beneficios obtenidos en términos de reducción de la caída de tensión, mayor eficiencia técnica y ahorro económico hacen de esta tecnología una alternativa atractiva para otras instalaciones similares.

Antecedente 6

INSTITUCIÓN: Universidad Técnica Del Norte. Ibarra Ecuador.

TÍTULO: Propuesta de rediseño para modernización del sistema eléctrico de fuerza e iluminación de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas de la Universidad Técnica del Norte.

AUTOR: Willan Alcivar Pujota Pachito

FECHA: 2023

En el presente trabajo de investigación se busca transformar el sistema eléctrico de la facultad de ingeniería, haciéndolo más moderno, seguro y eficiente, para ello, se estudiarán las normas aplicables, se evaluará el estado actual y se propondrá una solución técnica que mejore la calidad del servicio eléctrico.

Para el procedimiento y desarrollo de la investigación se elaborará un presupuesto detallado que incluirá el costo de todos los materiales y equipos necesarios para llevar a cabo el rediseño del sistema eléctrico.

Este presupuesto servirá para determinar el costo total de la modernización y así poder presentarlo como una propuesta formal a la universidad, con el objetivo de obtener los fondos necesarios para ejecutar el proyecto.

Los resultados obtenidos de esta investigación realizada en la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA) identificó múltiples problemas en su sistema eléctrico. Estas deficiencias se debían principalmente al incumplimiento de normas eléctricas nacionales e internacionales, como la NFPA 70 y la NTE INEN 2345.

Parte de las recomendaciones para solucionar estos problemas es el reemplazo de equipos obsoletos por equipos modernos y eficientes, mejoramiento de la distribución de la energía

eléctrica para reducir pérdidas y mejorar la calidad del servicio, así como implementación de medidas de seguridad por medio de la instalación de dispositivos de protección que cumplan las normas eléctricas establecidas.

Nacionales

Antecedente 1

INSTITUCIÓN: Instituto Tecnológico De Costa Rica

TÍTULO: Propuesta de mejoras al sistema eléctrico de la planta FHACASA en Costa Rica

AUTOR: Alejandro Retana Tenorio

FECHA: Mayo, 2024

La problemática que abarca esta investigación es la antigüedad y falta de mantenimiento del sistema eléctrico de la planta. A pesar de ser vital para la producción, la infraestructura eléctrica de la planta presenta una serie de deficiencias que ponen en riesgo la seguridad de los trabajadores, la continuidad de las operaciones y la calidad de los productos.

Lo que se quiere lograr es transformar el sistema eléctrico de FHACASA en uno más seguro, eficiente y que cumpla con todas las regulaciones vigentes. Esto se logrará mediante una evaluación exhaustiva del estado actual, un diseño de mejoras basado en normas técnicas, un análisis de la calidad de la energía y una evaluación económica detallada.

Podemos mencionar que como parte de los resultados obtenidos en el rediseño del sistema eléctrico de FHACASA se ha revelado la necesidad de realizar mejoras significativas en la instalación actual. A través de un análisis del sistema existente y la aplicación de normas técnicas como el NEC 2014, NFPA 70E y SUCAL, se han identificado y cuantificado deficiencias en el diseño y la seguridad del cuarto eléctrico, las cuales comprometen el

funcionamiento óptimo y seguro de la instalación, además, las mediciones realizadas evidenciaron desviaciones significativas respecto a los límites establecidos por la norma SUCAL, lo que confirma la necesidad de implementar medidas correctivas.

Como parte de los beneficios asociados a las recomendaciones en la mejora del sistema se encuentran la reducción del riesgo de accidentes, optimización de la distribución de carga volviéndolo más eficiente, menor probabilidad de fallas que generen interrupciones en el servicio, así como el cumplimiento de la legislación vigente que facilita la obtención de certificaciones.

Antecedente 2

INSTITUCIÓN: Instituto Tecnológico De Costa Rica

TÍTULO: Rediseño eléctrico del sistema de potencia y emergencia del edificio la Colmena, San José, Costa Rica.

AUTOR: Daniel Brenes Céspedes

FECHA: Enero, 2019

La propuesta en esta investigación es transformar el sistema eléctrico del edificio La Colmena en un sistema moderno, seguro, eficiente y confiable, capaz de satisfacer las necesidades actuales y futuras de las instalaciones, cumpliendo con las normas técnicas más exigentes y garantizando la continuidad del servicio para las cargas críticas. A su vez este proyecto representa una inversión en la durabilidad del edificio La Colmena por medio de una metodología de rediseño que contemple la elaboración de diagramas unifilares, planos de instalación y cálculos detallados para todos los componentes del sistema eléctrico, selección de los equipos eléctricos más adecuados considerando las cargas y requerimientos del edificio,

además, de la instalación completa de todos los sistemas eléctricos, desde las acometidas hasta la alimentación de equipos especiales.

Con base en lo anterior se puede mencionar que el proyecto ha logrado transformar el sistema eléctrico del edificio, convirtiéndolo en una instalación moderna, segura y eficiente, asegurando que el mismo cuente con mayor seguridad contra riegos eléctricos internos o externos, una optimización del consumo energético y mejora de la iluminación, mayor confiabilidad de un suministro eléctrico ininterrumpido para las cargas críticas, cumplimiento a los estándares internacionales más exigentes y una capacidad de adaptarse a las futuras necesidades del edificio.

Antecedente 3

INSTITUCIÓN: Instituto Tecnológico De Costa Rica

TÍTULO: Rediseño del sistema eléctrico de la Fábrica Nacional de Licores.

AUTOR: Miguel Ramiro Quesada Bolaños

FECHA: Agosto, 2020

La principal razón de este trabajo de investigación surge debido a que la instalación eléctrica actual de la Fábrica Nacional de Licores, con más de 40 años de antigüedad, presenta obsolescencia, incumplimiento de normas de seguridad (NFPA 70, NEC 2014) y riesgos para la vida de las personas. Además, de la falta de eficiencia energética. Debido a esta problemática es que la modernización eléctrica representa una inversión altamente rentable que permitirá mejorar significativamente su seguridad, eficiencia y competitividad. La rápida recuperación de la inversión y los beneficios a largo plazo hacen de este proyecto una propuesta atractiva.

Como parte de las mejoras se encuentran el diseño y construcción de una nueva subestación para centralizar la alimentación eléctrica, Adaptación de los transformadores

existentes, diseño y/o adaptación de tableros de distribución en baja tensión, y un estudio de la demanda eléctrica en áreas específicas para dimensionar adecuadamente los circuitos.

Luego de la implementación de los objetivos propuestos se logró obtener la modernización de la instalación eléctrica, mejorando su eficiencia, lo que permitirá un mejor monitoreo de las variables eléctricas, cumplimiento de la normativa vigente, garantizando así la seguridad laboral, sumado a esto se estima que el tiempo de retorno de la inversión es menor a los dos años, lo que lo hace muy rentable para la compañía.

Antecedente 4

INSTITUCIÓN: Instituto Tecnológico De Costa Rica

TÍTULO: Rediseño del sistema eléctrico de la planta de Agregados del Quebrador Ochomogo

basado en análisis de la red actual instalada.

AUTOR: María Fernanda Reyes Delgado

FECHA: Enero, 2023

El proyecto busca optimizar las instalaciones eléctricas de Quebrador Ochomogo, garantizando su seguridad y eficiencia. Para lograrlo, se diseñará una nueva red eléctrica, se evaluará la capacidad de los equipos y se calculará el costo total de la implementación, para ello se realizará un estudio técnico para determinar la capacidad de los equipos eléctricos existentes y asegurar que puedan soportar posibles cortocircuitos sin dañarse, con base a los resultados de la inspección, se generarán propuestas de mejoras y actualizaciones para el sistema eléctrico, así como la elaboración de un presupuesto detallado que incluirá los costos de todos los materiales, equipos y mano de obra necesarios para implementar el nuevo diseño.

A modo de conclusión se pudo determinar que el proyecto ha logrado identificar y cuantificar las deficiencias existentes en las instalaciones eléctricas de la empresa y a su vez proponer las soluciones que permitirán una optimización en la distribución eléctrica simplificando el sistema y reduciendo los costos de mantenimiento, mejoras en la eficiencia energética corrigiendo el factor de potencia y reduciendo el consumo, así como la de aumentar la seguridad laboral con el cumplimiento de la normativa según la legislación.

Antecedente 5

INSTITUCIÓN: Instituto Tecnológico De Costa Rica

TÍTULO: Rediseño de los Sistemas Eléctricos de Emergencia del Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega (HCLVV) acorde con el Código Eléctrico Nacional y la Norma NFPA (National Fire Protection Association)

AUTOR: Sofía Alvarado Jiménez

FECHA: Noviembre, 2014

El presente proyecto tiene como objetivo rediseñar el sistema eléctrico de emergencia del hospital, con el fin de mejorar su fiabilidad y seguridad. Se realizará un análisis detallado el sistema eléctrico actual para verificar su correcto funcionamiento, se identificarán todas las posibles fallas y riesgos presentes en el sistema, clasificándolas por orden de importancia, los diferentes sistemas eléctricos se dividirán en subsistemas para facilitar su análisis y organización. El diseño final deberá cumplir con los requisitos del Código Eléctrico Nacional y garantizar la continuidad del servicio en áreas críticas como quirófanos, unidades de cuidados intensivos y salas de emergencia.

A modo de conclusión se pudieron identificar algunos problemas de diseño en el sistema eléctrico actual como lo son un uso excesivo de disyuntores individuales para cada tomacorriente

o luminaria, lo cual afecta la eficiencia del sistema, mezcla de dispositivos con diferentes características de consumo en la misma línea, lo que puede generar sobrecargas, inexistencia o errores en la identificación de los circuitos, que puede generar problemas al momento de realizar mantenimiento o cortes de emergencia, así como sobredimensionamiento en los calibres de alimentación de algunos tableros, que de haberse detectado a tiempo hubiese tenido un impacto positivo en la rentabilidad del proyecto.

Sin embargo, en términos generales se pudo llegar a la conclusión que, a pesar de los problemas identificados, el diseño actual del hospital se considera seguro y confiable para la demanda actual de energía y que la identificación de los problemas antes mencionados son un punto de partida para implementar las acciones correctivas necesarias.

Antecedente 6

INSTITUCIÓN: Instituto Tecnológico De Costa Rica

TÍTULO: Rediseño de la instalación eléctrica de la oficina del banco de Costa Rica del barrio el Carmen, San José

AUTOR: Jose Roberto Sanabria Guadamuz

FECHA: Noviembre, 2016

El objetivo principal del proyecto es optimizar la instalación eléctrica de la sucursal del Banco de Costa Rica en Barrio el Carmen, asegurando el cumplimiento de las normas y mejorando la seguridad y eficiencia del sistema.

A través de una inspección exhaustiva, análisis técnico y diseño detallado, se proporcionará una solución integral que permita a la institución contar con una infraestructura eléctrica confiable y segura.

Para cumplir dicho objetivo se dividió por etapas el método para llevar a cabo la remodelación de la instalación eléctrica y se estructuraron de la siguiente forma; Recopilación de la información para la identificación de requerimientos de los usuarios, estado de los equipos, distribución y carga actual, verificación de cálculos para comprobar tamaño de conductores y protecciones, optimización de la distribución por medio del análisis de la ubicación actual de los tableros, verificación del dimensionamiento del transformador según la carga demandada e instalada, revisión del sistema de puesta a tierra para verificar la resistencia y tamaño de los conductores, análisis por distorsión de armónicos para implementar medidas correctivas, confección de los planos que reflejen los cambios propuestos, y finalmente el cálculo de los costos para la implementación de la propuesta.

Con base las conclusiones de este proyecto de investigación se pudo determinar que el diseño inicial sobreestimó significativamente la demanda eléctrica, lo que sugiere una necesidad de ajustar los factores de demanda y diversidad para obtener una estimación más realista, con base a esto es que el factor de 50 VA/m² recomendado por el NEC parece ser adecuado para cubrir las cargas típicas de una sucursal bancaria, incluyendo iluminación, tomacorrientes, equipos de aire acondicionado y otras cargas especiales, además luego de la verificación del funcionamiento de los equipos instalados actualmente tanto el transformador como la planta de emergencia cumplen con los requisitos técnicos y de capacidad para la nueva instalación, lo que genera un ahorro en la implementación de la nueva propuesta de diseño.

También cabe mencionar que según el análisis realizado se pudo determinar que la principal causa de la distorsión armónica en la corriente eléctrica son los equipos de iluminación fluorescente, equipos de cómputo y los variadores de frecuencia de los aires acondicionados.

Marco Teórico

Reseña Histórica

En la Antigua Grecia, ya se había descubierto que frotar pieles sobre ámbar —resina de árbol fosilizada— era capaz de provocar una atracción entre ambos materiales. Es decir que ya eran conscientes de la electricidad estática. De hecho, Tales de Mileto describió este fenómeno aproximadamente en el año 600 a.C. y la propia etimología de la palabra “electricidad” deriva del latín *electrum*, que a su vez procede del griego *élektron*, que significa “ámbar”.

En tanto, durante el siglo XVII se desarrollaron numerosos descubrimientos relacionados con la electricidad, tales como la invención de un generador electrostático temprano, la diferenciación entre corrientes positivas y negativas, y la clasificación de materiales como conductores y aislantes.

En el 1800, ya en la Edad Contemporánea, uno de los avances más significativos en el estudio de la electricidad fue protagonizado por el físico italiano Alessandro Volta, quien descubrió que determinadas reacciones químicas podían producir electricidad y que construyó la pila voltaica (una de las primeras baterías eléctricas modernas).

Pero fue en 1831 cuando la electricidad se volvió más segura y viable para su uso en tecnología, cuando el científico británico Michael Faraday desarrolló el dínamo eléctrico. La invención de Faraday abrió el camino al científico estadounidense Thomas Edison y al científico británico Joseph Swan, quienes, en sus respectivos países y alrededor del 1878, desarrollaron la bombilla de luz de filamento incandescente.

A principios del 1900, el ingeniero e inventor serbio Nikola Tesla, uno de los nombres más destacados en la historia de las ciencias, realizó destacados aportes, no solo al estudio y la comprensión del fenómeno, sino también al surgimiento de la electricidad comercial.

Otros nombres destacados en el descubrimiento, la historia y el desarrollo de la electricidad incluyen, por ejemplo, al inventor escocés James Watt, al matemático francés André-Marie Ampère y al matemático y físico alemán George Ohm (Universidad ORT Uruguay, 2025).

Normativa

En Costa Rica existe un ente rector que establece y fiscaliza el cumplimiento de las normas establecidas en la legislación costarricense, que es, el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (CFIA).

Actualmente en nuestro país contamos con un código eléctrico nacional, que tiene como propósito la salvaguarda práctica de las personas y de los bienes de los riesgos que se derivan de una inadecuada instalación eléctrica o del uso de materiales y equipos para el manejo de la electricidad (Colegio de Ingenieros Electricistas, Mecánicos e Industriales, 2011). Es así que el CFIA en la asamblea de representantes del 23 de febrero de 2010, acordó mediante la sesión N° 02-09/10-AER, adoptar el “Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y la Propiedad” (Colegio de Ingenieros Electricistas, Mecánicos e Industriales, 2011).

El reglamento se rige en base a la Asociación Nacional de Protección contra el fuego (National Fire Protection Association (NFPA) de los Estados Unidos de América, la cual está definida en el Código Eléctrico Nacional (NEC) bajo la norma NFPA-70 2008 en su versión en español (Colegio de Ingenieros Electricistas, Mecánicos e Industriales, 2011). En el documento se detalla lo siguiente; “según el decreto ejecutivo del Código Eléctrico de Costa Rica para la seguridad de la Vida y de la Propiedad, números No. 36979-MEIC publicado en el diario oficial la Gaceta No. 33 del 15 de febrero del 2012 “RTCR 458:2011 Reglamento de Oficialización del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad”, el No. 38440-

MEIC publicado en La Gaceta No. 95 del 20 de mayo del 2014 “Reforma y Adición al Decreto Ejecutivo No. 36979-MEIC, RTCR 458:2011 Reglamento de Oficialización del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad, Publicado en La Gaceta No. 33 del 15 de febrero de 2012“, el No. 41505-MEIC publicado en La Gaceta No. 30 del 8 de febrero del 2019 “Reforma al Decreto Ejecutivo No. 36979-MEIC, RTCR 458:2011 Reglamento de Oficialización del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad, Publicado en La Gaceta No. 33 del 15 de Febrero de 2012” y el No. 43418-MEIC publicado en La Gaceta No. 33 del 18 de febrero del 2022 “Reforma, adiciones y modificaciones al Decreto Ejecutivo No. 36979-MEIC del 13 de diciembre de 2011, “RTCR 458:2011 Reglamento de Oficialización del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad”, publicado en La Gaceta No. 33 del 15 de febrero de 2012” (Colegio de Ingenieros Electricistas, Mecánicos e Industriales, 2011).

Después de la entrada en vigencia del decreto ejecutivo No. 36979-MEIC, se han realizado reformas adicionales que establece que “Los aspectos a evaluar en la verificación de la instalación eléctrica deberán basarse en la norma de la NFPA 70 Código Eléctrico Nacional (NEC, por sus siglas en inglés) vigente al momento de la construcción de la obra eléctrica según lo establecido en el Artículo 1° del Decreto Ejecutivo 36979-MEIC. Es decir, para toda obra eléctrica nueva, ampliación o remodelación construida con planos sellados por el CFIA entre el 15 de agosto de 2012 y el 7 de febrero del 2019 debe cumplir con la norma NFPA 70 NEC 2008 en idioma español, con la excepción del artículo 90 y de aquellas secciones que se encuentran afectados en el Reglamento del Código Eléctrico de Costa Rica para la seguridad de la vida y de la Propiedad. Posterior al 7 de febrero de 2019, toda obra eléctrica nueva, ampliación o remodelación construida con planos sellados por el CFIA debe cumplir con la norma NFPA 70

NEC 2014, con la excepción del artículo 90 y de aquellas secciones que se encuentran afectadas en el Reglamento del Código Eléctrico de Costa Rica para la seguridad de la vida y de la Propiedad. Y así en adelante para cuando entren en vigencia nuevas versiones de la NFPA 70 NEC. Para el caso de instalaciones eléctricas construidas con planos sellados antes del 15 de agosto de 2012, verificación de la instalación eléctrica deberá evaluarse con base en el Anexo B, Instalación eléctrica de "Peligro Inminente" o de "Alto Riesgo". Una instalación podrá tener varias zonas construidas en diferentes épocas por lo que cada una deberá ser evaluada con base en su respectiva norma vigente al momento de su construcción.” (Reforma Reglamento de Oficialización del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad (RTCR 458:2011), 2022).

La última actualización a la normativa se publicó en el diario oficial la Gaceta, N° 126 con fecha del miércoles 10 de julio del 2024, donde se indica “Que de conformidad con el artículo 1° del Reglamento de Oficialización del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad (RTCR 458:2011) Decreto Ejecutivo N° 36979-MEIC del 13 de diciembre de 2011, se informa a los interesados que se procedió a oficializar la norma NFPA-70 (Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad), en su última versión en línea denominada NEC 2020. En ese sentido informa, que las versiones en español de dicha norma, se encuentran disponibles en el Ministerio de Economía, Industria y Comercio (Biblioteca y Departamento de Reglamentación Técnica) y en la Sala de Consulta del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (CFIA) y en forma digital en español, previo registro en la página de la NFPA cuyo link <https://www.nfpa.org/codes-andstandards/nfpa-70-standard-development/70>. Adicionalmente, la versión física del documento

se encuentra también disponible a la venta en el Colegio de Ingenieros Electricistas, Mecánicos, Industriales y Afines (CIEMI), quien lo distribuye”.

Definiciones

Acometida.

Los conductores y el equipo para entrega de energía eléctrica desde la red local de servicio público, hasta el sistema de cableado del inmueble servido (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Alimentador.

Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida, la fuente de un sistema derivado separado u otra fuente de suministro de energía eléctrica y el dispositivo de protección contra sobre corriente final del circuito ramal (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Ampacidad.

Corriente máxima, en amperes, que un conductor puede transportar continuamente en condiciones de uso sin superar su temperatura nominal (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Canalización.

Canal encerrado de materiales metálicos o no metálicos, diseñado expresamente para contener cables, o barras colectoras, con funciones adicionales, según lo permitido en el presente Código (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Carga continua.

Carga cuya corriente máxima se prevé que circule durante tres horas o más (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Circuito ramal.

Conductores de circuito entre el dispositivo final contra sobre corriente que protege el circuito y la(s) salida(s) (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Conductor aislado.

Conductor recubierto por un material de composición y espesor reconocidos por este Código como aislamiento eléctrico (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Conductor de puesta a tierra, de equipo.

La trayectoria conductora que provea una trayectoria de corriente de falla a tierra y conecte entre sí piezas de metal de equipos que normalmente no sean portadoras de corriente y al conductor puesto a tierra del sistema o al conductor del electrodo de puesta a tierra o a ambos (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Corriente nominal de cortocircuito.

Posible corriente simétrica de falla a tensión nominal, a la cual un aparato o un sistema puede estar conectado sin sufrir daño que exceda los criterios de aceptación definidos (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Corriente nominal de interrupción.

La máxima corriente a la tensión nominal, que un dispositivo eléctrico es identificado que tiene previsto interrumpir, bajo condiciones normalizadas de ensayo (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020)

Electrodo de puesta a tierra.

Objeto conductor a través del cual se establece una conexión directa a tierra (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Energizado.

Conectado eléctricamente a una fuente de tensión o que es una fuente de tensión (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Factor de demanda.

Relación entre la demanda máxima de un sistema, o parte del mismo y la carga total conectada al sistema o a una parte del mismo en estudio (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Interruptor automático.

Dispositivo diseñado para que abra y cierre un circuito de manera no automática y para que abra el circuito automáticamente cuando se produzca una sobre corriente predeterminada, sin daños para sí mismo cuando esté aplicado correctamente dentro de su alcance nominal (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Interruptor de transferencia.

Dispositivo automático o no automático para transferir las conexiones de uno o más conductores de carga de una fuente de alimentación a otra (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Interruptor de uso general.

Interruptor diseñado para usarse en circuitos de distribución general y ramales. Su valor nominal se da en amperes y es capaz de interrumpir su corriente nominal a su tensión nominal (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Listado (Certificado).

Equipos, materiales o servicios incluidos en un listado (certificado) publicado por una organización aceptada por la autoridad competente, que se dedica a la evaluación de productos o

servicios, que realiza inspecciones periódicas de la producción de los equipos o materiales listados, o la evaluación periódica de servicios, y cuyo listado establece que el equipo, material o servicio cumple las normas debidamente establecidas o que ha sido probado y encontrado apto para un propósito especificado (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Panel de distribución (Tablero)

Panel o grupo de paneles diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel; incluyendo las barras conductoras, los dispositivos automáticos de protección contra sobre corriente, y está equipado o no con desconectores para el control de circuitos de iluminación, calefacción o potencia; está diseñado para ser instalado en un gabinete o caja de corte, colocado en o contra una pared o división, u otro soporte y accesible sólo por el frente (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Receptáculo (Tomacorriente).

Dispositivo de contacto instalado en la salida para que se conecte a él una clavija de conexión (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Salida.

Punto de una instalación eléctrica en el que se toma corriente para suministrarla a un equipo de utilización (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Sobrecarga.

Funcionamiento de un equipo por encima de su capacidad nominal de plena carga, o de un conductor por encima de su ampacidad nominal que, cuando persiste durante un tiempo suficientemente largo, podría causar daños o un calentamiento peligroso. Una falla como un cortocircuito o una falla a tierra no es una sobrecarga (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Sobre corriente.

Cualquier corriente que supere la corriente nominal de un equipo o la ampacidad de un conductor. Puede ser el resultado de una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Tablero de distribución (Switchboard).

Panel único de grandes dimensiones, marco o ensamble de paneles sobre cuyo frente, parte posterior o sobre ambos, se montan interruptores, dispositivos de protección contra sobretensión u otros, barras colectoras y generalmente, instrumentos. Estos ensambles son, en general, accesibles desde la parte posterior, así como desde el frente, y no han sido previstos para ser instalados en gabinetes (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Tensión (Voltaje).

La mayor diferencia de potencial raíz media cuadrática (eficaz, rms) entre dos conductores cualesquiera de un circuito considerado (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Tensión nominal (Voltaje, Nominal).

Valor nominal asignado a un circuito o sistema a los fines de designar convenientemente su clase de tensión (por ejemplo, 120/240 volts, 480Y/277 volts, 600 volts) (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Corriente Alterna.

Según la compañía nacional de fuerza y luz (CNFL), la señal de tensión varía con el tiempo, alternando entre valores positivos y negativos. La señal alterna su polaridad cada cierto tiempo y de ahí se deriva su nombre de corriente o tensión alterna.

Caída de Tensión.

Se le llama caída de tensión a la diferencia que existe entre el voltaje aplicado al extremo alimentador de una instalación y el obtenido en cualquier otro punto de la misma, cuando está circulando la corriente nominal (N. Bratu y E. Campero, 1995).

Diagrama Unifilar.

Es donde se muestra la información de los componentes principales del sistema de distribución eléctrica, como por ejemplo: “Calibre de acometidas y el material de los conductores ya sea cobre, aluminio o aluminio recubierto de cobre, elementos de protección, elementos de medición, alimentadores principales, sub alimentadores, puesta a tierra, identificación de tableros de distribución, centros de control de motores, bancos de capacitores, unidades de potencia ininterrumpida (UPS), grupos electrógenos, centros de carga, entre otros, según los requerimientos del proyecto” (Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA), 2020).

Directorio Eléctrico.

Es donde se muestra las características de cada Tablero, como, por ejemplo: “características eléctricas y físicas, carga eléctrica instalada y demandada, factor de potencia, corriente total, protecciones, alimentadores, calibre y aislamiento de los conductores, voltaje de operación, porcentaje de caída de tensión, entre otras” (Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA), 2020).

Carga Instalada.

Según la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). “Representa la capacidad total de consumo eléctrico de todos los equipos y dispositivos conectados a un sistema eléctrico en un determinado lugar”.

Carga Demandada.

La carga demandada, según el IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). “Se define como la potencia eléctrica máxima que un circuito, equipo o sistema eléctrico requiere durante un período de tiempo específico. Esta demanda puede variar dependiendo de factores como la hora del día, la estación del año y el tipo de carga (residencial, comercial, industrial)”.

Acometida en Paralelo.

Es una conexión eléctrica donde dos o más conductores de igual tamaño, tipo y material se utilizan en paralelo para suministrar energía a una carga (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Frecuencia.

Para el caso de Costa Rica, la señal de tensión que suministra cualquier distribuidora eléctrica, es de 60 ciclos por segundo, es decir, la señal repite su ciclo 60 veces en un segundo (ó 60Hz). Esta característica se conoce como frecuencia (f) y sus unidades son los Hertz (Hz). El tiempo (t) de cada ciclo es de 0,01667 segundos (Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), 2025).

Certificaciones

La Real Academia Española (RAE) define la certificación de diversas maneras, dependiendo del contexto en el que se utilice, ya que puede estar relacionada a aspectos como el de dar fe o testimonio de algo o algo más formal como acreditar una prueba documentada que confirma una determinada cualidad, conocimiento, equipo, producto o procedimiento.

A nivel mundial podemos encontrar diferentes entes que se encargan de certificar o acreditar, sin embargo, debido a la ubicación geográfica del país y a la facilidad de acceso de

equipos y materiales fabricados en el continente americano, la utilización de normas y estándares americanos son de los más utilizados.

Certificación UL (Underwriters Laboratories)

Líder global en ciencias de la seguridad, UL proporciona la experiencia, el conocimiento y los servicios necesarios para resolver los desafíos comerciales más críticos, desde pruebas, verificación y certificación, servicios de capacitación y consultoría, hasta soluciones digitales y analíticas (UL Solutions, 2025).

Figura # 1

Sello de Certificado UL



Nota. Reproducido del símbolo de certificación UL, <https://latam.ul.com/es>.

Certificación CSA (Canadian Standards Association)

Brindan servicios expertos de prueba, inspección y certificación que permiten a los fabricantes demostrar que sus productos cumplen con los estándares de seguridad, ambientales y de desempeño operativo aplicables para los mercados de todo el mundo (Group Testing & Certification Inc, 2025).

Figura # 2*Sello de Certificado CSA*

Nota: Reproducido del símbolo de certificación CSA, <https://www.csagroup.org>.

Conductores Eléctricos

Los conductores eléctricos, son aquellos materiales que ofrecen poca oposición o resistencia al paso de la corriente eléctrica por o a través de ellos.

Todos los metales son buenos conductores de la electricidad, sin embargo, unos son mejores que otros, es por ello que aquí se indican solamente los relacionados a la investigación, nombrándolos en orden decreciente en cuanto a calidad como conductor y haciendo la aclaración correspondiente en cuanto a su empleo (Becerril, 2005).

Cobre

El cobre electrolíticamente puro es el mejor conductor eléctrico, se emplea en más del 90% en la fabricación de conductores eléctricos, porque reúne las, condiciones deseadas para tal fin, tales como, alta conductividad, resistencia mecánica y flexibilidad (Becerril, 2005).

Aluminio

Es otro buen conductor eléctrico sólo que, por ser menos conductor que el cobre (61%), para una misma cantidad de corriente se necesita una sección transversal mayor en comparación con los conductores de cobre (Becerril, 2005).

Tipos de Conductores Eléctricos

En un principio, todos y cada uno de los fabricantes de conductores eléctricos clasificaban a los mismos con diferentes números, símbolos y nomenclaturas, provocando con ello confusión entre los trabajadores del ramo, al no saber a ciencia cierta si trabajaban con las mismas secciones transversales al diferir en simbología y número de un fabricante a otro.

Después de un estudio exhaustivo de todos y cada uno de los métodos para diferenciar las áreas transversales (calibres) de los conductores eléctricos y observando la fácil interpretación de la nomenclatura presentada por la Compañía American Wire Gauge (A.W.G.), ésta fue adoptada por lo que, para los calibres de los conductores eléctricos se les antecede con la leyenda. “Calibre No. A.W.G. o M. C. M”.

Las siglas M. C. M. nos están indicando el área transversal de los conductores eléctricos en “Mil Circular Mills” (Becerril, 2005).

Cable de Cobre Trenzado con Aislamiento RHH / RHW-2

El cable de cobre suave está diseñado para sistemas de distribución a baja tensión e iluminación, en instalaciones industriales con atmósferas altamente contaminadas, poseen además una cubierta de con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLPE), capacidad para trabajar en ambientes secos o húmedos, tensión máxima de operación 600 Voltios, temperatura máxima de operación en ambiente seco o húmedo 90°C, en emergencia 130°C y en cortocircuito 250°C. Adicionalmente cumplen con la prueba de resistencia a la propagación de la flama (Conductores Monterrey, 2025).

Figura # 3*Cable de Cobre Trenzado con Aislamiento RHHW*

Nota: Reproducido de la ficha técnica del producto, <https://viakon.com/categoria-producto/familia/baja-tension>.

Cable de Cobre Trenzado con Aislamiento THWN-2/THHN

El cable de cobre suave, con aislamiento termoplástico de policloruro de vinilo (PVC) y sobre capa protectora de poliamida (nylon) son productos de uso general usados en sistemas de distribución de baja tensión e iluminación, apropiados para instalarse en ambientes secos, húmedos o mojados, gran resistencia a la abrasión, al aceite y a los agentes químicos, debido a la sobre capa de nylon, tensión máxima de operación: 600 Voltios, temperatura máxima de operación 90°C en ambiente húmedo, seco y mojado, además cumplen la prueba de resistencia a la propagación de la flama (Conductores Monterrey, 2025).

Figura # 4*Cable de Cobre Trenzado con Aislamiento THHN*

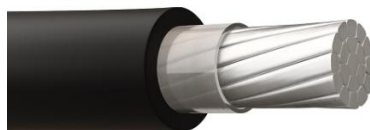
Nota: Reproducido de la ficha técnica del producto, <https://viakon.com/categoria-producto/familia/baja-tension>.

Cable de Aluminio Trenzado con Aislamiento XHHW-2

Cable formado por un cable de aleación de aluminio AA-8176, cinta separadora poliéster (opcional), con aislamiento de polietileno de cadena cruzada (XLPE), diseñados para uso general empleados en sistemas de distribución de baja tensión e iluminación, en edificios públicos instalaciones industriales, centros recreativos y comerciales, tienen una tensión máxima de operación de 600 Voltios, temperatura máxima de operación 90°C en ambiente seco, húmedo y mojado, 130°C en emergencia, 250°C en corto circuito, y además cumplen la prueba de resistencia a la propagación de la flama (Conductores Monterrey, 2025).

Figura # 5

Cable de Aluminio Trenzado con Aislamiento XHHW-2



Nota: Reproducido de la ficha técnica del producto, <https://viakon.com/categoria-producto/familia/baja-tension>.

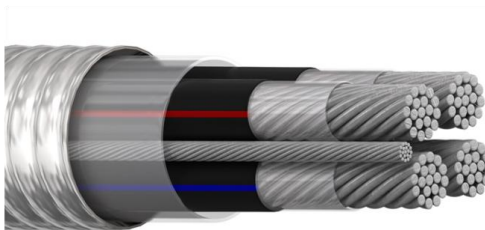
Cable de Aluminio XHHW-2 tipo MC (Cable Armado)

Cable ensamblado en fábrica de tres o cuatro conductores, formado por un conductor de aleación de aluminio AA-8176, cinta separadora poliéster (opcional), con aislamiento individual de polietileno de cadena cruzada tipo XHHW-2, llevan un cable desnudo para puesta a tierra, armadura engargolada de fleje de aleación de aluminio, diseñados para uso en acometidas,

alimentadores y circuitos derivados, poseen una tensión máxima de operación de 600 Voltios, temperatura máxima de operación en el conductor 90°C En ambiente seco, húmedo y mojado, 130°C en emergencia, 250°C en corto circuito. Además, el cable cumple densidad de humos y la prueba de flama de charola (canasta) según norma UL 1569 (Conductores Monterrey, 2025).

Figura # 6

Cable Armado de Aluminio Trenzado con Aislamiento XHHW-2 y Protección Metálica

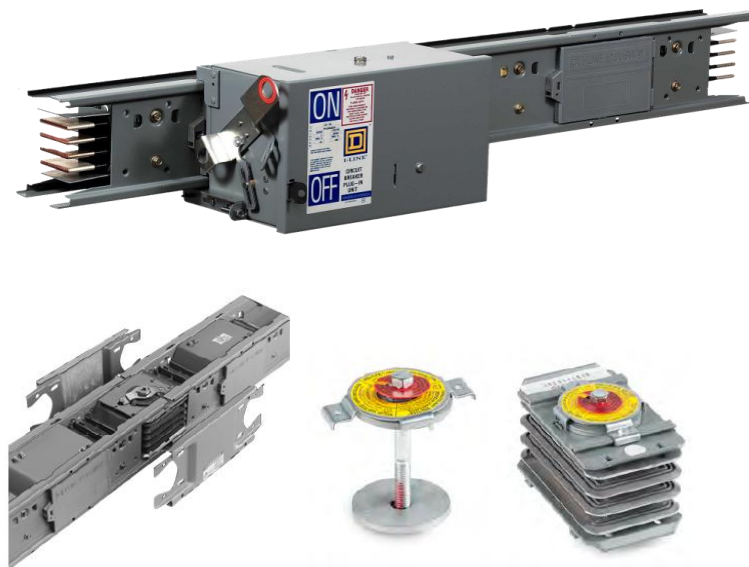


Nota: Reproducido de la ficha técnica del producto, <https://viakon.com/categoria-producto/familia/baja-tension>.

Ducto Barra (Busway)

Los ductos de Barras se utilizan para canalizar la corriente eléctrica en instalaciones industriales y comerciales. Están hechos de materiales de alta calidad y están disponibles en diferentes tamaños y formas para adaptarse a diferentes necesidades de instalación. Además, ofrecen una alta resistencia mecánica y a la corrosión para garantizar una larga vida útil.

Estos sistemas se pueden fabricar con barras conductoras de Cobre o Aluminio, carcasa protectora en acero, grado de protección IP40 hasta IP66, clasificación de zona sísmica 4, según norma CSA C22.2 No 27:1997, UL 857 (Schneider Electric, 2025).

Figura # 7*Componentes de Sistema Ducto Barra*

Nota: Reproducido de folleto técnico, <https://www.se.com/cr/es/product>.

Sistemas de Canalización Eléctrica

Tomando definiciones independientes según la RAE para canalización y electricidad, podemos concluir que una canalización eléctrica es un conducto o sistema de conductos especialmente diseñado para contener y proteger los cables eléctricos. Estos conductos pueden ser de diversos materiales (como PVC, metal o fibra) y pueden estar instalados de manera superficial o empotrada en paredes, techos o suelos.

Tubería PVC Cédula 40 (Policloruro de Vinilo) (Durman by aliaxis, 2025)

Este producto es utilizado para alojar y proteger conductores en instalaciones eléctricas. Aplica para uso industrial, comercial o residencial instalado expuesto en interiores o exteriores. Puede ser enterrado en zanjas con o sin relleno de concreto, en paredes livianas o de bloques, en instalaciones aéreas o expuestas en estructuras, etc. También puede ser instalado oculto en cielos

falsos o rasos, ductos y/o buitrones. Posee resistencia a esfuerzos (impacto y tensión), resistencia a la corrosión, resistente al sol, apto para uso de conductores de 90°C, resistente al fuego (auto extingible), Norma de referencia UL 651 (Durman by aliaxis, 2025).

Figura # 8

Tubería Conduit PVC Cédula 40



Nota: Reproducido de la ficha técnica del producto, <https://durman.com>.

Tubería EMT (Electrical Metallic Tubing)

Son tubos metálicos rígidos de acero tipo ligero, acabado galvanizado en línea por inmersión en caliente en el exterior, recubrimiento de zinc, resistente a la corrosión, recubrimiento interior aislante, fabricado bajo Norma UL-797 (Conduit RYMCO, 2025).

Figura # 9

Tubería para canalización tipo EMT



Nota: Reproducido de la ficha técnica del producto, <https://www.rymco.com.mx>.

Criterio para el Cálculo Eléctrico

En el diseño de instalaciones eléctricas una de las tareas más importantes (y más repetitivas) es el cálculo de la sección de los alimentadores, es decir, la especificación de los conductores que suministrarán energía eléctrica a una carga. De la precisión de estos cálculos depende, en buena medida, la seguridad y el buen funcionamiento de la instalación, así como el costo de la inversión inicial y de los gastos de operación y mantenimiento (N. Bratu y E. Campero, 1995).

Cálculo de Carga Instalada

La carga o potencia instalada (P_{inst}) es la sumatoria de los consumos nominales de cada elemento según sus datos de placa (N. Bratu y E. Campero, 1995).

$$P_{inst} = \sum P_j$$

donde: P_j = potencia de cada elemento, $j = 1, 2, \dots, n$.

Cálculo de Carga Demanda

La demanda máxima (P_{max}) es la carga o potencia máxima que podría ocurrir en una instalación (N. Bratu y E. Campero, 1995).

$$P_{max} = (fc) * P_{inst}$$

El factor de carga (fc) dependerá del tipo de carga instalada, dichos factores los establece el artículo 220 del código eléctrico nacional (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Caída de Voltaje

Las normas técnicas para instalaciones eléctricas recomiendan que la máxima caída de voltaje (desde la alimentación hasta la carga), no debe exceder al 5% de los cuales, el 3% se permite a los circuitos derivados (del tablero o interruptor a la salida) y el otro 2% se permite al alimentador (de la alimentación de servicio al tablero principal) (Enríquez Harper, 1996).

Las fórmulas aplicables para la caída de voltaje son las siguientes.

$$CT\ 1\emptyset = (2 * R * L * I)/1000$$

$$CT\ 1\emptyset\% = ((CT\ 1\emptyset)/V) * 100\%$$

$$CT\ 3\emptyset = ((2 * R * L * I)/1000) * 0.866$$

$$CT\ 3\emptyset\% = ((CT\ 3\emptyset)/V) * 100\%$$

Significado de la nomenclatura:

- CT 1Ø = Caída de Tensión Sistema Monofásico en Voltios.
- CT 3Ø = Caída de Tensión Sistema Trifásico en Voltios.
- L = Largo del Conductor en Pies.
- I = Corriente en el conductor en Amperes.
- V = Tensión del suministro en Voltios.
- R = Resistividad del conductor según Tabla 8 del NEC.
- CT 1Ø% = Porcentaje de la Caída de Tensión Sistema Monofásico.
- CT 1Ø% = Porcentaje de la Caída de Tensión Sistema Trifásico.

Selección del Calibre de los Conductores

La ampacidad de los conductores debe estar acorde con las secciones 310.15, además el calibre del conductor puesto a tierra del circuito alimentador, cuando esté instalado, no debe ser menor al exigido en la sección 250.122. Los conductores de los alimentadores de más de 600 volts se deben dimensionar de acuerdo con las secciones 215.2(B)(1), (B)(2) o (B)(3) (National Fire Protection Association (NFPA 70), 2020).

Figura # 10

Factores de Ajuste para más de tres Conductores

Tabla 310.15(B)(3)(a) Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente

Cantidad de conductores ¹	Porcentaje de los valores de las Tablas 310.15(B)(16) a 310.15(B)(19) ajustados para la temperatura ambiente, si fuera necesario
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y más	35

¹La cantidad de conductores es la cantidad total de conductores en la canalización o cable, incluidos los conductores de repuesto. El recuento debe ser ajustado de acuerdo con lo establecido en las secciones 310.15(B)(5) y (6). El recuento no debe incluir conductores que estén conectados a componentes eléctricos, pero que no puedan ser energizados simultáneamente.

Nota: Reproducido del Código Eléctrico Nacional, por National Fire Protection Association, 2020, Sección 310.15.

Figura # 11

Ampacidades de Conductores Aislados

Tabla 310.16 Ampacidades de conductores aislados, con no más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o la tierra (directamente enterrados)

Calibre AWG o kcmil	Temperatura nominal del conductor [Ver Tabla 310.104(A).]						Calibre AWG o kcmil
	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	60°C (140°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	
	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE, ZW	Tipos TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	Tipos TW, UF	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, USE	Tipos TBS, SA, SIS, THHN, THHW, THW-2, THWN-2, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
18**	—	—	14	—	—	—	—
16**	—	—	18	—	—	—	—
14**	15	20	25	—	—	—	—
12**	20	25	30	15	20	25	12**
10**	30	35	40	25	30	35	10**
8	40	50	55	35	40	45	8
6	55	65	75	40	50	55	6
4	70	85	95	55	65	75	4
3	85	100	115	65	75	85	3
2	95	115	130	75	90	100	2
1	110	130	145	85	100	115	1
1/0	125	150	170	100	120	135	1/0
2/0	145	175	195	115	135	150	2/0
3/0	165	200	225	130	155	175	3/0
4/0	195	230	260	150	180	205	4/0
250	215	255	290	170	205	230	250
300	240	285	320	195	230	260	300
350	260	310	350	210	250	280	350
400	280	335	380	225	270	305	400
500	320	380	430	260	310	350	500
600	350	420	475	285	340	385	600
700	385	460	520	315	375	425	700
750	400	475	535	320	385	435	750
800	410	490	555	330	395	445	800
900	435	520	585	355	425	480	900
1000	455	545	615	375	445	500	1000
1250	495	590	665	405	485	545	1250
1500	525	625	705	435	520	585	1500
1750	545	650	735	455	545	615	1750
2000	555	665	750	470	560	630	2000

*Ver sección 310.15(B)(2) para los factores de corrección de la ampacidad cuando la temperatura ambiente es distinta a 30°C (86°F)

**Ver sección 240.4(D) para limitaciones de protección contra sobrecorriente del conductor.

Nota: Reproducido del Código Eléctrico Nacional, por National Fire Protection Association, 2020, Sección 310.16.

Figura # 12

Conductor del Electrodo de Puesta a Tierra

Tabla 250.66 Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna

Calibre del mayor conductor no puesto a tierra de entrada de la acometida o área equivalente para conductores en paralelo ^a (AWG/kcmil)		Calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra (AWG/kcmil)	
Cobre	Aluminio o aluminio revestido de cobre	Cobre	Aluminio o aluminio revestido de cobre ^b
2 o menor	1/0 o menor	8	6
1 o 1/0	2/0 o 3/0	6	4
2/0 o 3/0	4/0 o 250	4	2
Más de 3/0 hasta 350	Más de 250 hasta 500	2	1/0
Más de 350 hasta 600	Más de 500 hasta 900	1/0	3/0
Más de 600 hasta 1100	Más de 900 hasta 1750	2/0	4/0
Más de 1100	Más de 1750	3/0	250

Notas:

1. Si conjuntos múltiples de conductores para la entrada de la acometida se conectan directamente a un bajada de la acometida, a un conjunto de conductores de acometida aérea, a un conjunto de conductores de acometida subterránea o acometida lateral, el calibre equivalente del conductor de mayor tamaño de entrada de la acometida se debe determinar por la mayor suma de las áreas de los conductores correspondientes de cada conjunto.
2. Cuando no hay conductores de entrada de la acometida, el calibre del conductor del electrodo de puesta a tierra se debe determinar por el calibre equivalente del mayor conductor de entrada de la acometida exigido para la carga que se va a alimentar.

^a Esta Tabla también se aplica a los conductores derivados de sistemas de c.a derivados separadamente.

^b Véanse las restricciones de la instalación, en la Sección 250.64(A).

Nota: Reproducido del Código Eléctrico Nacional, por National Fire Protection Association,

2020, Sección 250.66.

Figura # 13*Calibre Mínimo de Conductores de Puesta a Tierra para Equipos***Tabla 250.122 Calibre mínimo de conductores de puesta a tierra de equipos para puesta a tierra de canalizaciones y equipos.**

Valor nominal o ajuste de dispositivos automáticos contra sobrecorriente en circuitos antes del equipo, conducto, etc., sin exceder (Amperes)	Calibre (AWG o kcmil)	
	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre*
15	14	12
20	12	10
60	10	8
100	8	6
200	6	4
300	4	2
400	3	1
500	2	1/0
600	1	2/0
800	1/0	3/0
1000	2/0	4/0
1200	3/0	250
1600	4/0	350
2000	250	400
2500	350	600
3000	400	600
4000	500	750
5000	700	1200
6000	800	1200

Nota: Cuando sea necesario cumplir con la sección 250.4(A)(5) o (B)(4), el conductor de puesta a tierra del equipo debe ser dimensionado con un calibre mayor que el dado en esta Tabla.

*Véanse las restricciones de instalación en la sección 250.120.

Nota: Reproducido del Código Eléctrico Nacional, por National Fire Protection Association, 2020, Sección 250.122.

Dimensionamiento de las Canalizaciones Eléctricas

Para la selección de las canalizaciones el código eléctrico nacional (NFPA-70) establece una serie de tablas para la selección de las canalizaciones, según el material.

Figura # 14

Porcentaje de Sección Transversal de Tuberías para Conductos y Cables

Tabla 1 Porcentaje de sección transversal de conductos y tuberías para conductores y cables

Cantidad de conductores y/o cables	Área transversal (%)
1	53
2	31
Más de 2	40

Nota Informativa No. 1: La Tabla 1 se basa en las condiciones más comunes de cableado y alineación adecuados de los conductores, cuando la longitud del halado de los conductores y el número de curvas están dentro de los límites razonables. Sin embargo, es conveniente reconocer que para algunas condiciones se debería considerar un conducto de mayor diámetro o un porcentaje menor de ocupación del conducto.

Nota Informativa No. 2: Cuando se halan tres conductores o cables dentro de una canalización, si la relación de la canalización (diámetro interno) con el conductor o cable (diámetro externo) está entre 2.8 y 3.2, puede ocurrir un atascamiento. Aunque puede ocurrir un atascamiento cuando se halan cuatro o más conductores o cables en una canalización, la probabilidad es muy baja.

Nota: Reproducido del Código Eléctrico Nacional, por National Fire Protection Association, 2020, Capítulo 9.

Selección del Ducto Barra

Según el código eléctrico nacional (NFPA-70), en el artículo 368 se estipula, lo siguiente: “Este Artículo trata de las barras canalizadas (busway) de la entrada de la acometida, de los alimentadores y de los circuitos ramales, y los accesorios asociados”.

Comparación Financiera

Una vez establecidos los flujos de caja de los proyectos de inversión, el siguiente paso es evaluarlos financieramente, empleando varias técnicas o métodos. Las decisiones de inversión plantean gastos que se hacen con el propósito de generar hacia el futuro rendimientos para el inversionista (Álvarez Sánchez, 2017)

Técnicas para Evaluar Financieramente Proyectos de Inversión

Las técnicas o reglas de decisión comúnmente usadas para evaluar financieramente los proyectos de inversión son las siguientes (Álvarez Sánchez, 2017).

- Período de Recuperación (PR)
- Valor Presente Neto (VPN)
- Relación beneficio costo (B/C)
- Tasa interna de retorno (TIR)
- Tasa interna de retorno modificada (TIRM)

Estos métodos tienen en cuenta el valor del dinero en el tiempo, queriendo decir con ello que emplean una tasa de interés de descuento. En general, esta tasa debe ser la tasa de interés de oportunidad (i^*) del inversionista, o de la empresa dueña del proyecto. Otros nombres que se emplean a la hora de hacer las evaluaciones financieras son tasa de descuento, tasa de actualización, tasa mínima atractiva de rentabilidad (TMAR), costo de oportunidad, costo de capital, etc, (Álvarez Sánchez, 2017).

Período de Recuperación (PR)

El período de recuperación es la cantidad de tiempo que se requiere para recuperar la inversión inicial del proyecto mediante los flujos de caja producidos por él. Es entonces el tiempo que se requiere para alcanzar el punto de equilibrio económico o financiero. Este método tiene más que ver con la cobertura del riesgo de las inversiones y no con su rentabilidad (Álvarez Sánchez, 2017).

El cálculo del Período de Recuperación (PR) se realiza de la siguiente manera.

$$PR = \text{Año previo a la recuperación completa} + \\ (\text{Costo no recuperado al final del año previo}) / (\text{Flujo de caja del siguiente año})$$

Valor Presente Neto (VPN)

El Valor presente neto o VPN es la suma, en valor presente, de todos los flujos de caja (positivos y negativos) que ocurren en la actualidad y los que se espera que ocurran durante la vida del proyecto. Según sea positivo o negativo, representar generación o pérdida de valor para la persona o empresa que invierte. Generación de valor es sinónimo de enriquecimiento de los dueños del proyecto, y destrucción de valor lo es de empobrecimiento de ellos (Álvarez Sánchez, 2017).

El Valor presente neto se obtiene de la siguiente manera:

$$VPN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1 + i^*)^t} = 0$$

Sean:

I_0 : Inversión inicial en el año cero.

FC_t : Flujo de caja del proyecto en el año o periodo t (positivo o negativo).

i^* : Tasa de oportunidad.

Criterio de decisión:

Si $VPN > 0$ se acepta el proyecto.

Si $VPN < 0$ se rechaza el proyecto.

Si $VPN = 0$, hay indiferencia financiera, pero tampoco debiera realizarse el proyecto, puesto que esta situación de equilibrio entre ingresos y egresos no estaría generando riqueza para los inversionistas (que es lo que se requiere en los proyectos de inversión).

El concepto contenido en el criterio de decisión cuando se emplea el VPN se basa en valoración por riqueza (Álvarez Sánchez, 2017).

Relación Beneficio/Costo (B/C)

Consiste en calcular el cociente entre el valor presente de los beneficios (ingresos) y el valor presente de los costos del proyecto. Tanto el numerador como el denominador son flujos de caja netos (Álvarez Sánchez, 2017).

$$\frac{B}{C} = \frac{\text{Valor presente de ingresos}}{\text{Valor presente de costos}^{4*}}$$

*4 si los flujos de caja son todos positivos a partir del periodo 1, una expresión equivalente para la relación B/C es $VPN/I_0 + 1$.

Según el criterio de decisión un proyecto se acepta si la relación B/C es mayor a 1.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es una tasa que mide la rentabilidad de los saldos de dinero que permanecen invertidos en el proyecto. Por eso recibe el nombre de tasa interna de retorno. Esto hace que la tasa TIR sea una característica propia de cada proyecto y, además, independiente de la tasa de oportunidad del inversionista, pues considera reinversión, pero en el mismo proyecto y a la misma tasa TIR (Álvarez Sánchez, 2017).

Al ser la TIR una tasa interna generada implícitamente por los flujos de caja del proyecto, no depende de las tasas de interés que se presenten en el mercado (Álvarez Sánchez, 2017).

Matemáticamente, la tasa interna de retorno es la tasa de descuento que iguala el valor presente de los ingresos con el valor presente de los egresos de un proyecto. En otras palabras, es

la tasa de descuento que hace cero al VPN. De modo sencillo: si $VPN(i) = 0$, esto implica que, $i = TIR$ (Trabajos Académicos en Finanzas de Mercado y Finanzas Corporativas, 2017. p.12).

Para un proyecto de inversión, matemáticamente la TIR se obtiene resolviendo la tasa i para el VPN igualado a cero, como sigue:

$$VPN = -inversión\ inicial + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} = 0$$

La tasa i que satisface esta ecuación es la TIR.

Como el problema es de inversión, el criterio de decisión se establece así:

Si $TIR >$ tasa de oportunidad (i^*), se acepta el proyecto.

Si $TIR <$ tasa de oportunidad (i^*), se rechaza el proyecto.

Este criterio garantiza que el inversionista gana al menos su retorno requerido. Es claro que un proyecto se puede realizar si provee un retorno que exceda la tasa de oportunidad, es decir, cuando $TIR > i^*$, pues esta idea va en la misma línea de lo que se quiere con el VPN (Álvarez Sánchez, 2017).

Los criterios de decisión del VPN y la TIR usados en proyectos, como se ha visto, no siempre conducen a decisiones consistentes. La TIR es un criterio de calidad inferior al VPN (Álvarez Sánchez, 2017).

Porque:

- Implica un supuesto inadecuado con relación a la tasa de reinversión: el VPN asume reinversión a la tasa mínima requerida (tasa de interés de oportunidad), mientras que la TIR asume reinversión a la misma tasa TIR.
- Puede dar como resultado no sólo una tasa sino tasas de retorno múltiples.
- La TIR puede no existir y debe haber por lo menos un cambio de signo para que exista. El VPN siempre existe.
- La TIR no muestra el valor agregado para la empresa, es decir no está en función del principio de adición de valor. El VPN siempre nos muestra un valor monetario sea positivo, cero o negativo.
- Con el criterio de TIR podemos aceptar proyectos que destruyan valor. Esto es consecuencia de clasificaciones inconsistentes o conflictivas entre el VPN y la TIR, inconsistencias que resultan de la diferencia en la magnitud y periodo de ocurrencia de los flujos de efectivo.

Marco Metodológico

Enfoque de la investigación

Los enfoques cuantitativo, cualitativo y mixto constituyen posibles elecciones para enfrentar problemas de investigación y resultan igualmente valiosos. Son, hasta ahora, las mejores formas diseñadas por la humanidad para investigar y generar conocimientos (Hernández Sampieri et al., 2014).

A lo largo de la historia de la ciencia han surgido diversas corrientes de pensamiento (como el empirismo, el materialismo dialéctico, el positivismo, la fenomenología, el estructuralismo) y diversos marcos interpretativos, como el realismo y el constructivismo, que han abierto diferentes rutas en la búsqueda del conocimiento. Sin embargo, y debido a las diferentes premisas que las sustentan, desde el siglo pasado tales corrientes se “polarizaron” en dos aproximaciones principales de la investigación: el enfoque cuantitativo y el enfoque cualitativo (Hernández Sampieri et al., 2014).

Según lo referenciado por Hernández Sampieri, y debido a la naturaleza de la investigación, el enfoque con el cuál se desarrollará el rediseño eléctrico planteado es el cuantitativo.

Enfoque cuantitativo

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase.

Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para

probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis (Hernández Sampieri et al., 2014).

Diagrama de Flujo

A continuación, se muestra el esquema del diagrama de flujo.

Figura # 15

Diagrama de Enfoque Cuantitativo



Nota. Elaboración Propia.

Tabla 1*Matriz de Conceptualización (Investigación con Enfoque Cuantitativo)*

Objetivo	Variable	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional	Definición Instrumental
Determinar cargas para la implementación de un sistema eléctrico a rediseñar y el estudio de la opción base del diseño en cable de cobre.	Carga Instalada	Voltio Amperios	Capacidad total de consumo eléctrico de todos los equipos y dispositivos conectados a un sistema eléctrico	Realizar un proceso para identificar y cuantificar la potencia eléctrica demandada por todos los equipos y dispositivos que se conectarán al sistema, considerando las características específicas de un rediseño que utiliza ductos de barra y cables armados de aluminio y el estudio del diseño base por medio de cable de cobre.	NFPA 70 (NEC 2020)
	Carga Demandada	Voltio Amperios	Potencia eléctrica máxima que un circuito, equipo o sistema eléctrico requiere durante un período de tiempo específico	Cuantificar la potencia eléctrica que demandarán todos los equipos y dispositivos conectados al sistema eléctrico, con el objetivo de dimensionar adecuadamente el ducto barra, los cables armados de aluminio y los demás componentes del sistema, garantizando así un suministro eléctrico seguro y eficiente.	NFPA 70 (NEC 2020)

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 1

Matriz de Conceptualización (Investigación con Enfoque Cuantitativo)

(Continuación)

Objetivo	Variable	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional	Definición Instrumental
Elaboración de la memoria de cálculo.	Amperios	Localización de una condición de sobre corriente para restringir interrupciones en el circuito o en los equipos afectados.	Seleccionar las protecciones adecuadas (como interruptores automáticos) que garantizarán la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema.	NFPA 70 (NEC 2020)	
	Caída de Tensión	Voltios	Documento técnico detallado que justifica las decisiones tomadas en el diseño de un sistema eléctrico	Realizar un conjunto de cálculos matemáticos para determinar la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos de un circuito eléctrico, considerando los parámetros de la instalación. Siguiendo las normas y estándares establecidos.	NFPA 70 (NEC 2020)

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 1*Matriz de Conceptualización (Investigación con Enfoque Cuantitativo)**(Continuación)*

Objetivo	Variable	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional	Definición Instrumental
Elaboración de la memoria de cálculo.	Calibre Conductor	AWG / MCM	Medida que indica el grosor o sección transversal de un cable.	Elaborar el cálculo de las cargas eléctricas, la selección de los conductores adecuados y la justificación de estas decisiones basadas en normas técnicas y criterios de diseño.	NFPA 70 (NEC 2020)
	Calibre Conductor	AWG / MCM	Medida que indica el grosor o sección transversal de un cable.	Elaborar el cálculo de las cargas eléctricas, la selección de los conductores adecuados y la justificación de estas decisiones basadas en normas técnicas y criterios de diseño.	
	Diámetro de Tuberías	Milímetros	Valor estandarizado que se utiliza para identificar comercialmente las tuberías.	Realizar una serie de cálculos y análisis detallados para determinar el tamaño adecuado de las tuberías que alojarán los conductores eléctricos en una instalación.	NFPA 70 (NEC 2020)
Diseño de Diagrama Unifilar con un sistema de Ducto Barra y Cable Armado de Aluminio	Dibujo Técnico	DWG	Representación gráfica simplificada del sistema eléctrico.	Realización de un dibujo técnico desarrollado con una herramienta digital donde se muestran de forma esquemática los componentes principales (como fuentes de alimentación, cargas, dispositivos de protección, etc.) y sus interconexiones.	AutoCAD.

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 1*Matriz de Conceptualización (Investigación con Enfoque Cuantitativo)**(Continuación)*

Objetivo	Variable	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional	Definición Instrumental
Comparación técnica de un sistema eléctrico de ducto barra versus un sistema convencional por medio de cable de cobre y tubería.	Materiales	Dólares / colones	Valor total de los insumos necesarios para la instalación de los alimentadores eléctricos.	Análisis detallado y cuantitativo de las propiedades de los materiales empleados en ambos para identificar las ventajas y desventajas de cada material, así como su impacto en el desempeño, la vida útil y la seguridad de cada sistema.	Cotizaciones. Microsoft Excel.
	Equipos	Dólares / colones	Valor total de los instrumentos necesarios para la instalación de los equipos.	Revisión técnica de las características del ducto barra, así como los componentes requeridos para su instalación.	Cotizaciones. Microsoft Excel.

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 1*Matriz de Conceptualización (Investigación con Enfoque Cuantitativo)**(Continuación)*

Objetivo	Variable	Indicador	Definición Conceptual	Definición Operacional	Definición Instrumental
Viabilidad del proyecto	Presupuesto	Dólares	Estimación detallada de los costos asociados a la adquisición de todos los materiales y equipos necesarios para llevar a cabo un proyecto.	Realizar una lista de materiales y equipos en un formato que represente de forma numérica las cantidades y costos asociados a los materiales, equipos e instalación necesarios para la implementación de un proyecto de construcción electromecánica.	Cotizaciones. Microsoft Excel.
	Cuadro Comparativo	VAN / TIR	Permite visualizar de forma clara y concisa las diferencias y similitudes entre estos dos indicadores financieros, facilitando la toma de decisiones.	Elaboración de un análisis financiero que permita identificar la viabilidad del proyecto.	Microsoft Excel.

Nota. Elaboración Propia.

Análisis de Resultados

Detalles generales del proyecto.

Conceptualización.

El proyecto se desarrollará en una sola etapa constructiva, y contará con un edificio de diez pisos en total, distribuidos en once niveles, dado que cuenta con un nivel de Mezanine entre el piso uno y dos.

El Hotel albergará ciento veinte habitaciones en total y contará con áreas sociales exclusivas para sus huéspedes (área de lobby, terrazas internas, terrazas externas, restaurante, salas de reuniones, gimnasio, baños, área de esparcimiento, área de trabajo), pero también áreas sociales que podrán ser visitadas por particulares (restaurante, salas de conferencias, áreas sociales en azotea). Contará además con todas las áreas de soporte, administración y servicio, tales como oficina, cocina, oficina de ventas, bodega para banquetes, salas multi uso, oficina de chef, cocina para bar, cuarto de aseo, oficina de mantenimiento, bodegas de mantenimiento.

El edificio cuenta con dos cubos de escaleras de emergencias, tres elevadores, sistema de respaldo eléctrico (generador), sistema de supresión contra incendio con tanque de almacenamiento, tanque de almacenamiento de agua potable, planta de tratamiento de aguas residuales, tanque de gas, transformador propio, treinta y ocho espacios de parqueos, cuarto eléctrico, cuarto de telecomunicaciones y datos y cuarto de basura.

La cantidad estimada de habitaciones según el diseño arquitectónico, es la siguiente.

Tabla 2

Número de Habitaciones por nivel

Propuesta por Nivel	
Tipos de Habitación	Cantidad
Studio King A	12
Studio King Conector	1
One King End	1
Double Queen	1
Total	15

Nota. Elaboración Propia.

La distribución arquitectónica será de la siguiente según sus áreas será la siguiente:

Tabla 3

Area Total de Construcción

Tabla Resumen de Áreas	Area (m2)
Lobby	307,93
Comida y Bebida FOH	251,11
Recreativo	111,72
Sala de Reuniones	228,75
Habitaciones	4736,08
Pasillos de Habitación y Soporte	1376,12
Administración	1016,14
Total, Area de Construcción	8027,85

Nota. Elaboración Propia.

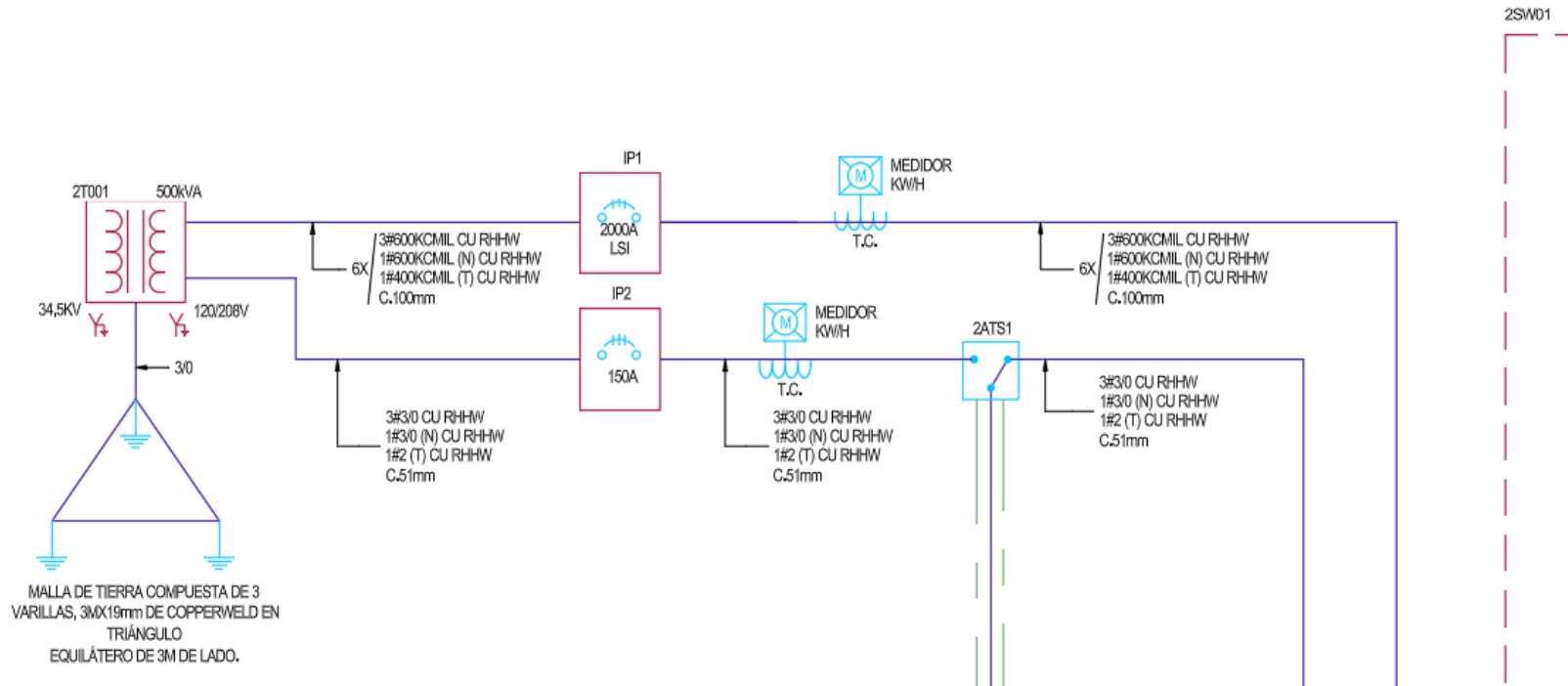
Diseño Eléctrico

Distribución Eléctrica Actual

El proyecto original posee una propuesta de alimentación por medio de un transformador de pedestal de 500 KVA con un voltaje primario de 34.5 KV y un voltaje secundario de 120/208 V; esto quiere decir que la entrada de energía del transformador es de 34500 voltios en media tensión y que el mismo suministra un voltaje en su salida de 120 a 208 voltios en baja tensión para la conexión de los equipos del edificio, siendo esta su tensión nominal. Dicho transformador alimenta en régimen normal una subestación principal, la cual en el ámbito comercial se conoce bajo de denominación de “SwitchGear” por su nombre en inglés. Cuando nos referimos a la corriente en régimen normal, se refiere al suministro de energía que brinda la compañía eléctrica de los servicios públicos.

Figura # 16

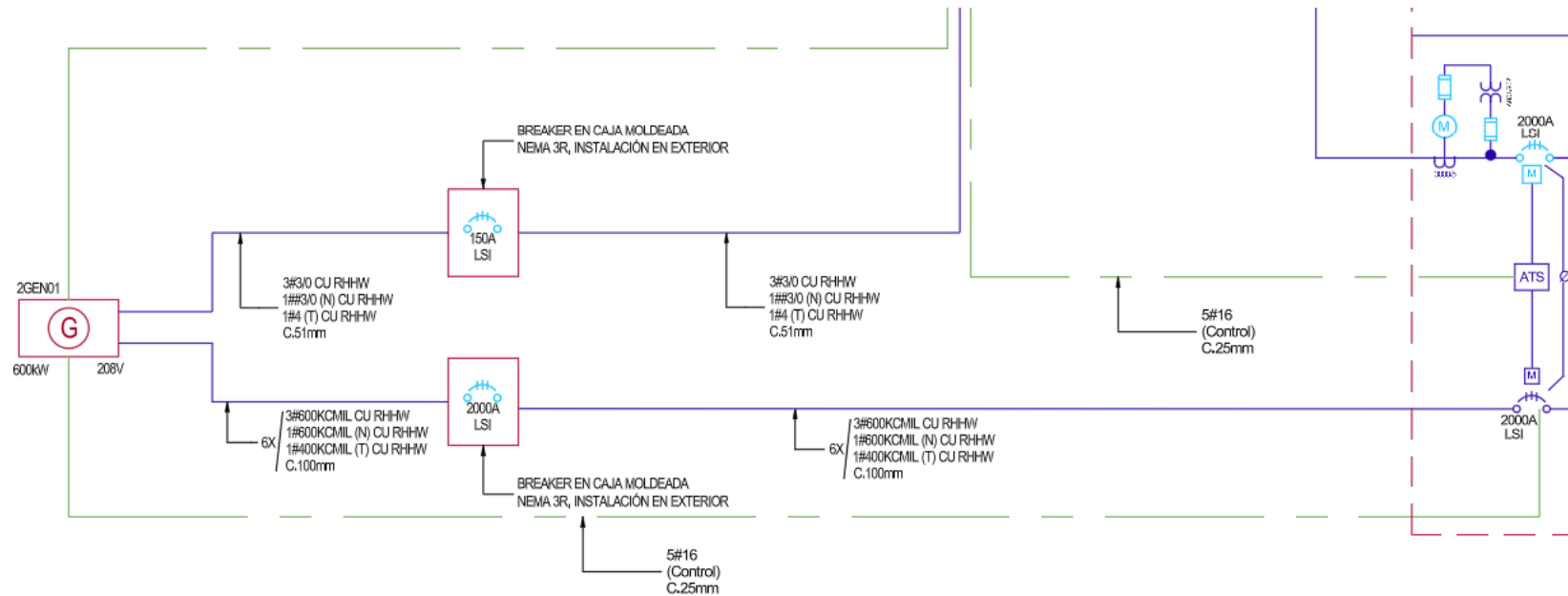
Alimentación Normal Sub-Estación Principal



Nota. Reproducido de Diagrama Unifilar Eléctrico, Sección A, Carazo Arquitectura, 2024, Imagen utilizada con fines académicos.

Figura # 17

Alimentación Emergencia Sub-Estación Principal



Nota. Reproducido de Diagrama Unifilar Eléctrico, Sección A, Carazo Arquitectura, 2024, Imagen utilizada con fines académicos.

La escogencia de la ampacidad de la subestación dependerá de la corriente requerida según el cálculo de cargas, este tipo de equipos cuentan con un rango especificado por el fabricante, así que para este caso se eligió su capacidad bajo el requerimiento eléctrico estimado.

La subestación está conformada por varios compartimientos, los cuáles internamente están conectados por medio de barras, las cuáles por lo general son de cobre o aluminio estañado. Cada uno de estos módulos o compartimientos están diseñados para una función específica; para nuestro caso subestación cuenta con in módulo que alberga un interruptor principal de 2000 A que es el que recibe la conexión desde el secundario del transformador de pedestal, además cuenta con un módulo de transferencia automática para la conexión de la planta de emergencia.

La transferencia automática, también conocida como “ATS” por sus siglas en inglés (Automatic Transfer Switch) es la que permite el cambio del suministro de energía normal al de emergencia, que es la que suministra la planta de emergencia en caso de un desabastecimiento de la energía proveniente del proveedor de servicio.

Además, cuenta con otros módulos para la instalación de los disyuntores, también conocidos como “Breaker” para la conexión de las cargas principales para la distribución de la energía del edificio. La subestación se encuentra ubicada en el cuarto principal eléctrico en el primer nivel.

La distribución de las cargas del edificio está conformada por medio de tableros principales alimentados desde la subestación. La configuración de las acometidas de alimentación de estos tableros está compuesta por medio de canalizaciones en tubería metálica tipo EMT, y cable de cobre trenzado con aislamiento tipo THHN.

Estas alimentaciones viajan de forma horizontal desde la subestación hasta llegar a un ducto eléctrico donde se realiza un cambio de dirección vertical para que las mismas viajen a

través de un ducto eléctrico que coincide con los cuartos eléctricos secundarios de cada nivel hasta llegar al nivel de azotea.

Los tableros principales se encuentran ubicados en estos cuartos eléctricos secundarios de cada nivel del edificio para la canalización y cableado de las acometidas secundarias, las mismas se realizan en tubería metálica tipo EMT y cable de cobre trenzado con aislamiento THHN para la alimentación de los tableros de cargas de áreas comunes para iluminación, tomas generales y salidas especiales, tableros para equipos de aire acondicionado, ventilación y extracción forzada, tableros de equipos como sistemas de bombeo, equipos de filtración, bombas de recirculación y bombas de achique, tableros para cargas de habitaciones, así como otras cargas independientes como elevadores, paneles de control de sistemas de seguridad y telecomunicaciones.

Distribución Eléctrica Propuesta

La propuesta de rediseño se enfoca en el cálculo y dimensionamiento de las cargas requeridas en las habitaciones, dejando por fuera el cálculo de las cargas de las áreas comunes, esto debido a que no se cuenta con las especificaciones de las placas de consumo de los equipos a instalar, así que por esta razón se toman las cargas indicadas en la documentación del diseño original para el cálculo de la carga total requerida restante y comprobar que la capacidad del transformador de pedestal propuesto en el diseño cumple a cabalidad con la carga total demandada, esto en función de la carga calculada para la cantidad de habitaciones indicadas.

Este rediseño contempla a su vez las mismas rutas y ubicaciones de los equipos según el diseño original. El cambio se da principalmente en el material del cable de alimentación de algunas de las acometidas que estén vinculadas directa o indirectamente a la alimentación de las cargas de las habitaciones.

Es por esta razón que se toman como parte del rediseño eléctrico las dos acometidas principales que alimentan la subestación principal. Haciendo referencia específica tanto a la acometida de potencia en régimen normal como la de emergencia.

Estas alimentaciones provienen una desde el secundario del transformador de pedestal hasta la subestación principal y la otra viene desde la planta de emergencia hasta la transferencia automática integrada en la subestación principal, las mismas viajan enterradas en canalización PVC SCH40 UL y cable trenzado de Aluminio con aislamiento XHHW.

La distribución de las acometidas eléctricas para la alimentación de las cargas dentro del edificio estará conformada por medio de los tableros principales ubicados en los cuartos eléctricos secundarios de cada nivel, tal y como se estableció en el diseño original. La alimentación eléctrica de estos tableros será por medio de un Ducto Barra de 1200 A construido internamente con barras de distribución de Aluminio.

La conexión con el Ducto Barra se realizará por medio de cajas de conexión denominadas como “Plug-In”, estos componentes son fabricados exclusivamente para sistemas de Ducto Barra de cada fabricante.

Estos dispositivos permitirán realizar la conexión de la acometida de alimentación eléctrica de los tableros principales por medio de un cable armado con forro metálico, también conocidos como tipo “MC” por sus siglas en inglés (Metal Clad) conformado por cables de aluminio con aislamiento XHHW.

Las cargas correspondientes a los tableros de cada habitación se alimentarán de estos tableros principales por medio de cable armado con forro metálico conformado por cables de aluminio con aislamiento XHHW.

Métodos de Cálculo

Como se estableció anteriormente para poder determinar los tipos de cargas instalada y demandada se aplicarán métodos de cálculo según los artículos del código eléctrico nacional “NEC” por sus siglas en inglés (National Electrical Code), en su versión 2020 en español.

Cálculos de Carga Residenciales

La carga instalada corresponde al consumo de potencia nominal de los diferentes tableros eléctricos, equipos y demás dispositivos que para su funcionamiento requieren de energía eléctrica.

Para el dimensionamiento de la carga instalada para el total de habitaciones se aplicaron los Artículos correspondientes del código eléctrico vigente para cargas de unidades de vivienda.

Cargas de Iluminación y Tomas Generales

Según lo indica el código eléctrico nacional en el artículo 220.14(J), establece que, para unidades de vivienda unifamiliares, bifamiliares o multifamiliares, la carga unitaria mínima no debe ser inferior a 33VA/m² (voltiamperios por metro cuadrado), y que dentro del cálculo de la carga no se requerirá cargas adicionales para estas salidas.

Para determinar el área de piso para el cálculo de la carga instalada se aplica el artículo 220.11 del código eléctrico nacional, que indica que dentro del área total no deben considerarse pórticos abiertos o espacios abiertos no utilizados.

Determinados los parámetros para el cálculo de las cargas instaladas, se procede a la aplicación de los factores de demanda, según lo establece la tabla 220.42 del código eléctrico nacional.

Figura # 18*Factores de Demanda para cargas de Iluminación Residencial***Tabla 220.42 Factores de demanda de cargas de iluminación**

Tipo de ocupación	Parte de la carga de iluminación a la que se aplica el factor de demanda (voltamperes)	Factor de demanda (%)
Unidades de vivienda	Primeros 3000 al	100
	De 3001 a 120,000 al	35
	Resto a partir de 120,000 al	25
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocina para los inquilinos*	Primeros 20,000 o menos al	60
	De 20,001 a 100,000 al	50
	Resto a partir de 100,000	35
Depósitos (almacenamiento)	Primeros 12,500 o menos al	100
	Resto a partir de 12,500 al	50
Todos los demás	Voltamperes totales	100

* Los factores de demanda de esta tabla no deben aplicarse a la carga calculada de los alimentadores o acometidas que dan suministro a áreas de hoteles y moteles en las que es posible que se deba utilizar toda la iluminación al mismo tiempo, como salones de baile o comedores.

Nota. Reproducido del Código Eléctrico Nacional, por National Fire Protection Association, 2020, Sección 220.42.

Según la tabla anterior para el cálculo total de la carga demandada se aplican los factores de demanda de la siguiente forma. Los primeros 3000 VA se les aplica un factor del 100%, de los 3001 VA a 120 000 VA un factor del 35% y para la carga restante se aplica un factor del 25%.

Con esto podremos obtener el total de la carga demanda en todas las habitaciones para los circuitos ramales correspondientes a cargas de iluminación y cargas generales (receptáculos).

Cargas de Pequeños Electrodomésticos

Para el cálculo de cargas relacionadas a los aparatos electrodomésticos se aplica lo indicado en el artículo 210.11(C)(1), que establece lo siguiente; Se deben proporcionar dos o más circuitos ramales de 20 amperios para alimentar las salidas para electrodomésticos pequeños.

La clasificación de los equipos definidos como pequeños electrodomésticos se indica en el artículo 210.52(B), que establece que se deben considerar como tal los ubicados en cocina, despensa, desayunador, comedor o área similar de una unidad de vivienda.

El cálculo de la carga instalada se realiza con base a lo indicado en el artículo 220.52 del código eléctrico nacional, que establece, para cada unidad de vivienda la carga debe calcularse a 1500 VA por cada circuito ramal que alimenten las salidas para la conexión de pequeños electrodomésticos.

Para determinar los parámetros del cálculo de las cargas demandadas, se procede a la aplicación de los factores de demanda indicados en el artículo 220.52, donde se menciona la posibilidad de aplicar los mismos factores de demanda establecidos en la tabla 220.42 del código eléctrico nacional.

Figura # 19**Factores de Demanda para cargas de Iluminación Residencial (Repetido para explicar el método de cálculo)****Tabla 220.42 Factores de demanda de cargas de iluminación**

Tipo de ocupación	Parte de la carga de iluminación a la que se aplica el factor de demanda (voltamperes)	Factor de demanda (%)
Unidades de vivienda	Primeros 3000 al	100
	De 3001 a 120,000 al	35
	Resto a partir de 120,000 al	25
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocina para los inquilinos*	Primeros 20,000 o menos al	60
	De 20,001 a 100,000 al	50
	Resto a partir de 100,000	35
Depósitos (almacenamiento)	Primeros 12,500 o menos al	100
	Resto a partir de 12,500 al	50
Todos los demás	Voltamperes totales	100

* Los factores de demanda de esta tabla no deben aplicarse a la carga calculada de los alimentadores o acometidas que dan suministro a áreas de hoteles y moteles en las que es posible que se deba utilizar toda la iluminación al mismo tiempo, como salones de baile o comedores.

Nota. Repetición de la Figura #18. Reproducido del Código Eléctrico Nacional, por National Fire Protection Association, 2020, Sección 220.42.

Aplicando lo permitido según el artículo 220.52 para el cálculo total de la carga demandada de pequeños electrodomésticos, se aplican los factores de demanda de la siguiente forma. Los primeros 3000 VA se les aplica un factor del 100%, de los 3001 VA a 120 000 VA un factor del 35% y para la carga restante se aplica un factor del 25%.

Cargas de Cuarto de Baño

Con base a lo indicado en el artículo 210.11(C)(3) del código eléctrico nacional, se debe proporcionar uno o más circuitos ramales de 120 voltios, 20 amperios para alimentar las salidas de receptáculos de cuarto de baño requeridas, en las ubicaciones indicadas en según el artículo 210.52(D).

El cálculo de la carga instalada se realiza según lo indicado en el artículo 220.14(I) para todas las salidas, excepto las indicadas en los artículos 220.14 (J) y 220.14(K), las salidas de receptáculos se deben calcular a no menos de 180 VA para cada receptáculo sencillo o múltiple en el mismo yugo.

El cálculo de la carga instalada para el circuito de baño se considera incluida dentro del cálculo de las cargas de iluminación y tomas generales, según lo permitido en el oficio “Método estándar para el cálculo de carga para una unidad de vivienda”, emitido por el colegio federado de ingenieros y arquitectos de Costa Rica. Por lo que la carga instalada calculada se resta a la carga total instalada para iluminación y tomas generales.

Carga de Plantilla de Cocina

La carga instalada se realiza según lo indicado en el artículo 220.55 del código eléctrico nacional, establece que, la carga para estufas eléctricas domésticas, hornos, de pared, unidades de cocción montadas en mesones y otros aparatos domésticos de cocción con una capacidad nominal individual mayor de $1\frac{3}{4}$ KW (Kilowatts), debe calcularse de acuerdo con la tabla 220.55. Para las cargas calculadas en esta sección, los kilovoltios amperios (KVA) se deben considerar equivalentes a los kilowatts (KW).

Figura # 20

Factores de Demanda para Plantillas Eléctricas Domésticas

Tabla 220.55 Factores de demanda y cargas para estufas eléctricas domésticas, hornos de pared, unidades de cocción en mesones y otros electrodomésticos de cocción de más de $1\frac{1}{4}$ kW nominales (la columna C se aplica en todos los casos, excepto lo permitido en contrario en la Nota 3)

Número de aparatos	Factor de Demanda (%) (ver notas)		Columna C Demanda máxima (kW) (ver notas) (no más de 12 kW nominales)
	Columna A (menos de $3\frac{1}{2}$ kW nominales)	Columna B (de $3\frac{1}{2}$ kW hasta $8\frac{3}{4}$ kW nominales)	
1	80	80	8
2	75	65	11
3	70	55	14
4	66	50	17
5	62	45	20
6	59	43	21
7	56	40	22
8	53	36	23
9	51	35	24
10	49	34	25
11	47	32	26
12	45	32	27
13	43	32	28
14	41	32	29
15	40	32	30
16	39	28	31
17	38	28	32
18	37	28	33
19	36	28	34
20	35	28	35
21	34	26	36
22	33	26	37
23	32	26	38
24	31	26	39
25	30	26	40
26-30	30	24	15 kW + 1 kW por cada estufa
31-40	30	22	
41-50	30	20	25 kW + $\frac{1}{2}$ kW por cada estufa
51-60	30	18	
61 y más	30	16	

Notas:

1. Todas las estufas del mismo valor nominal y de más de 12 kW hasta 27 kW. Para estufas individuales de más de 12 kW, pero no más de 27 kW nominales, se debe aumentar la demanda máxima de la columna C en un 5 por ciento por cada kilowatt nominal adicional, o fracción por la cual el valor nominal de una estufa individual excede los 12 kW.
2. Estufas de más de $8\frac{3}{4}$ kW hasta 27 kW de distinto valor nominal. Para estufas con potencia individual nominal de más de $8\frac{3}{4}$ kW y de diferente capacidad nominal, pero que no superen los 27 kW, se debe calcular un valor nominal promedio, sumando las capacidades nominales de todas las estufas, para obtener la carga total conectada (usando 12 kW por cada estufa de menos de 12 kW nominal) y dividiéndola por el número total de estufas. Después se debe aumentar la demanda máxima de la columna C en un 5 por ciento por cada kilowatt o fracción en que este valor promedio exceda los 12 kW.
3. De más de $1\frac{1}{4}$ kW, hasta $8\frac{3}{4}$ kW. En lugar del método de la columna C, será permitido sumar el valor nominal de la placa de características de todos los aparatos de cocción de más de $1\frac{1}{4}$ kW nominales pero máximo de $8\frac{3}{4}$ kW y multiplicar la suma por los factores de demanda especificados en las columnas A o B, según el número de aparatos. Cuando la potencia nominal de los aparatos de cocción corresponda a las columnas A y B, se deben aplicar los factores de demanda de cada columna a los aparatos de esa columna y sumar los resultados.
4. Carga del circuito ramal. Se permitirá calcular la carga del circuito ramal para una estufa de acuerdo con la Tabla 220.55. La carga del circuito ramal para un horno de pared o una unidad de cocción de mesón debe ser el valor nominal de la placa de características del aparato. La carga de un circuito ramal de una unidad de cocción de mesón y máximo dos hornos de pared, conectados todos al mismo circuito ramal y situados en la misma cocina, se debe calcular sumando los valores nominales de la placa de características de cada aparato y considerando ese total como equivalente a una estufa.
5. Esta tabla también debe aplicarse a artefactos domésticos de cocción de más de $1\frac{1}{4}$ kW nominales utilizados en programas educativos.

Nota. Reproducido del Código Eléctrico Nacional, por National Fire Protection Association,

2020, Sección 220.55.

Como se muestra en la figura #20, el cálculo de la carga demandada se realiza con base a lo establecido en la columna A de la tabla 220.55 del código eléctrico nacional, donde se indica, que para aparatos de cocción menores de $3\frac{1}{2}$ KW se aplicará el factor de demanda correspondiente al número de aparatos, por lo que se aplica un factor de un 30% para el total de la carga de las 120 habitaciones.

Carga Total Demanda

Según el artículo 220.84 del código eléctrico nacional se permitirá calcular la carga del alimentador o de la acometida que alimente tres o más unidades de una vivienda multifamiliar según la tabla 220.84, si se cumplen las condiciones de los siguientes apartados.

- (1) Ninguna unidad de vivienda este alimentada por más de un alimentador.
- (2) Cada unidad de vivienda tiene equipo eléctrico de cocción.
- (3) Cada unidad de vivienda este equipada con calefacción eléctrica ambiente, aire acondicionado, o ambos.

Como se muestra en la siguiente figura, y conforme a los establecido en la tabla 220.84 del Código Eléctrico Nacional, se realiza una disminución en el cálculo de la carga total demandada para las 120 habitaciones. Dado el número de unidades, se aplica un factor de demanda del 23%.

Figura # 21*Factores de Demanda Para más de Tres Unidades de Vivienda***Tabla 220.84 Cálculos opcionales — Factores de demanda para tres unidades de vivienda multifamiliar o más**

Número de unidades de vivienda	Factor de demanda (%)
3-5	45
6-7	44
8-10	43
11	42
12-13	41
14-15	40
16-17	39
18-20	38
21	37
22-23	36
24-25	35
26-27	34
28-30	33
31	32
32-33	31
34-36	30
37-38	29
39-42	28
43-45	27
46-50	26
51-55	25
56-61	24
62 y más	23

Nota. Reproducido del Código Eléctrico Nacional, por National Fire Protection Association, 2020, Sección 220.84.

Seguidamente, se presenta la tabla que resume las cargas totales calculadas para el área residencial del hotel.

Tabla 4*Memoria de Cálculo Cargas de Habitaciones*

Artículo	Area Hab	Area / Cant Sal	VA m2 / VA	Carga Instalada	Aplicación Factores	Factor Demanda	Carga Demandada	Comentarios	
Iluminación y Tomas Generales	220.14(J) / 220.42	39 m2	4736 m2	33 VA/m2	156291 VA	3000 VA	100%	3000 VA	
Tomas Pequeños electrodomésticos	210.11 C (1) / 220.42 / 220.52		240	1500 VA	360000 VA	120000 VA	35%	42000 VA	
Circuito Cuarto de Baño	210.11 C (1)		120	180 VA	21600 VA	371691 VA	25%	92923 VA	Se considera en tomas generales.
Subtotal					494691 VA				
Plantilla de Cocina	Tabla 220.55 Columna A		120	1200 VA	144000 VA		30%	43200 VA	
Subtotal de Cargas								181123 VA	
Reducción de Carga	220.84						-23%	-41658 VA	Tabla 220.84
Total					638691 VA			139464 VA	

Nota. Elaboración Propia.

Cálculos de Carga Comerciales

Tal y como se estableció en la propuesta de rediseño, para el cálculo de las cargas del área comercial, las cuales incluyen las áreas comunes, áreas recreativas, area de empleados, oficinas administrativas, salas de conferencia y/o eventos, restaurantes y cuartos de mantenimiento, entre otros, el cálculo de las cargas instaladas, así como la aplicación de los factores de demanda para el cálculo correspondiente de la carga demandada, se realiza utilizando los mismos valores indicados en el diseño original, esto con el fin de estimar el valor de carga total requerida y dimensionar las acometidas de alimentación de la subestación eléctrica principal, planta de emergencia, capacidad del ducto barra y acometidas de alimentación de los tableros principales.

Cargas de Iluminación

El cálculo de las cargas de iluminación se realiza según lo establecido en la tabla 220.12 del código eléctrico nacional.

Figura # 22

Cargas de Iluminación en Ocupaciones Diferentes a Viviendas

Tabla 220.12 Cargas de iluminación general para ocupaciones diferentes a una vivienda

Tipo de ocupación	Carga unitaria	
	Voltamperes/ m ²	Voltamperes/ pie ²
Instalación automotriz	16	1.5
Centro de convenciones	15	1.4
Palacio de justicia	15	1.4
Dormitorio	16	1.5
Centro de ejercicios	15	1.4
Estación de bomberos	14	1.3
Gimnasio ^a	18	1.7
Clínica de salud	17	1.6
Hospital	17	1.6
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin disponibilidades para que los inquilinos cocinen ^b	18	1.7
Biblioteca	16	1.5
Planta de fabricación ^c	24	2.2
Sala de cine	17	1.6
Museo	17	1.6
Oficina ^d	14	1.3
Garaje de estacionamiento ^e	3	0.3
Penitenciaría	13	1.2
Teatro de artes escénicas	16	1.5
Estación de policía	14	1.3
Oficina de correos	17	1.6
Establecimiento religioso	24	2.2
Restaurante ^f	16	1.5
Comercio minorista ^{g,h}	20	1.9
Escuela/universidad	33	3
Campo de deportes	33	3
Municipalidad (Ayuntamiento)	15	1.4
Transporte	13	1.2
Depósito (Bodega)	13	1.2
Taller	18	1.7

Nota: El multiplicador del 125 por ciento para una carga continua, como se especifica en 210.20(A) se incluye cuando se usan las cargas unitarias en esta tabla para calcular la carga mínima de iluminación para una ocupación específica.

^aLas armerías y auditorios se consideran ocupaciones de tipo gimnasio.

^bLas habitaciones tipo cabaña son similares a los hoteles y moteles.

^cLos edificios comerciales industriales tipo loft se consideran ocupaciones de tipo industrial.

^dLos bancos son ocupaciones de tipo oficina.

^eLos garajes-comerciales (de almacenamiento) se consideran ocupaciones de garaje de estacionamiento.

^fLos clubes se consideran ocupaciones de restaurantes.

^gLas peluquerías y salones de belleza se consideran ocupaciones de comercio minorista.

^hLas tiendas se consideran ocupaciones comercio minorista.

Nota. Reproducido del Código Eléctrico Nacional, por National Fire Protection Association, 2020, Sección 220.12.

El cálculo de la carga instalada se realiza con base a lo establecido en la tabla 220.12, que indica que para Hoteles se debe utilizar una carga de 18 VA por metro cuadrado. Tal y como lo indica el artículo 220.11 del código eléctrico nacional, para determinar el área de piso para el cálculo de la carga instalada indica que dentro del área total no deben considerarse pórticos abiertos, o espacios abiertos no utilizados. Además, la carga instalada para iluminación se debe incrementar en un 125% para una carga continua (carga cuya corriente se prevé que circule durante m según la nota de la tabla 220.12, esto aplica para las cargas unitarias en esta tabla para calcular la carga mínima de una ubicación específica.

El cálculo de la carga demandada se realiza con base a lo establecido en la tabla 220.42 del código eléctrico nacional.

Figura # 23*Factores de Demanda para Cargas de Iluminación en Hoteles***Tabla 220.42 Factores de demanda de cargas de iluminación**

Tipo de ocupación	Parte de la carga de iluminación a la que se aplica el factor de demanda (voltamperes)	Factor de demanda (%)
Unidades de vivienda	Primeros 3000 al	100
	De 3001 a 120,000 al	35
	Resto a partir de 120,000 al	25
Hoteles y moteles, incluidos apartamentos sin cocina para los inquilinos*	Primeros 20,000 o menos al	60
	De 20,001 a 100,000 al	50
	Resto a partir de 100,000	35
Depósitos (almacenamiento)	Primeros 12,500 o menos al	100
	Resto a partir de 12,500 al	50
Todos los demás	Voltamperes totales	100

Nota. Reproducido del Código Eléctrico Nacional, por National Fire Protection Association, 2020, Sección 220.42.

Según lo establecido en la tabla 220.42, se aplica para el tipo de ocupación indicada como Hoteles el factor de demanda de un 60% a los primeros 20 000 VA o menos, un factor de un 50% de 20 001 VA a 100 000 VA y un factor de un 25% para el resto a partir de 100 000 VA.

Cargas Tomas Generales

Para el cálculo de las cargas instaladas de los circuitos de receptáculos generales se aplica el artículo 220.14(I) del código eléctrico nacional, donde se indica que, excepto como se establece en el artículo 220.14(J) y (K), las salidas de receptáculos se deben calcular a no menos de 180 VA para cada receptáculo sencillo o múltiple en el mismo yugo. Adicionalmente las cargas de receptáculos generales se consideran como cargas continuas.

La carga demandada se calcula con base a los establecido en la tabla 220.44 del código eléctrico nacional.

Figura # 24

Factores de Demanda para Receptáculos en Unidades Diferentes de las de Vivienda

Tabla 220.44 Factores de demanda para cargas de receptáculos en unidades diferentes de las de vivienda

Parte de la carga de receptáculos a la que se aplica el factor de demanda (voltamperes)	Factor de demanda (%)
Primeros 10 kVA o menos al	100
Resto a partir de 10 kVA al	50

Nota. Reproducido del Código Eléctrico Nacional, por National Fire Protection Association, 2020, Sección 220.44.

Según lo establecido en la tabla 220.44, se deben aplicar los siguientes factores de demanda. Para los primeros 10 000 VA o menos se aplica un factor de un 100% y para el resto a partir de los 10 000 VA se aplica un factor de un 50%.

Cargas Equipos de Cocina

La carga instalada para los equipos de cocina se contempla según el valor de consumo indicado en la información y cantidad de equipos indicados en el del diseño original, ya que no se tiene acceso a la información de la placa del equipo correspondiente.

Para el cálculo de la carga de demanda se realiza según el artículo 220.56, que indica que se permitirá calcular las cargas de los equipos eléctricos, de cocción comerciales, calentadores de agua y equipos de cocina, de acuerdo con la tabla 220.56.

Figura # 25

Factores de Demanda para Equipo de Cocina en Unidades Diferentes de las de Vivienda

**Tabla 220.56 Factores de demanda para equipo de cocina —
Unidad(es) diferentes de las de vivienda**

Número de unidades de equipo	Factor de demanda (%)
1	100
2	100
3	90
4	80
5	70
6 y más	65

Nota. Reproducido del Código Eléctrico Nacional, por National Fire Protection Association, 2020, Sección 220.56.

Según la cantidad de equipos mostrados en la información de los planos del diseño original se aplica un factor de demanda de un 65%, que corresponde a 6 equipos o más.

Cargas de lavandería

Según la información mostrada en los planos del diseño original se cuenta con cuatro secadoras con un consumo de 7500 VA y dos secadoras con un consumo de 2500 VA. Para el cálculo de la carga instalada se aplica lo indicado en el artículo 220.54 del código eléctrico nacional, que establece lo siguiente; La carga para secadoras eléctricas de ropa en unidades de vivienda debe ser de 5000 watts (voltio amperios) o la capacidad nominal de la placa de características, la que sea mayor para cada secadora conectada. Debido a esto las dos secadoras con un consumo de 2500 VA se asumen con un consumo de 5000 VA cada una.

La carga demanda para los equipos de lavandería se calcula con base a lo establecido en la tabla 220.54 del código eléctrico nacional.

Figura # 26*Factores de Demanda para Secadoras de Ropa Eléctricas***Tabla 220.54 Factores de demanda para secadoras de ropa eléctricas domésticas**

Número de secadoras	Factor de demanda (%)
1-4	100
5	85
6	75
7	65
8	60
9	55
10	50
11	47
12-23	47 por ciento menos 1 por ciento por cada secadora que exceda el número de 11
24-42	35 por ciento menos 0.5 por ciento por cada secadora que exceda el número de 23
43 y más	25 por ciento

Nota. Reproducido del Código Eléctrico Nacional, por National Fire Protection Association, 2020, Sección 220.54.

Según la tabla 220.54 y según la cantidad de equipos indicados en los planos del diseño original se aplica un factor de demanda de un 75%.

Cargas para Equipos

El cálculo de la carga instalada para los equipos no especificados en un artículo específico como inyectores, extractores, sistemas de bombeo, elevadores y motores en general, se aplica lo establecido en el artículo 220.14(A), que establece lo siguiente; Una salida para un electrodoméstico específico u otra carga no incluida en el 220.14(B) hasta (M) debe calcularse con base en la corriente nominal del electrodoméstico o carga alimentada.

El cálculo de la carga demandada para los equipos considerados de uso intermitente se aplica según lo establecido en el artículo 430.22(E) del código eléctrico nacional.

Figura # 27*Clasificación del Servicio Según el Ciclo de Operación***Tabla 430.22(E) Servicio según el ciclo de operación**

Clasificación del servicio	Porcentajes de valor nominal de corriente de las placas de características			Motor especificado para funcionamiento continuo
	Motor especificado para 5 minutos	Motor especificado para 15 minutos	Motor especificado para 30 y 60 minutos	
Servicio de corta duración: operación de válvulas, rodillos para elevación o descenso, etc.	110	120	150	—
Servicio intermitente: ascensores y montacargas, cabezales de herramientas, bombas, puentes levadizos, plataformas giratorias, etc. (para soldadoras de arco, ver 630.11)	85	85	90	140
Servicio periódico: rodillos, máquinas de manipulación de minerales y carbón, etc.	85	90	95	140
Servicio variable	110	120	150	200

Nota: Cualquier aplicación de un motor debe ser considerada como de ciclo continuo, a menos que la naturaleza de los aparatos que accione sea tal que el motor no operará continuamente con carga bajo cualquiera de las condiciones de uso.

Nota. Reproducido del Código Eléctrico Nacional, por National Fire Protection Association, 2020, Sección 430.22.

Para el cálculo de la carga demandada de los motores como elevadores, sistemas de bombeo de agua potable, bomba jockey y bombas de recirculación se consideran con un factor del 100%. Los cargadores de vehículos se consideran como una carga no especificada en el

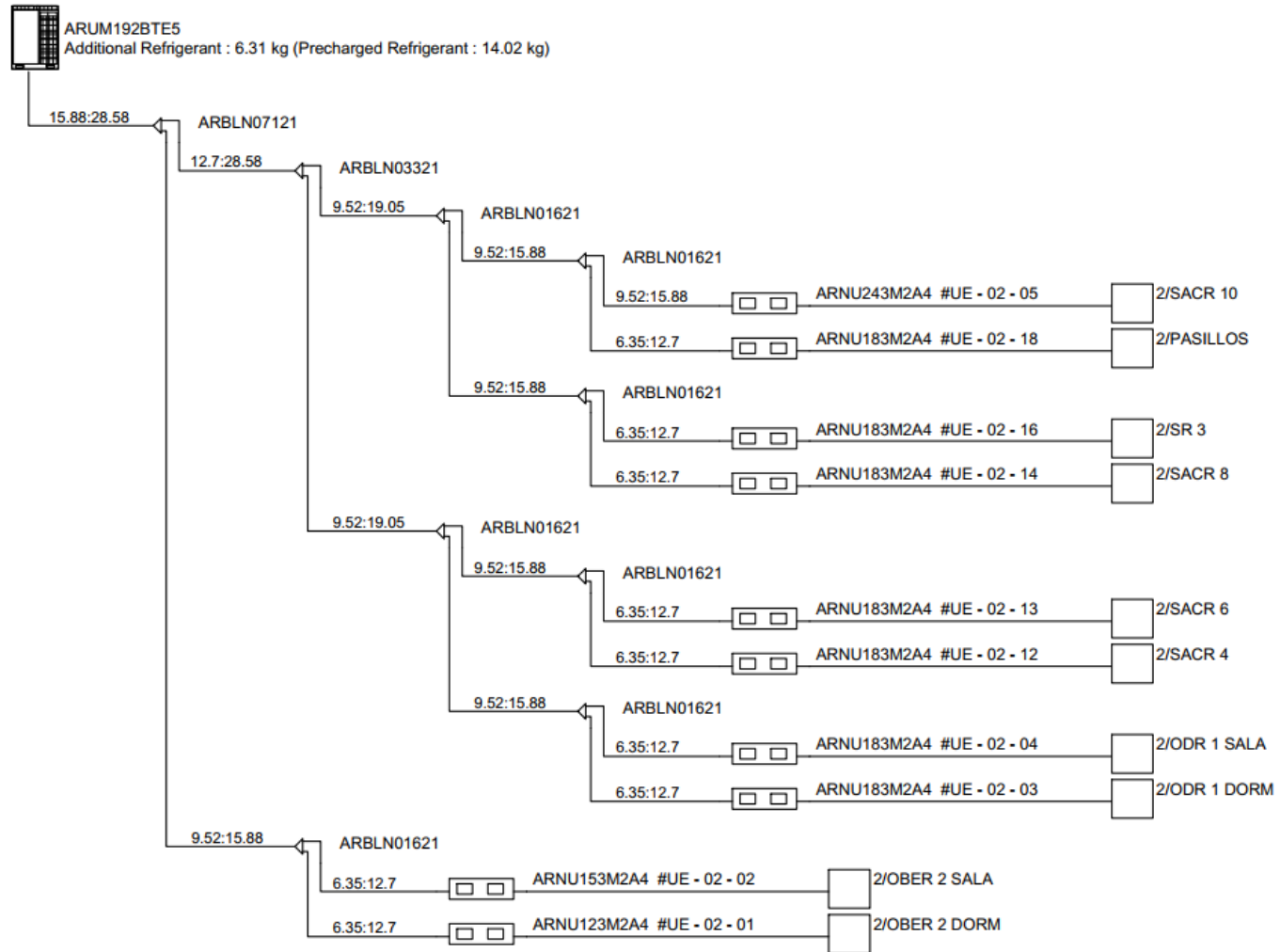
artículo 220.14 y se consideran con un factor del 100%. Para los extractores e inyectores y según el modelo de diseño del sistema de presurización del edificio se contemplan con un factor de potencia del 100%.

Cargas de Aire Acondicionado

La carga instalada correspondiente a los equipos de aire acondicionado se toma con base a lo indicado en los planos del diseño original, guiándose con la tabla descriptiva de especificaciones para las unidades condensadoras y evaporadoras del sistema VRF “Flujo de Refrigerante Variable” según lo indica el artículo 440.6(A), que indica lo siguiente; Para un motocompresor hermético de refrigeración, la corriente de carga nominal que aparezca en la placa de características del equipo en el que esté instalado el motocompresor, se debe usar para determinar la ampacidad nominal o de corriente del medio de desconexión, de los conductores del circuito, ramal, del controlador, del dispositivo de protección contra corto circuito y fallas a tierra del circuito ramal y del dispositivo separado de protección contra sobrecarga del motor.

Figura # 28

Diagrama de Flujo del Sistema de Aire Acondicionado



Nota. Reproducido de Diagramas HVAC, Carazo Arquitectura, 2024, Imagen utilizada con fines académicos.

Para el cálculo de la carga instalada se aplica lo indicado en el artículo 220.82(C), donde se define el factor de potencia correspondiente para el tipo de equipo que conforme el sistema de refrigeración ambiente. Por lo tanto, al ser un sistema VRF, y que según su configuración de funcionamiento establece que se compone de un equipo exterior (Condensador) del tipo inverter (Algunos fabricantes lo definen como un sistema que reduce el consumo energético a la vez que mantiene una temperatura constante) que es el encargado del enfriamiento del sistema y transportarlo a través de las tuberías refrigerantes y demás componentes del sistema y el equipo interior (Evaporador) que según la necesidad o configuración del sistema puede comportarse como un intercambiador de calor o bomba de calor que por medio de sensores de humedad y temperatura, puede ser controlado por una unidad electrónica (Termostato) que mantiene la temperatura deseada en cada recinto de forma independiente.

Ya definida la conceptualización del sistema de VRF se aplica el artículo 220.82(C)(1) para las unidades condensadoras se contempla el 100% de los valores nominales de la placa característica del aire acondicionado del equipo de refrigeración y el artículo 220.82(C)(5) para las unidades evaporadoras se contempla un 40% de los valores nominales de la placa de características de la calefacción eléctrica de ambiente, si son cuatro o más unidades controladas separadamente.

Carga Total Demanda

Según el artículo 220.84 del código eléctrico nacional se permitirá calcular la carga del alimentador o de la acometida que alimente tres o más unidades de una vivienda multifamiliar según la tabla 220.84, si se cumplen las condiciones de los siguientes apartados.

- Ninguna unidad de vivienda este alimentada por más de un alimentador.
- Cada unidad de vivienda tiene equipo eléctrico de cocción.
- Cada unidad de vivienda este equipada con calefacción eléctrica ambiente, aire acondicionado, o ambos.

Como se muestra a continuación y conforme a lo indicado en la tabla 220.84 se realiza la disminución correspondiente del cálculo de carga total demandada para los alimentadores principales que dan suministro a los equipos que están relacionados a las cargas de las 120 habitaciones, el cual permite considerarse como unidades de vivienda aplicando un factor de demanda del 23%.

Figura # 29

Factores de Demanda Para más de Tres Unidades de Vivienda (Repetido para explicar el método de cálculo)

Tabla 220.84 Cálculos opcionales — Factores de demanda para tres unidades de vivienda multifamiliar o más

Número de unidades de vivienda	Factor de demanda (%)
3-5	45
6-7	44
8-10	43
11	42
12-13	41
14-15	40
16-17	39
18-20	38
21	37
22-23	36
24-25	35
26-27	34
28-30	33
31	32
32-33	31
34-36	30
37-38	29
39-42	28
43-45	27
46-50	26
51-55	25
56-61	24
62 y más	23

Nota. Repetición de la Figura #21. Reproducido del Código Eléctrico Nacional, por National Fire Protection Association, 2020, Sección 220.84.

Tabla 5*Memoria de Cálculo Cargas Areas Comunes*

Descripción	Artículo	Area (m2) / Salidas	HP	Voltaje	VA m2 / VA	Carga Instalada	Factor Demanda	Carga Demandada	Comentarios
Iluminación	210.20 (A) / Tabla 220.12 / 220.42	3291,77		120	18 VA/m2	74065 VA	125%	39032 VA	Se consideran carga continua
						20000 VA	60%	12000 VA	
						54065 VA	50%	27032 VA	
Circuitos de Tomas Generales	220.14 (I) /220.44 / 210.20 (A)	300		120	180 VA	67500 VA	125%	38750 VA	Se consideran carga continua
						10000 VA	100%	10000 VA	
						57500 VA	50%	28750 VA	
Equipos de Cocina						29171 VA		18961 VA	
Lavavajillas	Tabla 220.56	1		208	8391 VA	8391 VA	65%	5454 VA	Se aplica factor de demanda según la cantidad de equipos de cocinas

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 5*Memoria de Cálculo Cargas Areas Comunes**(Continuación)*

Descripción	Artículo	Area (m2) / Salidas	HP	Voltaje	VA m2 / VA	Carga Instalada	Factor Demanda	Carga Demandada	Comentarios
Lavavajillas	Tabla 220.56	1		208	4160 VA	4160 VA	65%	2704 VA	Se aplica factor de demanda según la cantidad de equipos de cocinas
Maquina Café	Tabla 220.56	1		208	6240 VA	6240 VA	65%	4056 VA	Se aplica factor de demanda según la cantidad de equipos de cocinas
Maquina Café	Tabla 220.56	1		120	2250 VA	2250 VA	65%	1463 VA	Se aplica factor de demanda según la cantidad de equipos de cocinas
Maquina Café	Tabla 220.56	1		120	1800 VA	1800 VA	65%	1170 VA	Se aplica factor de demanda según la cantidad de equipos de cocinas
Horno	Tabla 220.56	1		208	3330 VA	3330 VA	65%	2165 VA	Se aplica factor de demanda según la cantidad de equipos de cocinas

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 5*Memoria de Cálculo Cargas Areas Comunes**(Continuación)*

Descripción	Artículo	Area (m2) / Salidas	HP	Voltaje	VA m2 / VA	Carga Instalada	Factor Demanda	Carga Demandada	Comentarios
Microondas	Tabla 220.56	2		120	1000 VA	2000 VA	65%	1300 VA	Se aplica factor de demanda según la cantidad de equipos de cocinas
Horno Microondas	Tabla 220.56	1		120	1000 VA	1000 VA	65%	650 VA	Se aplica factor de demanda según la cantidad de equipos de cocinas
Lavandería						40000 VA		30000 VA	
Secadoras	Tabla 220.54	4		208	7500 VA	30000 VA	75%	22500 VA	Se aplica factor de demanda según la cantidad secadoras
Secadora 75lb-120lb	Tabla 220.54	2		208	5000 VA	10000 VA	75%	7500 VA	Se aplica factor de demanda según la cantidad secadoras
Otras Cargas						55816 VA		55816 VA	
Elevadores	220.14 (A)	3		208	10000 VA	30000 VA	100%	30000 VA	
Inyector 02/03	220.14 (A)	2		208	1955 VA	3910 VA	100%	3910 VA	

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 5*Memoria de Cálculo Cargas Areas Comunes**(Continuación)*

Descripción	Artículo	Area (m2) / Salidas	HP	Voltaje	VA m2 / VA	Carga Instalada	Factor Demanda	Carga Demandada	Comentarios
Inyector 01	220.14 (A)	1		208	1373 VA	1373 VA	100%	1373 VA	
Inyector CO	220.14 (A)	1		120	588 VA	588 VA	100%	588 VA	
Inyector en Línea	220.14 (A)	1		208	1789 VA	1789 VA	100%	1789 VA	
Extractor 08	220.14 (A)	1		208	666 VA	666 VA	100%	666 VA	
Extractor 06-01 / 06-02	220.14 (A)	2		208	1240 VA	2480 VA	100%	2480 VA	
Extractor 02	220.14 (A)	1		208	749 VA	749 VA	100%	749 VA	
Extractor 05	220.14 (A)	1		120	180 VA	180 VA	100%	180 VA	
Extractor 04	220.14 (A)	1		208	2038 VA	2038 VA	100%	2038 VA	

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 5*Memoria de Cálculo Cargas Areas Comunes**(Continuación)*

Descripción	Artículo	Area (m2) / Salidas	HP	Voltaje	VA m2 / VA	Carga Instalada	Factor Demanda	Carga Demandada	Comentarios
Extractor 03	220.14 (A)	1		208	437 VA	437 VA	100%	437 VA	
DOA	220.14 / Tabla 430.250	1	5 HP	208	3474 VA	3474 VA	100%	3474 VA	
Cargador Vehículos	220.14 (A)	1		208	4576 VA	4576 VA	100%	4576 VA	
Motores						31423 VA		31423 VA	
Bombas Potable	220.14 (A)/Tabla 430.250/430.22 (E)	2	15 HP	208	9610 VA	19219 VA	100%	19219 VA	
Bomba Jockey	220.14 (A) /430.22 (E)	1		208	5730 VA	5730 VA	100%	5730 VA	No se aplica factor por ser un equipo para protección contra incendios

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 5*Memoria de Cálculo Cargas Areas Comunes**(Continuación)*

Descripción	Artículo	Area (m2) / Salidas	HP	Voltaje	VA m2 / VA	Carga Instalada	Factor Demanda	Carga Demandada	Comentarios
Bomba Recirc Agua Helada-01/02	220.14 (A) /Tabla 430.248/430.22 (E)	2	1 HP	208	1581 VA	3162 VA	100%	3162 VA	
Bomba Recirc Agua Helada-03/04	220.14 (A) /430.22 (E)	2	1 HP	120	1656 VA	3312 VA	100%	3312 VA	
Equipos A/C						265502 VA		250819 VA	
Evap	220.82 C (3)	1		208	52 VA	52 VA	40%	21 VA	Se aplica reducción por intercambiador de calor VRF
Evap	220.82 C (3)	1		208	52 VA	52 VA	40%	21 VA	Se aplica reducción por intercambiador de calor VRF
UE	220.82 C (3)	1		208	1082 VA	1082 VA	40%	433 VA	Se aplica reducción por intercambiador de calor VRF

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 5*Memoria de Cálculo Cargas Areas Comunes**(Continuación)*

Descripción	Artículo	Area (m2) / Cant Salidas	HP	Voltaje	VA m2 / VA	Carga Instalada	Factor Demanda	Carga Demandada	Comentarios
UE	220.82 C (3)	2		208	478 VA	957 VA	40%	383 VA	Se aplica reducción por intercambiador de calor VRF
UE	220.82 C (3)	2		208	478 VA	957 VA	40%	383 VA	Se aplica reducción por intercambiador de calor VRF
UE	220.82 C (3)	1		208	1082 VA	1082 VA	40%	433 VA	Se aplica reducción por intercambiador de calor VRF
UE	220.82 C (3)	1		208	1082 VA	1082 VA	40%	433 VA	Se aplica reducción por intercambiador de calor VRF
UE	220.82 C (3)	1		208	1082 VA	1082 VA	40%	433 VA	Se aplica reducción por intercambiador de calor VRF
UE	220.82 C (3)	3		208	1082 VA	3245 VA	40%	1298 VA	Se aplica reducción por intercambiador de calor VRF
UE	220.82 C (3)	31		208	478 VA	14830 VA	40%	5932 VA	Se aplica reducción por intercambiador de calor VRF

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 5*Memoria de Cálculo Cargas Areas Comunes**(Continuación)*

Descripción	Artículo	Area (m2) / Cant Salidas	HP	Voltaje	VA m2 / VA	Carga Instalada	Factor Demanda	Carga Demandada	Comentarios
UE	220.82 C (3)	1		208	52 VA	52 VA	40%	21 VA	Se aplica reducción por intercambiador de calor VRF
UC	220.82 C (1)	1		208	3973 VA	3973 VA	100%	3973 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC	220.82 C (1)	1		208	3973 VA	3973 VA	100%	3973 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-01-01	220.82 C (1)	1		208	11814 VA	11814 VA	100%	11814 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-02-01	220.82 C (1)	1		208	10837 VA	10837 VA	100%	10837 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-M-01	220.82 C (1)	1		208	10046 VA	10046 VA	100%	10046 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-10-01	220.82 C (1)	1		208	3973 VA	3973 VA	100%	3973 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-M-02	220.82 C (1)	1		208	10046 VA	10046 VA	100%	10046 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 5*Memoria de Cálculo Cargas Areas Comunes**(Continuación)*

Descripción	Artículo	Area (m2) / Cant Salidas	HP	Voltaje	VA m2 / VA	Carga Instalada	Factor Demanda	Carga Demandada	Comentarios
UC-ELE-01	220.82 C (1)	1		208	10046 VA	10046 VA	100%	10046 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-02-02	220.82 C (1)	1		208	10837 VA	10837 VA	100%	10837 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-03-01	220.82 C (1)	1		208	10837 VA	10837 VA	100%	10837 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-03-02	220.82 C (1)	1		208	10837 VA	10837 VA	100%	10837 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-04-01	220.82 C (1)	1		208	10837 VA	10837 VA	100%	10837 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-04-02	220.82 C (1)	1		208	10837 VA	10837 VA	100%	10837 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-05-01	220.82 C (1)	1		208	10837 VA	10837 VA	100%	10837 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 5*Memoria de Cálculo Cargas Areas Comunes**(Continuación)*

Descripción	Artículo	Area (m2) / Cant Salidas	HP	Voltaje	VA m2 / VA	Carga Instalada	Factor Demanda	Carga Demandada	Comentarios
UC-05-02	220.82 C (1)	1		208	10837 VA	10837 VA	100%	10837 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-06-01	220.82 C (1)	1		208	10837 VA	10837 VA	100%	10837 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-06-02	220.82 C (1)	1		208	10837 VA	10837 VA	100%	10837 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-07-01	220.82 C (1)	1		208	10837 VA	10837 VA	100%	10837 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-07-02	220.82 C (1)	1		208	10837 VA	10837 VA	100%	10837 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-08-01	220.82 C (1)	1		208	10837 VA	10837 VA	100%	10837 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-08-02	220.82 C (1)	1		208	10837 VA	10837 VA	100%	10837 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento

Nota. Elaboración Propia.

Tabla 5*Memoria de Cálculo Cargas Areas Comunes**(Continuación)*

Descripción	Artículo	Area (m2) / Cant Salidas	HP	Voltaje	VA m2 / VA	Carga Instalada	Factor Demanda	Carga Demandada	Comentarios
UC-01-02	220.82 C (1)	1		208	11814 VA	11814 VA	100%	11814 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-09-01	220.82 C (1)	1		208	11814 VA	11814 VA	100%	11814 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
UC-09-02	220.82 C (1)	1		208	11814 VA	11814 VA	100%	11814 VA	Se mantiene 100% Equipo de enfriamiento
Motor Más Grande	430.22	1		208		2500 VA	25%	2500 VA	Elevadores
Subtotal de Cargas					467301 VA				
Reducción de Carga		220.84		-23%	-107479,2858				
Total					565976 VA 359822 VA				

Nota. Elaboración Propia.

Dimensionamiento de Alimentadores de Potencia

En este apartado nos referiremos a los métodos de cálculo aplicados para la selección de la amperacidad de la protección requerida para cada acometida eléctrica, la escogencia del calibre de los alimentadores que estén configurados por medio de cable de aluminio, cálculo del diámetro de la tubería para la canalización del cableado eléctrico para las acometidas que lo requieran y para el dimensionamiento del ducto barra de aluminio con sus respectivos medios de conexión (Plug-In). Estos cálculos se realizan con base a lo establecido en el código eléctrico nacional.

Tabla 6*Memoria de Cálculo de Ampacidades y Selección de Calibres para Alimentadores de Potencia*

Equipo	CD	V	B(A)	D(m)	P	Amp	F	T	N	M	A	CV	TA	AT (mm2)	ØC	MatC
SUBEST	499,3	208	1600	104	6	267	750	350	750	AL	385	2,06%	XHHW	3 051	4"	PVC
GEN	499,3	208	1600	79	6	267	500	350	500	AL	310	2,35%	XHHW	2 136	4"	PVC
D. BARRA	437,4	208	1400	70						AL						
TP N2@N9	29,1	208	100	9	1	100	1/0	6	1/0	AL	120	0,44%	MC			
T HAB	1,2	208	40	36	1	40	6	8	6	AL	40	0,51%	MC			
T HAB	1,2	208	40	38	1	40	6	8	6	AL	40	0,54%	MC			
T HAB	1,2	208	40	29	1	40	6	8	6	AL	40	0,41%	MC			
T HAB	1,2	208	40	31	1	40	6	8	6	AL	40	0,44%	MC			
T HAB	1,2	208	40	23	1	40	6	8	6	AL	40	0,33%	MC			

Nota. CD = Carga Demandada; V = voltios; B(A) = Breaker en amperios; D = Distancia en metros; P = Número de Paralelos; Amp = Amperaje por cable; F = Fase; T = Tierra; N = Neutro; M = Material del cable; A = Ampacidad del cable; CV = Caía de voltaje; TA = Tipo de aislamiento; AT (mm2) = Area total del cable; ØC = Diámetro de la canalización, expresado en pulgadas; MatC = Material de la canalización; AL = Aluminio; MC = Cable armado; Elaboración Propia.

Tabla 6

Memoria de Cálculo de Ampacidades y Selección de Calibres para Alimentadores de Potencia

(Continuación)

Equipo	CD	V	B(A)	D(m)	P	Amp	F	T	N	M	A	CV	TA
T HAB	1,2	208	40	23	1	40	6	8	6	AL	40	0,33%	MC
T HAB	1,2	208	40	31	1	40	6	8	6	AL	40	0,44%	MC
T HAB	1,2	208	40	29	1	40	6	8	6	AL	40	0,41%	MC
T HAB	1,2	208	40	30	1	40	6	8	6	AL	40	0,43%	MC
T HAB	1,2	208	40	36	1	40	6	8	6	AL	40	0,51%	MC
T HAB	1,2	208	40	35	1	40	6	8	6	AL	40	0,50%	MC
T HAB	1,2	208	40	44	1	40	6	8	6	AL	40	0,63%	MC
T HAB	1,2	208	40	41	1	40	6	8	6	AL	40	0,58%	MC
T HAB	1,2	208	40	48	1	40	6	8	6	AL	40	0,68%	MC
T HAB	1,2	208	40	49	1	40	6	8	6	AL	40	0,70%	MC

Nota. En esta sección las columnas “Area total del cable”, “Diámetro de la canalización, expresado en pulgadas” y “Material de la canalización” fueron omitidas por no contener datos aplicables; CD = Carga Demandada; V = voltios; B(A) = Breaker en amperios; D = Distancia en metros; P = Número de Paralelos; Amp = Amperaje por cable; F = Fase; T = Tierra; N = Neutro; M = Material del cable; A = Ampacidad del cable; CV = Caía de voltaje; TA = Tipo de aislamiento; AL = Aluminio; MC = Cable armado; Elaboración Propia.

Acometida de Alimentación de la Subestación Principal.

Como se había indicado en la propuesta de diseño, la subestación principal es alimentada en régimen normal desde el transformador de pedestal de 500 KVA y otra alimentación en régimen de emergencia desde la planta de generación eléctrica.

Tabla 7

Tabla Resumen Subestación Principal

	2T001	2SW01
Potencia Comercial (KVA)	500	
Impedancia (%Z)	5,75	
Fases	3	3
Corriente Corto Circuito (KA)	35	35
Carga Total (KVA)		1199,6
Carga Demandada (KVA)		499,3
Voltaje L-L		208
Voltaje L-N		120
Corriente Demandada (A)		1539,9
Factor De Demanda		2,4
Factor De Potencia		0,9
Acometida		
Conductor		750
Material De Conductor		AL
# Conductores Por Fase		6

Nota. 2T001 = Transformador de Pedestal; 2SW01 = Subestación Principal; AL = Aluminio;

Elaboración Propia.

Tabla 7*Tabla Resumen Subestación Principal**(Continuación)*

	2T001	2SW01
Neutro		750
Tierra		350
Aislamiento		XHHW
Ø Canalización		4"
Material Canalización		PVC
Longitud (M)		104
Longitud (Pies)		341,12
Voltaje Nominal		120 / 208
Voltaje Calculado		117,5 / 203,7
Caída De Tensión (V) L-L		4,22
Caída De Tensión (V) L-N		2,44
Caída De Voltaje (%)		2,03%

Nota. 2T001 = Transformador de Pedestal; 2SW01 = Subestación Principal; Elaboración Propia.

Según la carga total demandada el cálculo para el dimensionamiento del cable alimentador, protección principal y canalización requerida se determina de la siguiente forma.

Acometida del Transformador de Pedestal hacia la Subestación.

Tensión: 208 V

Factor de Potencia: 0.9

Resistencia del Cable: Datos obtenidos de la tabla 8 del NEC.

Amperaje Total: $\frac{499.3KVA*1000}{208V*\sqrt{3}} * 0.9 = 1539.87 A$; valor comercial más cercano 1600 A

Amperaje/paralelo: $\frac{1600 A}{6} = 267 A$

Caída de Voltaje: $CT\ 3\emptyset = \left(\frac{2*0.09(m)*104m\left(\frac{1539.87}{6}\right)}{1000} \right) * 0.866 = 4.3V$

% Caída de Voltaje: $CT\ 3\emptyset\% = \left(\frac{4.3V}{208} \right) * 100\% = 2.06\%$

Calibre de Fase: Datos obtenidos de la tabla 310.16 del NEC.

Calibre del Neutro: No se aplica reducción permitida por el artículo 220.61, se toma el mismo calibre del alimentador de fase.

Calibre de Tierra: Datos obtenidos de la tabla 250.122 del NEC.

Area total de conductores: $A = (680 * 3(F) + 680(N) + 333(T)) = 3051m^2$

Diámetro Canalización PVC: = \emptyset Tub calculada $\leq 3236m^2 =$ Tubería 100mm

Configuración de la Acometida: $6*[3*750Kcmil\ AL\ XHHW(F) + 1*750Kcmil\ AL\ XHHW(N) + 350Kcmil\ AL\ XHHW(T) + PVC\ SCH\ 40\ 100mm\ (4'')]$

Acometida del Generador hacia la Subestación.

Tensión: 208 V

Factor de Potencia: 0.9

Resistencia del Cable: Datos obtenidos de la tabla 8 del NEC.

Amperaje Total: $\frac{499.3KVA*1000}{208V*\sqrt{3}} * 0.9 = 1539.87 A$; valor comercial más cercano 1600 A

Amperaje/paralelo: $\frac{1600 A}{6} = 267 A$

Caída de Voltaje: $CT\ 3\emptyset = \left(\frac{2*0.14(m)*70m\left(\frac{1539.87}{6}\right)}{1000} \right) * 0.866 = 4.9V$

% Caída de Voltaje: $CT\ 3\emptyset\% = \left(\frac{4.9V}{208} \right) * 100\% = 2.35\%$

Calibre de Fase: Datos obtenidos de la tabla 310.16 del NEC.

Calibre del Neutro: No se aplica reducción permitida por el artículo 220.61, se toma el mismo calibre del alimentador de fase.

Calibre de Tierra: Datos obtenidos de la tabla 250.122 del NEC.

Area total de conductores: $A = (451 * 3(F) + 451(N) + 333(T)) = 2136m^2$

Diámetro Canalización PVC: $= \emptyset\text{Tub calculada} \leq 3236m^2 = \text{Tubería } 100mm$

Configuración de la Acometida: $6*[3*500Kcmil\ AL\ XHHW(F) + 1*500Kcmil\ AL\ XHHW(N) + 1*350Kcmil\ AL\ XHHW(T) + PVC\ SCH\ 40\ 100mm\ (4'')]$

Cálculo de Ampacidad del Ducto Barra

La utilización del ducto barra como alimentador se basa a lo indicado en el artículo 368 del código eléctrico nacional, que establece lo siguiente, los usos permitidos, los medios de desconexión aceptables y las derivaciones permitidas a través de cables armados.

Tabla 8

Tabla Resumen del Ducto Barra de Aluminio

	2T001	Ducto Barra
Potencia Comercial (KVA)	500	
Impedancia (%Z)	5,75	
Fases	3	3
Corriente Corto Circuito (KA)	35	35
Carga Total (KVA)		1104,07
Carga Demandada (KVA)		437,4
Voltaje L-L		208
Voltaje L-N		120
Corriente Demandada (A)		1349,0
Factor De Demanda		2,5
Factor De Potencia		0,9
Acometida		
Conductor		
Material De Conductor		AL
# Conductores Por Fase		

Nota. 2T001 = Transformador de Pedestal; AL = Aluminio; Elaboración Propia.

Tabla 8*Tabla Resumen del Ducto Barra de Aluminio**(Continuación)*

2T001 Ducto Barra	
Neutro	
Tierra	
Aislamiento	
Ø Canalización	
Material Canalización	
Longitud (M)	70
Longitud (Pies)	229,6
Voltaje Nominal	120 / 208
Voltaje Calculado	
Caída De Tensión (V) L-L	
Caída De Tensión (V) L-N	
Caída De Voltaje (%)	

Nota. 2T001 = Transformador de Pedestal; Elaboración Propia.

Según la carga total demandada el cálculo para el dimensionamiento del ducto barra se determina de la siguiente forma.

Tensión: 208 V

Factor de Potencia: 0.9

Resistencia del Cable: Datos obtenidos de la tabla 8 del NEC.

Carga Demanda Total:= 437.7KVA

Amperaje Total: $\frac{437.7KVA \cdot 1000}{208V \cdot \sqrt{3}} \cdot 0.9 = 1348.97 \text{ A}$; valor comercial más cercano 1350 A

Cálculo de Ampacidad de Alimentación de Tableros Principales

Las acometidas de los tableros principales de cada nivel son alimentadas desde las cajas de conexión (Plug-In) del ducto barra, por medio de cable armado de aluminio.

Tabla 9

Tabla Resumen de Tableros Principales

	2T001	2DB01N2	2DB01N3	2DB01N4	2DB01N5	2DB01N6	2DB01N7	2DB01N8	2DB01N9
Potencia Comercial (KVA)	500								
Impedancia (%Z)	5,75								
Fases	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Corriente Corto Circuito (KA)	35	35	35	35	35	35	35	35	35
Carga Total (KVA)		91,27	91,27	91,27	91,27	91,27	91,27	91,27	91,27
Carga Demandada (KVA)		29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1	29,1

Nota. 2T001 = Transformador de Pedestal; 2DB01N2 = Tablero de Principal nivel 2; 2DB01N3 = Tablero de Principal nivel 3; 2DB01N4 = Tablero de Principal nivel 4; 2DB01N5 = Tablero de Principal nivel 5; 2DB01N6 = Tablero de Principal nivel 6; 2DB01N7 = Tablero de Principal nivel 7; 2DB01N8 = Tablero de Principal nivel 8; 2DB01N9 = Tablero de Principal nivel 9; Elaboración Propia.

Tabla 9*Tabla Resumen de Tableros Principales**(Continuación)*

	2T001	2DB01N2	2DB01N3	2DB01N4	2DB01N5	2DB01N6	2DB01N7	2DB01N8	2DB01N9
Voltaje L-L	208	208	208	208	208	208	208	208	208
Voltaje L-N	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Corriente Demandada (A)	89,8	89,8	89,8	89,8	89,8	89,8	89,8	89,8	89,8
Factor De Demanda	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1
Factor De Potencia	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Acometida									
Conductor	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
Material De Conductor	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL
# Conductores Por Fase	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Neutro	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0	1/0
Tierra	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Aislamiento	XHHW	XHHW	XHHW	XHHW	XHHW	XHHW	XHHW	XHHW	XHHW

Nota. 2T001 = Transformador de Pedestal; 2DB01N2 = Tablero de Principal nivel 2; 2DB01N3 = Tablero de Principal nivel 3; 2DB01N4 = Tablero de Principal nivel 4; 2DB01N5 = Tablero de Principal nivel 5; 2DB01N6 = Tablero de Principal nivel 6; 2DB01N7 = Tablero de Principal nivel 7; 2DB01N8 = Tablero de Principal nivel 8; 2DB01N9 = Tablero de Principal nivel 9; AL = Aluminio; Elaboración Propia.

Tabla 9*Tabla Resumen de Tableros Principales**(Continuación)*

	2T001	2DB01N2	2DB01N3	2DB01N4	2DB01N5	2DB01N6	2DB01N7	2DB01N8	2DB01N9
Ø Canalización									
Material Canalización	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC
Longitud (M)	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Longitud (Pies)	22,96	22,96	22,96	22,96	22,96	22,96	22,96	22,96	22,96
Voltaje Nominal	120 / 208	120 / 208	120 / 208	120 / 208	120 / 208	120 / 208	120 / 208	120 / 208	120 / 208
Voltaje Calculado	119,6 / 207,3	119,6 / 207,3	119,6 / 207,3	119,6 / 207,3	119,6 / 207,3	119,6 / 207,3	119,6 / 207,3	119,6 / 207,3	119,6 / 207,3
Caída De Tensión (V) L-L	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Caída De Tensión (V) L-N	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Caída De Voltaje (%)	0,36%	0,36%	0,36%	0,36%	0,36%	0,36%	0,36%	0,36%	0,36%

Nota. 2T001 = Transformador de Pedestal; 2DB01N2 = Tablero de Principal nivel 2; 2DB01N3 = Tablero de Principal nivel 3;

2DB01N4 = Tablero de Principal nivel 4; 2DB01N5 = Tablero de Principal nivel 5; 2DB01N6 = Tablero de Principal nivel 6;

2DB01N7 = Tablero de Principal nivel 7; 2DB01N8 = Tablero de Principal nivel 8; 2DB01N9 = Tablero de Principal nivel 9; MC =

Cable armado; Elaboración Propia.

Según la carga total demandada el cálculo para el dimensionamiento del cable alimentador, protección principal del tablero y ampacidad del Plug-In.

Tensión: 208 V

Factor de Potencia: 0.9

Resistencia del Cable: Datos obtenidos de la tabla 8 del NEC.

Amperaje Total: $\frac{29.1KVA*1000}{208V*\sqrt{3}} * 0.9 = 89.83 \text{ A}$; valor comercial más cercano de Plug-In 100 A

Caída de Voltaje: $CT \ 3\emptyset = \left(\frac{2*0.66(m)*9m(89.83)}{1000}\right) * 0.866 = 0.9V$

% Caída de Voltaje: $CT \ 3\emptyset\% = \left(\frac{0.9V}{208}\right) * 100\% = 0.44\%$

Calibre de Fase: Datos obtenidos de la tabla 310.16 del NEC.

Calibre del Neutro: No se aplica reducción permitida por el artículo 220.61, se toma el mismo calibre del alimentador de fase.

Calibre de Tierra: Datos obtenidos de la tabla 250.122 del NEC.

Configuración Acometida Calculada: [3*1/0 AWG AL XHHW(F) + 1*1/0 AWG AL XHHW (N) +1*6 AWG AL XHHW(T)]

Cable Seleccionado por Fabricación Estándar: Cable Armado 4C AL [#1/0 AWG XHHW(F-N) + #4 AWG XHHW(T)].

Cálculo de Ampacidad de Alimentación de Tableros de Habitaciones

Las acometidas de los tableros de las habitaciones son alimentadas desde los tableros principales de cada nivel, por medio de cable armado de aluminio.

Tabla 10

Tabla Resumen de Tableros de Habitaciones del 01 al 07

	2PBA01NX	2PBA02NX	2PBA03NX	2PBA04NX	2PBA05NX	2PBA06NX	2PBA07NX
Fases	1	1	1	1	1	1	1
Corriente Corto Circuito (KA)	14	14	14	14	14	14	14
Carga Total (KVA)	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
Carga Demandada (KVA)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Voltaje L-L	208	208	208	208	208	208	208
Voltaje L-N	120	120	120	120	120	120	120
Corriente Demandada (A)	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
Factor De Demanda	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Factor De Potencia	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

Nota. 2PBA01NX = Tablero de habitación del 01 al 07; el valor “X” debe sustituirse por el número de nivel correspondiente;

Elaboración Propia.

Tabla 10*Tabla Resumen de Tableros de Habitaciones del 01 al 07**(Continuación)*

	2PBA01NX	2PBA02NX	2PBA03NX	2PBA04NX	2PBA05NX	2PBA06NX	2PBA07NX
Acometida							
Conductor	4	4	4	4	4	4	4
Material De Conductor	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL
# Conductores Por Fase	1	1	1	1	1	1	1
Neutro	4	4	4	4	4	4	4
Tierra	8	8	8	8	8	8	8
Aislamiento	XHHW	XHHW	XHHW	XHHW	XHHW	XHHW	XHHW
Material Canalización	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC
Longitud (M)	36	38	29	31	23	23	31
Longitud (Pies)	118,08	124,64	95,12	101,68	75,44	75,44	101,68
Voltaje Nominal	120/208	120/208	120/208	120/208	120/208	120/208	120/208
Voltaje Calculado	119,6/207,3	119,6/207,3	119,7/207,5	119,7/207,4	119,8/207,6	119,8/207,6	119,7/207,4
Caída De Tensión (V) L-L	0,67	0,71	0,54	0,58	0,44	0,44	0,58
Caída De Tensión (V) L-N	0,38	0,41	0,31	0,34	0,25	0,25	0,34
Caída De Voltaje (%)	0,32%	0,34%	0,26%	0,28%	0,21%	0,21%	0,28%

Nota. 2PBA01NX = Tablero de habitación del 01 al 07; el valor “X” debe sustituirse por el número de nivel correspondiente; AL = Aluminio; MC = Cable armado; Elaboración Propia.

Tabla 11

Tabla Resumen de Tableros de Habitaciones del 08 al 15

	2PBA08NX	2PBA09NX	2PBA10NX	2PBA11NX	2PBA12NX	2PBA13NX	2PBA14NX	2PBA15NX
Fases	1	1	1	1	1	1	1	1
Corriente Corto Circuito (KA)	14	14	14	14	14	14	14	14
Carga Total (KVA)	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
Carga Demandada (KVA)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Voltaje L-L	208	208	208	208	208	208	208	208
Voltaje L-N	120	120	120	120	120	120	120	120
Corriente Demandada (A)	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
Factor De Demanda	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6
Factor De Potencia	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Acometida								
Conductor	4	4	4	4	4	4	4	4
Material De Conductor	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL	AL
# Conductores Por Fase	1	1	1	1	1	1	1	1
Neutro	4	4	4	4	4	4	4	4
Tierra	8	8	8	8	8	8	8	8

Nota. 2PBA01NX = Tablero de habitación del 08 al 15; el valor “X” debe sustituirse por el número de nivel correspondiente; AL = Aluminio; Elaboración Propia.

Tabla 11

Tabla Resumen de Tableros de Habitaciones del 08 al 15

(Continuación)

Aislamiento	XHHW	XHHW	XHHW	XHHW	XHHW	XHHW	XHHW	XHHW
Material Canalización	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC	MC
Longitud (M)	29	30	36	35	44	41	48	49
Longitud (Pies)	95,12	98,4	118,08	114,8	144,32	134,48	157,44	160,72
Voltaje Nominal	120/208	120/208	120/208	120/208	120/208	120/208	120/208	120/208
Voltaje Calculado	119,7/207,5	119,7/207,4	119,6/207,3	119,6/207,3	119,5/207,2	119,6/207,2	119,5/207,1	119,5/207,1
Caída De Tensión (V) L-L	0,54	0,56	0,67	0,64	0,81	0,77	0,89	0,92
Caída De Tensión (V) L-N	0,31	0,32	0,38	0,37	0,47	0,44	0,52	0,53
Caída De Voltaje (%)	0,26%	0,27%	0,32%	0,31%	0,39%	0,37%	0,43%	0,44%

Nota. 2PBA01NX = Tablero de habitación del 08 al 15; el valor “X” debe sustituirse por el número de nivel correspondiente; MC = Cable armado; Elaboración Propia.

Según la carga total demandada el cálculo para el dimensionamiento del cable alimentador y protección principal del tablero de cada habitación.

A continuación, se muestra el cálculo de la acometida para el tablero de habitación con la mayor distancia, ya que no existe variación por caída de tensión para los tableros con menor distancia.

Tensión: 208 V

Factor de Potencia: 0.9

Resistencia del Cable: Datos obtenidos de la tabla 8 del NEC.

Amperaje Total: $\frac{1.2KVA*1000}{208V*\sqrt{3}} * 0.9 = 5.6 A$; valor comercial más cercano para el calibre de cable

#6AWG permitido como alimentador principal, según artículo 230.31 del NEC.

Caída de Voltaje: $CT\ 1\emptyset = \left(\frac{2*2.65(m)*49m(5.6)}{1000}\right) = 1.5V$

% Caída de Voltaje: $CT\ 1\emptyset\% = \left(\frac{1.5V}{208}\right) * 100\% = 0.7\%$

Calibre de Fase: Datos obtenidos de la tabla 310.16 del NEC.

Calibre del Neutro: No se aplica reducción permitida por el artículo 220.61, se toma el mismo calibre del alimentador de fase.

Calibre de Tierra: Datos obtenidos de la tabla 250.122 del NEC.

Configuración Acometida Calculada: [2*6 AWG AL XHHW(F) + 1*6 AWG AL XHHW (N) +1*8 AWG AL XHHW(T)]

Cable Seleccionado por Fabricación Estándar: Cable Armado 3C AL [#6 AWG XHHW(F-N) + #6 AWG XHHW(T)].

Resumen de Cargas Totales

A continuación, se presenta la tabla resumen de las cargas totales.

Tabla 12

Tabla Resumen de Cargas

	2T001	2SW01	Ducto Barra	2DB01NX	2PBAXXNX
Potencia Comercial (KVA)	500				
Impedancia (%Z)	5,75				
Fases	3	3	3	3	1
Corriente Corto Circuito (KA)	35	35	35	35	14
Carga Total (KVA)		1199,6	1104,07	91,27	5,3
Carga Demandada (KVA)		499,3	437,4	29,1	1,2
Voltaje L-L		208	208	208	208
Voltaje L-N		120	120	120	120
Corriente Demandada (A)		1539,9	1349,0	89,8	5,6
Factor De Demanda		2,4	2,5	3,1	4,6
Factor De Potencia		0,9	0,9	0,9	0,9
Acometida					
Conductor		750		1/0	4
Material De Conductor		AL	AL	AL	AL
# Conductores Por Fase		6		1	1
Neutro		750		1/0	4
Tierra		350		6	8
Aislamiento		XHHW		XHHW	XHHW

Nota. 2T001 = Transformador de Pedestal; 2SW01 = Subestación Principal; 2DB01NX = Tablero principal de nivel 2 al 9; 2PBAXXNX = Tablero de habitación del 01 al 15; el valor “X” debe sustituirse por el número de nivel correspondiente; el valor “XX” debe sustituirse por el número de habitación correspondiente; AL = Aluminio; Elaboración Propia.

Tabla 12*Tabla Resumen de Cargas**(Continuación)*

	2T001	2SW01	Ducto Barra	2DB01NX	2PBAXXNX
Ø Canalización		4"			
Material Canalización		PVC		MC	MC
Longitud (M)		104	70	7	36
Longitud (Pies)		341,12	229,6	22,96	118,08
Voltaje Nominal		120/208	120/208	120/208	120/208
Voltaje Calculado		117,5/203,7		119,6/207,3	119,6/207,3
Caída De Tensión (V) L-L		4,22		0,75	0,67
Caída De Tensión (V) L-N		2,44		0,43	0,38
Caída De Voltaje (%)		2,03%		0,36%	0,32%

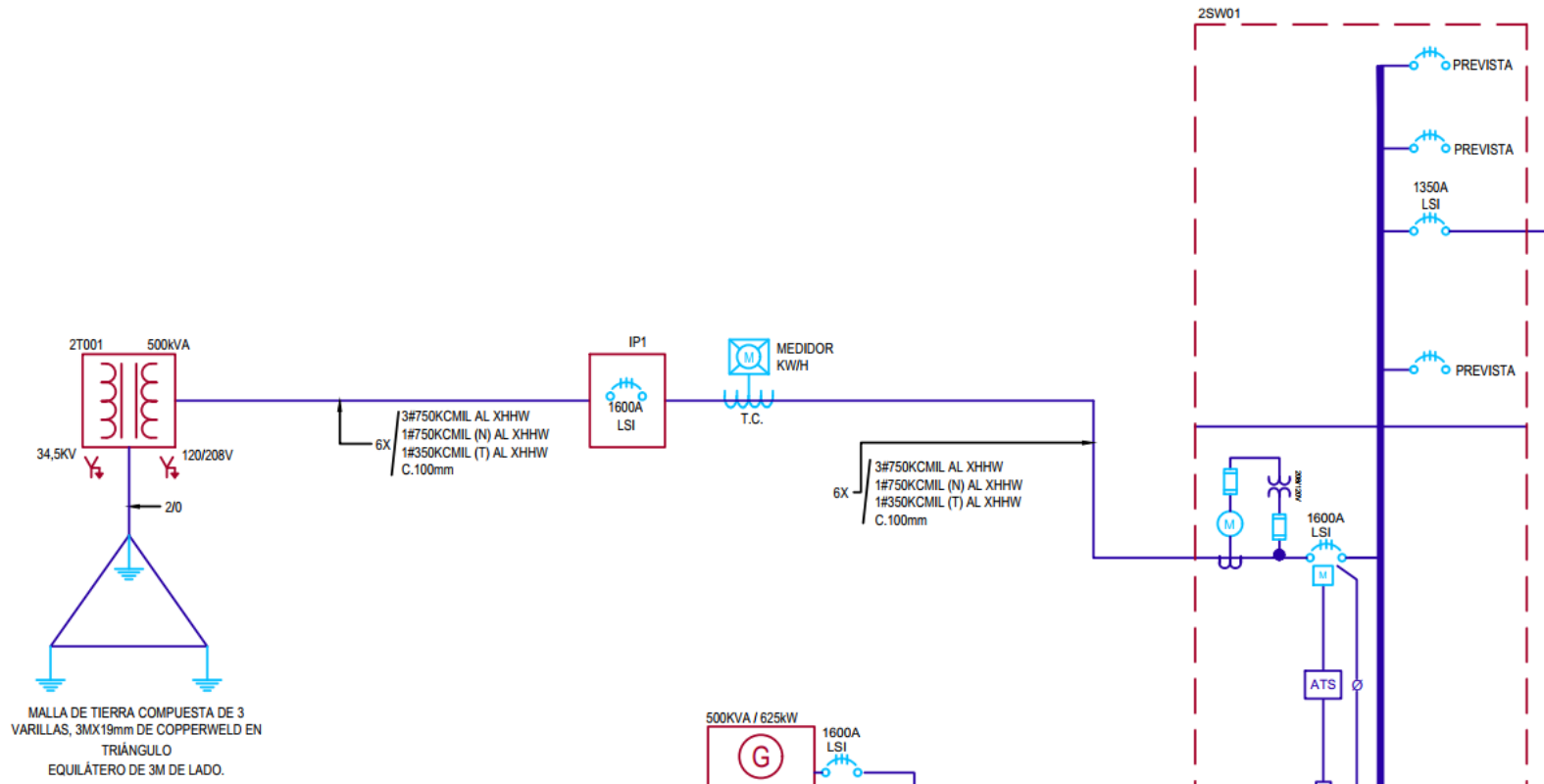
Nota. 2T001 = Transformador de Pedestal; 2SW01 = Subestación Principal; 2DB01NX = Tablero principal de nivel 2 al 9; 2PBAXXNX = Tablero de habitación del 01 al 15; el valor "X" debe sustituirse por el número de nivel correspondiente; el valor "XX" debe sustituirse por el número de habitación correspondiente; MC = Cable armado; Elaboración Propia.

Diagrama Unifilar del Rediseño

A continuación, se procede a rediseñar de forma gráfica la nueva propuesta del diagrama unifilar.

Figura # 30

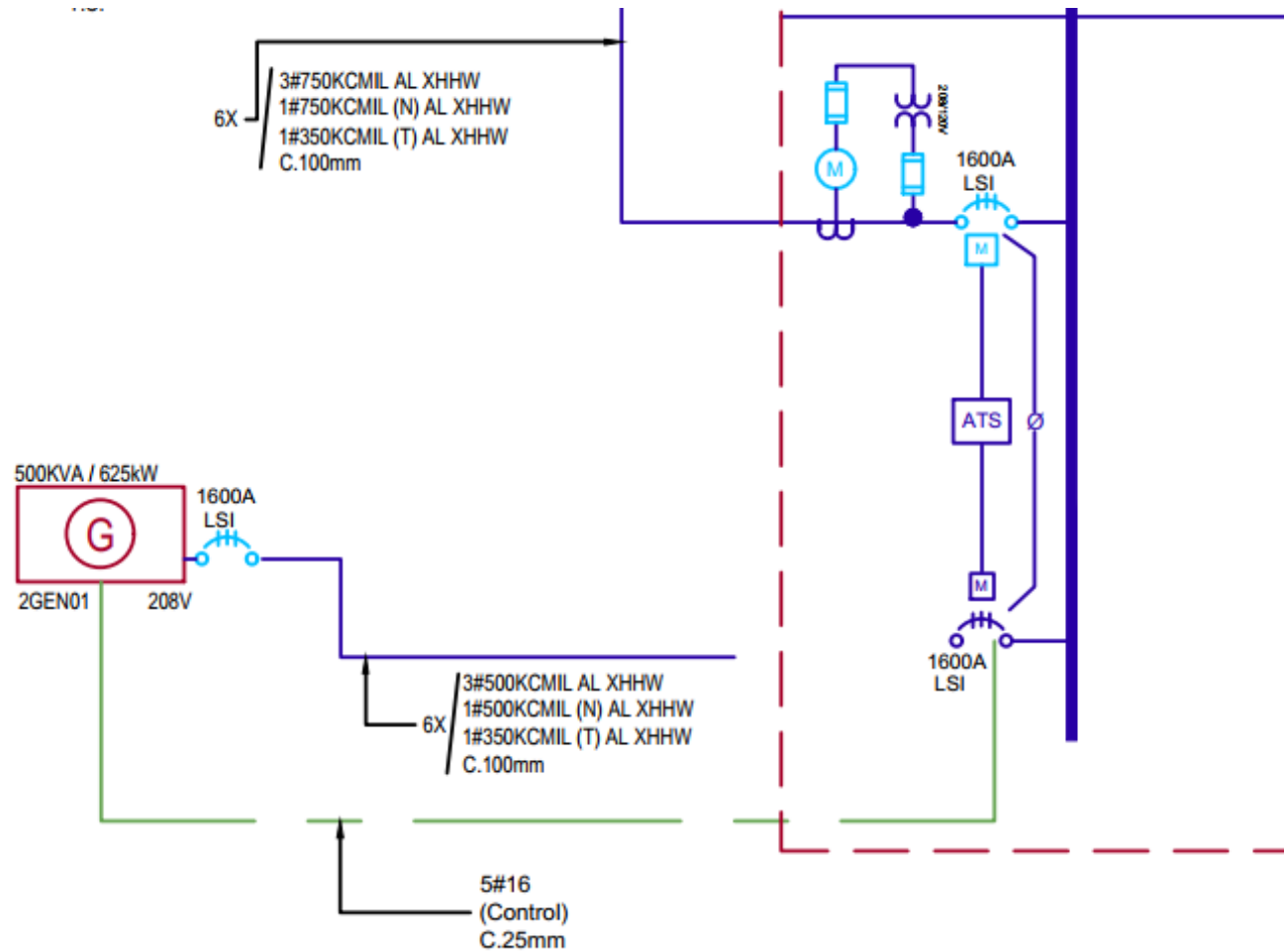
Sección de Diagrama Unifilar, Alimentación Normal



Nota. Elaboración Propia.

Figura # 31

Sección de Diagrama Unifilar, Alimentación Emergencia



Nota. Elaboración Propia.

Con base en las figuras anteriores, se detallan a continuación los principales cambios implementados en el rediseño.

1. Se modifica el calibre y el material de los alimentadores que van desde el transformador de pedestal “2T001” hacia la subestación principal “2SW01”.
2. Se ajustan los calibres y el tipo de material de los alimentadores correspondientes a la acometida de respaldo de emergencia de la subestación principal.
3. Se reduce la ampacidad del interruptor principal “IP1”, así como la de los disyuntores principales de la subestación “2SW01” que reciben las acometidas de alimentación.
4. Se sustituye el sistema de alimentación con tubería y cable por ducto barra de aluminio para los tableros principales ubicados en los cuartos eléctricos de cada nivel.
5. Se incorpora una caja de conexión “Plug-In” en cada nivel.
6. Se modifica el sistema de alimentación de las acometidas que van desde los tableros principales “2DB01N2@N9” hacia los tableros de habitaciones, según el número correspondiente en cada nivel de piso.

Análisis comparativo de propuesta complementaria

Como parte del enfoque ampliado del rediseño eléctrico, se plantea una propuesta adicional que permite comparar de manera más precisa las dos configuraciones evaluadas en el estudio. Esta **3era** variante se enfoca en la alimentación de los tableros principales ubicados en los cuartos eléctricos de cada nivel.

La modificación consiste en sustituir el sistema de acometida originalmente diseñado con ducto barra de aluminio por una alternativa basada en tubería EMT y cable de aluminio con

aislamiento tipo XHHW, manteniendo el cumplimiento normativo y buscando optimizar costos sin comprometer la eficiencia operativa del sistema.

Cálculo de Ampacidad de Acometidas de la Propuesta Complementaria

Las acometidas de los tableros principales de cada nivel son alimentadas desde la subestación principal, por medio de tubería EMT y cable de aluminio. A continuación, se muestra el cálculo de la acometida para el tablero principal ubicado en el último nivel de habitaciones a modo de ejemplificar la metodología de cálculo de las acometidas de los demás tableros principales de cada nivel.

Tensión: 208 V

Factor de Potencia: 0.9

Resistencia del Cable: Datos obtenidos de la tabla 8 del NEC.

Amperaje Total: $\frac{17.4KVA*1000}{208V*\sqrt{3}} * 0.9 = 53.77 A$; Se aumenta el calibre de la protección a 100A para conexión de cargas futuras.

Caída de Voltaje: $CT\ 3\emptyset = \left(\frac{2*0.17(m)*118m(53.77)}{1000} \right) * 0.866 = 1.9V$

% Caída de Voltaje: $CT\ 3\emptyset\% = \left(\frac{1.9V}{208} \right) * 100\% = 0.92\%$

Calibre de Fase: Datos obtenidos de la tabla 310.16 del NEC.

Calibre del Neutro: No se aplica reducción permitida por el artículo 220.61, se toma el mismo calibre del alimentador de fase.

Calibre de Tierra: Datos obtenidos de la tabla 250.122 del NEC.

Configuración Acometida Calculada: [3*400 AWG AL XHHW(F) + 1*400 AWG AL XHHW (N) +1*1/0 AWG AL XHHW(T)]. Se sobredimensiona la acometida para un amperaje de 100A.

Ventajas y Desventajas Técnicas

A continuación, se presenta una comparación entre el sistema de ducto barra de aluminio y el sistema convencional de cable de cobre con tubería, en función de parámetros técnicos, ambientales y operativos relevantes para proyectos de infraestructura eléctrica. Esta comparación busca evidenciar las ventajas que ofrece el sistema ducto barra frente a soluciones tradicionales, no solo en términos de desempeño eléctrico, sino también en aspectos de seguridad, sostenibilidad y vida útil.

Tabla 13*Ventajas y Desventajas Técnicas*

Criterio Técnico	Ducto barra (Aluminio)	Tubería y cable (Cobre)
Tipo de Sistema	Centralizado: menos circuitos y puntos de fallo	Descentralizado: más circuitos y mayor probabilidad de fallos
Calidad de fabricación	Prefabricado y preprobado según IEC 61439-6	Depende de la mano de obra: conexiones variables
Material de aislamiento	Película de poliéster o epóxica, libre de halógenos	PVC con contenido halógeno
Emisiones en caso de falla	Sin humo ni emisiones tóxicas	Emisión de gases tóxicos y humo
Pruebas de cortocircuito	Verificado en fábrica hasta 120 KA según IEC	Pruebas realizadas en sitio.
Grado de protección (IP)	Hasta IP65	Valor no definido o variable
Reciclabilidad	Totalmente reciclable	Aislamiento no reciclable
Vida útil estimada	Más de 30 años	Entre 20 y 25 años

Nota. Elaboración propia basada en presentación técnica de Schneider Electric (2024).

De acuerdo con la información presentada en la Tabla 38, es posible identificar que el sistema de ducto barra presenta una serie de ventajas significativas frente al sistema convencional de tubería y cableado.

- **Diseño centralizado y eficiencia operativa:** La reducción de circuitos y puntos de falla en el sistema ducto barra mejora la confiabilidad eléctrica y facilita el mantenimiento, aspecto especialmente relevante en instalaciones complejas y de alta demanda.
- **Estabilidad técnica y control de calidad:** La prefabricación bajo normas internacionales (IEC 61439-6) permite mantener niveles constantes de calidad, minimizando los errores humanos que afectan el sistema convencional por su dependencia en la instalación manual.
- **Sostenibilidad ambiental:** La ausencia de halógenos y la capacidad de reciclaje hacen del ducto barra una solución más responsable ambientalmente. Esto es especialmente valioso en proyectos que priorizan el cumplimiento con normativas ecológicas o certificaciones como LEED.
- **Seguridad frente a fallas eléctricas:** Al contar con pruebas de cortocircuito certificadas hasta 120 KA, el sistema ducto barra proporciona mayor protección y confiabilidad ante eventos críticos. El sistema convencional, al carecer de estas validaciones, presenta mayor riesgo operativo.
- **Rentabilidad a largo plazo:** Con una vida útil superior a 30 años, el sistema de ducto barra permite reducir los costos de reemplazo y las interrupciones del servicio, presentando una opción más sólida desde el punto de vista económico y técnico.

Cálculo de Mano de Obra por instalación

Para el cálculo de los tiempos de instalación se procedió a utilizar como guía el manual (National Electrical Estimator 2025), el cual cuenta con tablas de tiempos de instalación calculadas en horas-hombre, definidas para diferentes tipos de materiales utilizados en las instalaciones eléctricas.

Este manual es una guía sobre el costo de la instalación de trabajos eléctricos en edificios y enumera los costos para el subcontratista eléctrico para una amplia variedad de trabajos.

Este libro no pretende reemplazar las decisiones bien informadas. Pero cuando se complementan con la evaluación profesional de un estimador, las cifras de este manual serán una buena ayuda para desarrollar un costo confiable de los sistemas eléctricos.

La columna Crafts-hrs: muestra la cuadrilla recomendada y las horas-hombre por unidad para la instalación. Por ejemplo, L2 significa que se recomienda una cuadrilla de dos electricistas, y L1 significa que se recomienda una cuadrilla de un electricista y así sucesivamente.

Se recomienda que se considere entre un 3% a un 5% de desperdicio en el costo del material.

Condiciones de Trabajo: No más de 8 horas, 5 días a la semana, en lugares de fácil acceso, entornos relativamente limpios, a no más de 3.6m de altura sobre NPT, temperatura entre 10 y 29°C. Se requiere que todas las herramientas y materiales estén disponibles en el lugar de trabajo cuando se necesitan. Se asume que las herramientas, incluidas las eléctricas están en buen estado de funcionamiento.

Supervisión adecuada marca una gran diferencia en la productividad laboral, las tablas asumen que hay una supervisión adecuada, pero no tienen en cuenta a los supervisores de mano de obra improductivos que dirigen, pero no realizan la instalación.

Las condiciones rara vez son “buenas” cuando el espacio del área de trabajo es limitado o cuando un cronograma de construcción corto hace necesario que muchos oficios trabajen al mismo tiempo. El resultado habitual serán pilas de material que obstruyen el espacio de trabajo y varios oficios compitiendo por el acceso en el punto de instalación, lo que conlleva a una afectación directa en los rendimientos de instalación.

Si no se espera que las condiciones de trabajo que está estimando sean “buenas”, ajuste las cifras de mano de obra de este libro según corresponda. Ocasionalmente los trabajos más grandes se pueden realizar más rápido porque se pueden utilizar equipos o cuadrillas especializadas de forma ventajosa: Esto generalmente reducirá el costo de instalación. Con mayor frecuencia las condiciones son menos que “buenas” En ese caso los costos de mano de obra serán más altos.

No existe una forma aceptable de decidir cuanto aumentarán las “malas” condiciones las horas de mano de obra necesarias. Pero es una práctica común de estimación aceptada asignar un multiplicador de costos de más de 1.0 a un trabajo que se puede esperar que requiera más de la cantidad habitual de mano de obra por unidad instalada, y si las condiciones son muy malas un multiplicador de 1.50 o más puede ser apropiado.

Las tablas de este libro asumen que la cuadrilla utilizada para el trabajo es la más pequeña apropiada para el trabajo en cuestión. Por lo general, esto significa que la cuadrilla está formada por un electricista cualificado.

Disponibilidad de la mano de obra: Es posible que la mano de obra en cada localidad no siempre esté disponible y deba realizar ajustes de personal o salariales durante la duración de ese proyecto.

Movilización y desmovilización: por lo general el primer paso es obtener el permiso para establecer su area de almacenamiento en el sitio. A veces el espacio de almacenamiento es escaso, algunos proyectos literalmente no tienen espacio de almacenamiento hasta que se completan partes del edificio y puedan usarse. Ocasionalmente las herramientas y equipos tendrán que almacenarse fuera del sitio. Esto puede requerir movilización y desmovilización diaria, lo que aumenta sustancialmente el costo de mano de obra.

Limpieza del trabajo: La basura y los escombros que obstruyen el acceso al lugar de trabajo (y en él) pueden hacer que una buena producción sea casi imposible. Eso por sí solo debería ser un incentivo para desechar regularmente los residuos acumulados. La mayoría de las especificaciones requieren que los subcontratistas retiren los materiales no utilizados, cajas de cartón, envoltorios y equipos o materiales desechados.

Producción: No importa cuán simples y rápidos anticipen que sean, la mayoría de los trabajos tendrán algunos problemas de producción. Cada equipo es único. Cada trabajo reúne trabajadores cualificados con diferentes preferencias y hábitos. Algunos nunca han trabajado juntos antes. Sin embargo, cada uno debe coordinar el trabajo que realiza con los que lo preceden y con los que lo siguen. Es normal esperar que necesiten algunos ajustes antes de que la cooperación se convierta en rutina.

Adicionalmente a las consideraciones recomendadas en los puntos anteriormente citados, se debe aclarar que para poder “tropicalizar” los conceptos establecidos para el cálculo de las horas hombre de instalación, se deben tomar en cuenta ciertas condiciones especiales en la forma

de construcción en Costa Rica, así como la accesibilidad a herramientas especializadas, disponibilidad de los materiales o equipos y no menos importante el acceso a mano de obra cualificada, en el entendido que la normalidad es que el personal eléctrico disponible es en su mayoría de formación “empírica”.

Conceptualización de Mano Obra

Es importante definir la conformación del o los equipos de trabajo que estarán destinados a la instalación eléctrica correspondiente. Una cuadrilla eléctrica está integrada por dos personas, un operario y un ayudante, que en adelante llamaremos pareja eléctrica.

Para poder calcular el salario promedio de una pareja eléctrica, se tomaron los salarios mínimos establecidos por el ministerio de trabajo, y se incluyeron los porcentajes de las cargas sociales obligatorias. Cualquier otro costo asociado a seguros por riesgos de trabajo o seguros médicos privados no están contemplados en el cálculo.

Tabla 14

Salario Promedio por Pareja Eléctrica

Salario	Costo HH
Ayudante	₡ 1 663,35
Operario	₡ 1 720,93
Cargas Sociales (37,34%)	₡ 1 263,69
Aguinaldo 8,33%	₡ 281,91
Cesantía 5,33%	₡ 180,38
Vacaciones 4,16%	₡ 140,79
Total, Salario Promedio	₡ 5 251,05
Tipo de Cambio	₡ 504,78
Salario Promedio	\$10,40

Nota. HH = Horas Hombre; Elaboración propia.

Los datos de los porcentajes correspondientes a las cargas sociales son los establecidos por el Ministerio de Trabajo, y el tipo de cambio utilizado según datos aportados por el Banco Central de Costa Rica.

Para el cálculo del factor de mano de obra y el porcentaje de imprevistos se tomaron las siguientes consideraciones.

Tabla 15

Cálculo de Tiempos Consumidos en Otras Actividades

Actividad	Horas T.C
Café	0,25
Almuerzo	0,5
Café	0,25
Traslados de Personal	0,2
Movilización Material y Herramienta	0,25
Uso Servicio Sanitario	0,2
Capacitación de Personal	0,1
Accesibilidad	0,15
Total, Horas	1,9

Nota. TC = Tiempo consumido, en horas; Elaboración propia.

Figura # 33

Fórmula para el cálculo del Factor de Mano de Obra

Jornada Laboral: 10 h	Factor MO
$f.i = \frac{t.c. \times 100}{h.d. - t.c.}$	17,1 %
f.i. = Factor de incremento t.c. = Tiempo consumido en otras actividades h.d. = Horas diarias de trabajo total	

Nota. Reproducido de “factor de incremento”, por G. Ortiz Quesada, E. Paniagua Madrigal y M. Sandoval Quirós, 2009, en *Costos de Construcción* (p. 21), Instituto Tecnológico de Costa Rica. Derechos Reservados.

Tabla 16

Cálculo de Imprevistos

Imprevistos	Factor
Disponibilidad de Personal	0,5%
Tiempo de Ejecución	1%
Atrasos de Obra	1%
Disponibilidad de Material	1,5%
Fallo de Herramienta	1,0%
Total	5,0%

Nota. Elaboración propia.

Cálculo de Horas Hombre

Para el cálculo del tiempo de instalación se asignó a cada material la cantidad de horas hombre correspondiente según las tablas obtenidas del manual “National Electrical Estimator”, como se indicó anteriormente.

Figura # 34

Horas Hombre de Instalación para Tubería PVC SCH40

Material	Craft@Hrs	Unit	Material Cost	Labor Cost	Installed Cost
Schedule 40 PVC conduit, 10' lengths with coupling					
1/2"	L1@3.10	CLF	31.90	144.00	175.90
3/4"	L1@3.20	CLF	37.40	149.00	186.40
1"	L1@3.30	CLF	57.00	154.00	211.00
1-1/4"	L1@3.40	CLF	82.00	158.00	240.00
1-1/2"	L1@3.45	CLF	93.10	161.00	254.10
2"	L1@3.50	CLF	114.00	163.00	277.00
2-1/2"	L2@3.60	CLF	191.00	168.00	359.00
3"	L2@3.75	CLF	229.00	175.00	404.00
4"	L2@4.00	CLF	318.00	186.00	504.00
5"	L2@4.25	CLF	477.00	198.00	675.00
6"	L2@4.50	CLF	564.00	210.00	774.00



Use these figures to estimate the cost of PVC conduit and elbows installed underground or in a building under the conditions described on pages 5 and 6. Costs listed are for 100 linear feet of conduit installed or for each elbow installed. The crew is one electrician for diameters to 2" and two electricians for 2-1/2" and larger conduit. The labor cost per manhour is listed on page 5. These costs include making up joints with cement (glue), layout, material handling, and normal waste. Add for bends, connectors, end bell, spacers, wire, trenching, encasement, sales tax, delivery, supervision, mobilization, demobilization, cleanup, overhead and profit. Conduit runs are assumed to be 50' long. Shorter runs will take more labor and longer runs will take less labor per linear foot.

Nota. Reproducido de “Schedule 40 PVC conduit, 10' lengths with coupling”, por M. Tyler y R. Pray, en *National Electrical Estimator* (p. 37), Craftsman. Derechos Reservados.

Por ejemplo, según la figura #34 para el cálculo de instalación de una tubería PVC SCH 40 de 4" (pulgadas) de diámetro se utilizó como base de horas de instalación el tiempo y la cantidad de electricistas indicados en la columna Craftt@hhhrs de la tabla anterior.

Ajustando la cantidad de personal a una pareja eléctrica y aplicando los factores de MO, imprevistos anteriormente calculados obtenemos la siguiente cantidad de horas de instalación.

Tabla 17*Cálculo Horas Hombre con Factores para Tubería PVC SCH 40*

Material	Ø PVC	T(m)	#Elec	HH	HH T	HH P	F MO	I	HH F	HH (m)
Tubería	4"	30,48	2	4	8	16	18,74	5%	20,61	0,69

Nota. Ø = Diámetro de tubería; T = Metros de tubería; #Elec = Número de Electricistas; HH = Horas Hombre; HH T = Horas Hombre totales; HH P = Horas Hombre por pareja; F MO = Factor de mano de obra; I = Imprevistos; HH F = Horas Hombre con factores de ajuste; HH(m) = Horas Hombre por metro; Elaboración Propia.

Tabla 18*Cálculo Horas Hombre con Factores para Tubería EMT*

Material	Ø EMT	T(m)	#Elec	HH	HH T	HH P	F MO	I	HH F	HH (m)
Tubería	1-1/4"	30.48	1	6	6	12	14,05	5%	15,46	0,51
Tubería	2"	30.48	1	10	10	20	23,42	5%	25,76	0,85

Nota. Ø = Diámetro de tubería; T = Metros de tubería; #Elec = Número de Electricistas; HH = Horas Hombre; HH T = Horas Hombre totales; HH P = Horas Hombre por pareja; F MO = Factor de mano de obra; I = Imprevistos; HH F = Horas Hombre con factores de ajuste; HH(m) = Horas Hombre por metro; Elaboración Propia.

Tabla 19*Cálculo de Horas Hombre para Accesorios EMT*

Material	Ø EMT	Cant	#Elec	HH	HH T	HH P	F MO	I	HH F	HH (u)
Curva 90°	1-1/4"	1	1	0,1	0,1	0,2	0,23	5%	0,26	0,26
Curva 90°	2"	1	1	0,15	0,15	0,3	0,35	5%	0,39	0,39
Unión Compresión	1-1/4"	1	1	0,1	0,1	0,2	0,23	5%	0,26	0,26
Unión Compresión	2"	1	1	0,15	0,15	0,3	0,35	5%	0,39	0,39
Conector Compresión	1-1/4"	1	1	0,1	0,1	0,2	0,23	5%	0,26	0,26
Conector Compresión	2"	1	1	0,15	0,15	0,3	0,35	5%	0,39	0,39
Conduleta LB/LR/T/C	1-1/4"	1	1	0,25	0,25	0,5	0,59	5%	0,64	0,64
Conduleta LB/LR/T/C	2"	1	1	0,3	0,3	0,6	0,70	5%	0,77	0,77
Conector a Tierra	1-1/4"	1	1	0,15	0,15	0,3	0,35	5%	0,39	0,39
Conector a Tierra	2"	1	1	0,2	0,2	0,4	0,47	5%	0,52	0,52

Nota. Ø = Diámetro de tubería; Cant = Cantidad de accesorios instalados; #Elec = Número de Electricistas; HH = Horas Hombre; HH T = Horas Hombre totales; HH P = Horas Hombre por pareja; F MO = Factor de mano de obra; I = Imprevistos; HH F = Horas Hombre con factores de ajuste; HH(u) = Horas Hombre por unidad; Elaboración Propia.

Hay que tomar en cuenta que para este caso el manual realiza el cálculo de las horas hombre bajo una medida de instalación de 100 pies lineales de tubería, como se muestra en la figura #34 y es por esta razón que se considera una distancia aproximada de instalación de tubería en metros para el cálculo de las horas hombre con factor de la tabla 16. Aplica el mismo concepto para la tubería EMT de la tabla 17. En el caso de los accesorios EMT se contempla la cantidad de horas de instalación unitaria, como se muestra en la tabla 18.

Para el cálculo de las horas hombre de instalación del cable de cobre y aluminio se tomaron los datos de las tablas respectivas.

Figura # 35

Horas Hombre de Instalación para Cable de Cobre RHHW

Type USE, RHH-RHW 600 volt stranded copper building wire						
# 14	L2@6.00	KLF	336.00	280.00	616.00	
# 12	L2@7.00	KLF	425.00	326.00	751.00	
# 10	L2@8.00	KLF	619.00	373.00	992.00	
# 8	L2@9.00	KLF	797.00	419.00	1,216.00	
# 6	L2@10.0	KLF	1,340.00	466.00	1,806.00	
# 4	L2@12.0	KLF	2,090.00	559.00	2,649.00	
# 2	L3@13.0	KLF	3,310.00	606.00	3,916.00	
# 1	L3@14.0	KLF	4,210.00	652.00	4,862.00	
# 1/0	L3@15.0	KLF	5,260.00	699.00	5,959.00	
# 2/0	L3@16.0	KLF	5,740.00	745.00	6,485.00	
# 3/0	L3@17.0	KLF	7,200.00	792.00	7,992.00	
# 4/0	L3@18.0	KLF	7,810.00	839.00	8,649.00	
# 250 KCMIL	L4@20.0	KLF	9,930.00	932.00	10,862.00	
# 300 KCMIL	L4@23.0	KLF	11,900.00	1,070.00	12,970.00	
# 350 KCMIL	L4@24.0	KLF	13,800.00	1,120.00	14,920.00	
# 400 KCMIL	L4@25.0	KLF	15,600.00	1,160.00	16,760.00	
# 500 KCMIL	L4@26.0	KLF	19,600.00	1,210.00	20,810.00	
# 600 KCMIL	L4@30.0	KLF	23,600.00	1,400.00	25,000.00	
# 750 KCMIL	L4@32.0	KLF	42,100.00	1,490.00	43,590.00	
#1000 KCMIL	L4@36.0	KLF	55,700.00	1,680.00	57,380.00	



Use these figures to estimate the cost of copper USE RHH-RHW solid and stranded, MTW stranded 90-degree and MTW heavy insulation stranded 90-degree wire installed in conduit under the conditions described on pages 5 and 6. Costs listed are for each 1,000 linear feet installed. The crew is two electricians for sizes up to #4, three electricians for sizes over #4 to #4/0 and four electricians for sizes over #4/0. The labor cost per manhour is listed on page 5. These costs include fishing string, circuit make-up, splices on wire up to #6, reel set-up, pulling compound, phase identification, circuit testing, layout, material handling, and normal waste. Add for a bonding wire run in non-metallic or flexible conduit, sales tax, delivery, supervision, mobilization, demobilization, cleanup, overhead and profit. Note: These costs are for conduit runs of less than 100 feet and assume that three wires of the same size are pulled at the same time. Type MTW is machine tool wire and can be used for control wiring. A deposit is often required on larger-wire reels. These costs assume that larger reels are returned for credit. Order large-size wire in longest lengths available to reduce waste.

Nota. Reproducido de “Type USE, RHH-RHW 600 volt stranded copper building wire”, por M.

Tyler y R. Pray, en *National Electrical Estimator* (p. 95), Craftsman. Derechos Reservados.

Figura # 36*Horas Hombre de Instalación para Cable de Aluminio XHHW*

Type XHHW cross-linked polyethylene 600 volt 90 degree (XLP) aluminum wire

# 6	L2@9.00	KLF	641.00	419.00	1,060.00
# 4	L2@10.0	KLF	800.00	466.00	1,266.00
# 2	L2@11.0	KLF	1,080.00	512.00	1,592.00
# 1	L2@12.0	KLF	1,560.00	559.00	2,119.00
# 1/0	L3@13.0	KLF	1,890.00	606.00	2,496.00
# 2/0	L3@14.0	KLF	2,230.00	652.00	2,882.00
# 3/0	L3@15.0	KLF	2,780.00	699.00	3,479.00
# 4/0	L3@16.0	KLF	3,080.00	745.00	3,825.00
# 250 KCMIL	L3@18.0	KLF	3,760.00	839.00	4,599.00
# 300 KCMIL	L3@19.0	KLF	5,220.00	885.00	6,105.00
# 350 KCMIL	L3@20.0	KLF	5,280.00	932.00	6,212.00
# 400 KCMIL	L3@21.0	KLF	6,230.00	978.00	7,208.00
# 500 KCMIL	L3@22.0	KLF	6,840.00	1,020.00	7,860.00
# 600 KCMIL	L3@23.0	KLF	8,730.00	1,070.00	9,800.00
# 700 KCMIL	L3@24.0	KLF	10,000.00	1,120.00	11,120.00
# 750 KCMIL	L3@25.0	KLF	10,200.00	1,160.00	11,360.00
#1000 KCMIL	L3@30.0	KLF	14,900.00	1,400.00	16,300.00

Use these figures to estimate the cost of aluminum XHHW wire installed in conduit or USE RHH-RHW wire installed under the conditions described on pages 5 and 6. Costs listed are for each 1,000 linear feet installed. The crew is two electricians for sizes to #1 and three electricians for sizes over #1. The labor cost per manhour is listed on page 5. These costs include fishing string, reel set-up, pulling gear set-up, phase identification, pulling compound, layout, material handling, and normal waste. Add for splicing, anti-oxidation compound, sales tax, delivery, supervision, mobilization, demobilization, cleanup, overhead and profit. Note: The figures for XHHW wire assume that wire is pulled in conduit runs of 100 feet or less and that three conductors are pulled at the same time. Use anti-oxidation compound on all aluminum connections. Type USE, RHH-RHW wire is approved for use overhead, direct burial or in underground duct systems. The ampacity of copper wire is greater than the ampacity of aluminum wire of the same size. Check the *NEC* before substituting aluminum wire for copper wire. Terminations for aluminum wire must be made with approved fittings.

Nota. Reproducido de “Type XHHW cross-linked polyethylene 600 volt 90 degree (XLP) aluminum wire”, por M. Tyler y R. Pray, en *National Electrical Estimator* (p. 106), Craftsman.

Derechos Reservados.

Para este caso el manual especifica que el cálculo del tiempo de instalación se considera por la instalación de 1000 pies lineales de cada alimentador, por lo que, igual que con la tubería se procedió a estimar la distancia correspondiente en metros lineales, para así poder aplicar los factores correspondientes, como se muestra a continuación.

Tabla 20*Cálculo Horas Hombre para Alimentadores con Factores*

Material	C	MI	#Elec	HH	HH T	HH P	F MO	I	HH F	HH (m)
Cable CU RHHW-2	600	304,8	4	30	120	240	281,04	5%	309,14	1,01
Cable CU RHHW-2	400	304,8	4	25	100	200	234,20	5%	257,62	0,85
Cable CU THHN	250	304,8	4	20	80	160	187,36	5%	206,10	0,68
Cable CU THHN	4/0	304,8	3	18	54	108	126,47	5%	139,11	0,46
Cable CU THHN	3/0	304,8	3	17	51	102	119,44	5%	131,39	0,43
Cable CU THHN	2	304,8	3	13	39	78	91,34	5%	100,47	0,33
Cable CU THHN	4	304,8	2	12	24	48	56,21	5%	61,83	0,20
Cable CU THHN	6	304,8	2	10	20	40	46,84	5%	51,52	0,17
Cable AL XHHW	750	304,8	3	25	75	150	175,65	5%	193,22	0,63
Cable AL XHHW	500	304,8	3	22	66	132	154,57	5%	170,03	0,56
Cable AL XHHW	350	304,8	3	20	60	120	140,52	5%	154,57	0,51
Cable MC AL (4C XHHW)	1/0	304,8	1	40	40	80	93,68	5%	103,05	0,34
Cable MC AL (3C XHHW)	6	304,8	1	17	17	34	39,81	5%	43,80	0,14

Nota. C = Calibre del cable; MI = Metros lineales instalados; #Elec = Número de Electricistas; HH = Horas Hombre; HH T = Horas Hombre totales; HH P = Horas Hombre por pareja; F MO = Factor de mano de obra; I = Imprevistos; HH F = Horas Hombre con factores de ajuste; HH(m) = Horas Hombre por metro; Elaboración Propia.

El cálculo de instalación del Ducto Barra de Aluminio se detalla seguidamente.

Figura # 37

Horas Hombre de Instalación de Ducto Barra

Bus Duct, Aluminum

Material	Craft@Hrs	Unit	Material Cost	Labor Cost	Installed Cost
Aluminum feeder bus duct, 600 volt, 3-wire					
800A 120"	L4@2.00	Ea	2,840.00	93.20	2,933.20
1000A 120"	L4@2.25	Ea	3,150.00	105.00	3,255.00
1200A 120"	L4@2.50	Ea	4,250.00	116.00	4,366.00
1350A 120"	L4@2.75	Ea	4,970.00	128.00	5,098.00
1600A 120"	L4@3.00	Ea	6,020.00	140.00	6,160.00
2000A 120"	L4@3.25	Ea	7,150.00	151.00	7,301.00
2500A 120"	L4@3.50	Ea	8,920.00	163.00	9,083.00
3000A 120"	L4@3.75	Ea	10,000.00	175.00	10,175.00
4000A 120"	L4@4.00	Ea	13,700.00	186.00	13,886.00

Use these figures to estimate the cost of indoor bus duct installed in buildings under the conditions described on pages 5 and 6. Costs listed are for each length of duct installed. The crew is four electricians working at the labor cost per manhour listed on page 5. These costs include connecting hardware, layout, material handling, and normal waste. Add for supports, service devices, sales tax, delivery, supervision, mobilization, demobilization, cleanup, overhead and profit. Note: Never mix copper and aluminum duct or fittings in a single system. Dissimilar metals will lead to a failure in a very short time. Using contact compounds won't overcome this problem. Some bus duct and fittings are made with quick connects. The duct slips together and is held in place with a tightening stud. Use a torque wrench to apply the specified pressure to the stud. All bus duct must be supported according to the manufacturer's recommendations.

Nota. Reproducido de "Aluminum feeder bus duct, 600 volt, 3-wire", por M. Tyler y R.

Pray, en National Electrical Estimator (p. 346), Craftsman. Derechos Reservados.

En el caso del ducto barra los fabricantes los ofrecen de diferentes largos, según el requerimiento de cada proyecto, para nuestro caso se utiliza el dato de las horas hombre del tramo de tres metros de longitud, por ser la presentación típica más utilizada. Para los accesorios de se considera el cálculo de horas por unidad, tal y como se muestra en la figura #37.

Tabla 21*Cálculo Horas Hombre Con Factores para Ducto Barra y Accesorios*

Equipo	U	#Elec	HH	HH T	HH / P	F MO	I	HH F	HH (m)
DB Aluminio 1350A	3*	4	2,75	11	22	25,76	5%	28,34	9,45
Plug In 100A	1	2	0,75	1,5	3	3,513	5%	3,8643	3,86
Codo DB	1	4	2,25	9	18	21,078	5%	23,1858	23,19
Flanger DB	1	4	2,25	9	18	21,078	5%	23,1858	23,19
Tapa Final	1	4	2,5	10	20	23,42	5%	25,762	25,76

Nota. DB Aluminio 1350A se contabiliza en metros lineales. Los demás materiales están expresados por unidad; DB = Ducto barra; U = Cantidad en unidades; #Elec = Número de Electricistas; HH = Horas Hombre; HH T = Horas Hombre totales; HH P = Horas Hombre por pareja; F MO = Factor de mano de obra; I = Imprevistos; HH F = Horas Hombre con factores de ajuste; HH(m) = Horas Hombre por metro; Elaboración Propia.

Siguiendo la metodología aplicada en las Tablas 16, 17, 18, 19 y 20, se realizó el cálculo de las horas hombre requeridas para cada uno de los materiales involucrados en la configuración de las acometidas correspondientes a las cargas previamente estimadas.

Presupuesto de Materiales

Como se muestra en el Anexo 8 el costo de los materiales como tuberías, accesorios, cable, soportería se obtuvieron de precios de lista de diferentes proveedores eléctricos.

Para el cálculo de los materiales necesarios en la configuración de cada alimentador se contemplaron únicamente los materiales que se pueden cuantificar de una manera más exacta, como las canalizaciones, el cableado y accesorios de anclaje. Todos los materiales que estén en la categoría de consumibles, como cintas aislantes, pegamentos, lubricantes, calcomanías, cintas reflectantes de seguridad, entre otros, no están considerados en el cálculo debido a que no representan un monto significativo.

Cuadro Comparativo

Evaluación de Alternativas de Alimentación Eléctrica

Como parte del análisis complementario del sistema eléctrico propuesto, se llevó a cabo una comparativa de costos entre dos configuraciones distintas de alimentación. Por un lado, se consideró el sistema tradicional compuesto por ducto barra y cable armado de aluminio; por otro, se evaluó una alternativa que reemplaza el ducto barra mediante una configuración de alimentadores diseñada con tubería EMT y cable de aluminio con aislamiento tipo XHHW.

Este análisis tiene como propósito validar si la solución seleccionada para el estudio representa la opción más adecuada desde el punto de vista técnico y económico. Se contemplaron variables como el costo de materiales, facilidad de instalación, cumplimiento normativo, eficiencia operativa y sostenibilidad del sistema.

A continuación, se presenta una tabla comparativa que detalla los costos estimados entre el diseño eléctrico original —basado en alimentadores con tubería y cable de cobre— y la propuesta optimizada que combina ducto barra con cable armado de aluminio. Esta comparación permite visualizar las diferencias económicas entre ambas alternativas y sustentar la elección final del sistema más eficiente y viable para el proyecto.

Tabla 22*Cuadro Comparativo de Costos*

AD	C AD	CM D	CMO D	Sub D	A DB	C AP	CM P	CMO P	Sub P
Diseño Original con Tubería y Cable de Cobre					Propuesta de Diseño con Ducto Barra y Cable Armado de Aluminio				
Alimentación desde Transformador de Pedestal hacia Sub Estación Principal "2SW01"	Canalización en tubería PVC SCH 40, Cableado de Cobre con Aislamiento RHHW	\$309 938	\$37 286	\$347 224	Alimentación desde Transformador de Pedestal hacia Sub Estación Principal "2SW01"	Canalización en tubería PVC SCH 40, Cableado de Aluminio con Aislamiento XHHW	\$181 433	\$25 216	\$206 649

Nota. AD = Acometida diseño original; C AD = Configuración acometida de diseño original; CM D = Costo del material diseño original; CMO D = Costo de Mano de Obra diseño original; Sub D = Subtotal diseño original; AD = Acometida diseño original; C AD = Configuración acometida de diseño original; CM D = Costo del material diseño original; CMO D = Costo de Mano de Obra diseño original; Sub D = Subtotal diseño original; Elaboración Propia.

Tabla 22*Cuadro Comparativo de Costos**(Continuación)*

AD	C AD	CM D	CMO D	Sub D	A DB	C AP	CM P	CMO P	Sub P
Diseño Original con Tubería y Cable de Cobre					Propuesta de Diseño con Ducto Barra y Cable Armado de Aluminio				
Alimentación desde Generador Eléctrico hacia Sub Estación Principal "2SW01"	Canalización en tubería PVC SCH 40, Cableado de Cobre con Aislamiento RHHW	\$241 066	\$33 255	\$274 321	Alimentación desde Generador Eléctrico hacia Sub Estación Principal "2SW01"	Canalización en tubería PVC SCH 40, Cableado de Aluminio con Aislamiento XHHW	\$126 600	\$18 860	\$145 461

Nota. AD = Acometida diseño original; C AD = Configuración acometida de diseño original; CM D = Costo del material diseño original; CMO D = Costo de Mano de Obra diseño original; Sub D = Subtotal diseño original; AD = Acometida diseño original; C AD = Configuración acometida de diseño original; CM D = Costo del material diseño original; CMO D = Costo de Mano de Obra diseño original; Sub D = Subtotal diseño original; Elaboración Propia.

Tabla 22*Cuadro Comparativo de Costos**(Continuación)*

AD	C AD	CM D	CMO D	Sub D	A DB	C AP	CM P	CMO P	Sub P
Diseño Original con Tubería y Cable de Cobre					Propuesta de Diseño con Ducto Barra y Cable Armado de Aluminio				
Alimentación desde Subestación "2SW01" hacia Tableros Principales "2DB01N2 @ 2DB01N9"	Canalización aérea en tubería EMT, Cableado de Cobre con Aislamiento THHN	\$182 119	\$125 092	\$307 210	Alimentación desde Subestación "2SW01" hacia Tableros Principales "2DB01N2 @ 2DB01N9"	Instalación de Ducto Barra de Aluminio, con cajas de conexión "Plug-In" en cada nivel y Acometida con Cable Armado Metálico y Alimentadores de Aluminio con Aislamiento XHHW desde cada "Plug-In" al Tablero "2DB01" de cada nivel.	\$43 676	\$15 318	\$58 994

Nota. AD = Acometida diseño original; C AD = Configuración acometida de diseño original; CM D = Costo del material diseño original; CMO D = Costo de Mano de Obra diseño original; Sub D = Subtotal diseño original; AD = Acometida diseño original; C AD = Configuración acometida de diseño original; CM D = Costo del material diseño original; CMO D = Costo de Mano de Obra diseño original; Sub D = Subtotal diseño original; Elaboración Propia.

Tabla 22*Cuadro Comparativo de Costos**(Continuación)*

AD	C AD	CM D	CMO D	Sub D	A DB	C AP	CM P	CMO P	Sub P
Diseño Original con Tubería y Cable de Cobre					Propuesta de Diseño con Ducto Barra y Cable Armado de Aluminio				
Alimentación desde Tablero Principal "2DB01N2@2DB01N9" hacia Tableros de Habitaciones "2PBA01@2PBA15" de cada nivel.	Canalización aérea en tubería EMT, Cableado de Cobre con Aislamiento THHN	\$152 294	\$236 268	\$388 562	Alimentación desde Tablero Principal "2DB01N2@2DB01N9" hacia Tableros de Habitaciones "2PBA01@2PBA15" de cada nivel.	Acometida aérea en Cable Armado de Aluminio (Aislamiento del alimentador interno XHHW)	\$60 962	\$224 178	\$285 140
Total: Diseño Original				\$1 317 317	Total: Propuesta de Diseño				\$696 244

Nota. AD = Acometida diseño original; C AD = Configuración acometida de diseño original; CM D = Costo del material diseño original; CMO D = Costo de Mano de Obra diseño original; Sub D = Subtotal diseño original; AD = Acometida diseño original; C AD = Configuración acometida de diseño original; CM D = Costo del material diseño original; CMO D = Costo de Mano de Obra diseño original; Sub D = Subtotal diseño original; Elaboración Propia.

Se presenta en seguida la tabla comparativa de costos correspondiente al análisis complementario de la alternativa que sustituye el sistema de ducto barra por una configuración de alimentadores basada en tubería EMT y cable de aluminio con aislamiento tipo XHHW.

Tabla 23

Cuadro Comparativo de Costos

A DB	CA DB	CM DB	CMO DB	Sub DB	A AL	C AL	CM AL	CMO AL	Sub AL
Propuesta de Diseño con Ducto Barra y Cable Armado de Aluminio					Propuesta de Diseño con Tubería y Cable de Aluminio				
Alimentación desde Transformador de Pedestal hacia Sub Estación Principal "2SW01"	Canalización enterrada en tubería PVC SCH 40, Cableado de Aluminio con Aislamiento XHHW	\$181 433	\$25 216	\$206 649	Alimentación desde Transformador de Pedestal hacia Sub Estación Principal "2SW01"	Canalización enterrada en tubería PVC SCH 40, Cableado de Aluminio con Aislamiento XHHW	\$180 479	\$25 216	\$205 695

Nota. A DB = Acometida diseño ducto barra; CA DB = Configuración acometida ducto barra; CM DB = Costo del material ducto barra; CMO DB = Costo de Mano de Obra ducto barra; Sub DB = Subtotal diseño ducto barra; A AL = Acometida diseño cable aluminio; C AL = Configuración acometida cable de aluminio; CM AL = Costo del material acometida cable aluminio; CMO AL = Costo de Mano de Obra diseño cable aluminio; Sub AL = Subtotal diseño cable aluminio; Elaboración Propia.

Tabla 23*Cuadro Comparativo de Costos**(Continuación)*

A DB	CA DB	CM DB	CMO DB	Sub DB	A AL	C AL	CM AL	CMO AL	Sub AL
Diseño Original con Tubería y Cable de Cobre					Propuesta de Diseño con Ducto Barra y Cable Armado de Aluminio				
Alimentación desde Generador Eléctrico hacia Sub Estación Principal "2SW01"	Canalización enterrada en tubería PVC SCH 40, Cableado de Aluminio con Aislamiento XHHW	\$126 600	\$18 860	\$145 461	Alimentación desde Generador Eléctrico hacia Sub Estación Principal "2SW01"	Canalización enterrada en tubería PVC SCH 40, Cableado de Aluminio con Aislamiento XHHW	\$125 876	\$18 860	\$144 736

Nota. A DB = Acometida diseño ducto barra; CA DB = Configuración acometida ducto barra; CM DB = Costo del material ducto barra; CMO DB = Costo de Mano de Obra ducto barra; Sub DB = Subtotal diseño ducto barra; A AL = Acometida diseño cable aluminio; C AL = Configuración acometida cable de aluminio; CM AL = Costo del material acometida cable aluminio; CMO AL = Costo de Mano de Obra diseño cable aluminio; Sub AL = Subtotal diseño cable aluminio; Elaboración Propia.

Tabla 23*Cuadro Comparativo de Costos**(Continuación)*

A DB	CA DB	CM DB	CMO DB	Sub DB	A AL	C AL	CM AL	CMO AL	Sub AL
Diseño Original con Tubería y Cable de Cobre					Propuesta de Diseño con Ducto Barra y Cable Armado de Aluminio				
Alimentaciones desde Sub Estación Principal "2SW01" hacia Tableros Principales "2DB01N2@2DB 01N9"	Instalación de Ducto Barra de Aluminio, con cajas de conexión "Plug-In" en cada nivel y Acometida con Cable Armado Metálico y Alimentadores de Aluminio con Aislamiento XHHW desde cada "Plug-In" al Tablero "2DB01" de cada nivel.	\$43 676	\$15 318	\$58 994	Alimentaciones desde Sub Estación Principal "2SW01" hacia Tableros Principales "2DB01N2@2DB 01N9"	Canalizaciones aéreas en tubería EMT, Cableado de Aluminio con Aislamiento XHHW	\$86 090	\$116 286	\$202 376

Nota. A DB = Acometida diseño ducto barra; CA DB = Configuración acometida ducto barra; CM DB = Costo del material ducto barra; CMO DB = Costo de Mano de Obra ducto barra; Sub DB = Subtotal diseño ducto barra; A AL = Acometida diseño cable aluminio; C AL = Configuración acometida cable de aluminio; CM AL = Costo del material acometida cable aluminio; CMO AL = Costo de Mano de Obra diseño cable aluminio; Sub AL = Subtotal diseño cable aluminio; Elaboración Propia.

Tabla 23*Cuadro Comparativo de Costos**(Continuación)*

A DB	CA DB	CM DB	CMO DB	Sub DB	A AL	C AL	CM AL	CMO AL	Sub AL
Diseño Original con Tubería y Cable de Cobre					Propuesta de Diseño con Ducto Barra y Cable Armado de Aluminio				
Alimentaciones desde Tablero Principal "2DB01N2@2DB01N9" hacia Tableros de Habitaciones "2PBA01@2PBA15" de cada nivel.	Acometidas aéreas en Cable Armado Metálico y Alimentadores de Aluminio con Aislamiento XHHW	\$60 962	\$224 178	\$285 140	Alimentaciones desde Tablero Principal "2DB01N2@2DB01N9" hacia Tableros de Habitaciones "2PBA01@2PBA15" de cada nivel.	Acometidas aéreas en Cable Armado Metálico y Alimentadores de Aluminio con Aislamiento XHHW	\$60 962	\$224 178	\$285 140
Total: Propuesta de Diseño 1				\$696 244	Total: Propuesta de Diseño 2				\$837 948

Nota. A DB = Acometida diseño ducto barra; CA DB = Configuración acometida ducto barra; CM DB = Costo del material ducto barra; CMO DB = Costo de Mano de Obra ducto barra; Sub DB = Subtotal diseño ducto barra; A AL = Acometida diseño cable aluminio; C AL = Configuración acometida cable de aluminio; CM AL = Costo del material acometida cable aluminio; CMO AL = Costo de Mano de Obra diseño cable aluminio; Sub AL = Subtotal diseño cable aluminio; Elaboración Propia.

En lo sucesivo, se presenta la tabla que resume los costos totales de cada configuración evaluada, destacando el ahorro económico generado por el rediseño con sistema ducto barra. Este análisis evidencia la viabilidad técnica y financiera de la propuesta, al optimizar recursos sin comprometer la calidad ni el cumplimiento normativo.

Tabla 24

Resumen Comparativo de Propuestas

Resumen de las Propuestas	Monto	Ahorro	Ahorro
Sistema de Acometidas con cable de Cobre	\$1 317 317	Cobre VS	Aluminio VS
Sistema de Acometidas con Ducto Barra de Aluminio	\$696 244	Ducto Barra	Ducto Barra
Sistema de Acometidas con Cable de Aluminio	\$837 948	\$621 073	\$479 369

Nota. Elaboración Propia.

A continuación, la tabla resumen que compara la propuesta de rediseño basada en ducto barra y cable armado de aluminio con el diseño eléctrico original, permitiendo visualizar las diferencias clave en términos de costos.

Tabla 25

Resumen de Ahorro Proyectado

Resumen de la Propuesta Seleccionada	Monto	% Ahorro	Tipo de Cambio
Total, de Ahorro Proyectado USD	\$621 073	53%	₡505
Total, de Ahorro Proyectado colones	\$313 505 389		

Nota. Elaboración Propia.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

En el marco del objetivo orientado a diagnosticar técnicamente el núcleo operativo del complejo hotelero, el rediseño eléctrico se centró en su área residencial, considerada el componente operativo central del proyecto. Tal como se señala en el apartado de la distribución eléctrica propuesta, esta zona concentra la mayoría de las cargas críticas, lo que hace indispensable su evaluación técnica para establecer los fundamentos del sistema eléctrico propuesto.

En el apartado metodológico se expone el proceso técnico seguido para configurar una solución de acometidas que integra ducto barra y cable armado de aluminio. Este procedimiento permitió establecer criterios técnicos rigurosos, seleccionar los componentes adecuados para cada trayecto eléctrico, y definir parámetros precisos para la distribución de cargas en función de las condiciones operativas del complejo.

Asimismo, se definieron las condiciones de operación, el tipo de canalización y los elementos asociados mediante el análisis técnico detallado en los contenidos dedicados al cálculo de cargas residenciales y cargas comerciales, lo que permitió dimensionar de forma precisa los sistemas de alimentación, asegurando su compatibilidad con la infraestructura existente.

Durante este proceso, se aplicaron los lineamientos del Código Eléctrico Nacional para estimar la demanda total del complejo hotelero. La tabla 4 establece una carga de 139,4 KVA para las habitaciones, mientras que la tabla 5 detalla 359,8 KVA correspondientes a las áreas comunes, consolidando una carga total optimizada de 499,3 KVA.

Es importante destacar que, al integrar las cargas de las áreas comunes reflejadas en la tabla 5, se consideraron como cargas continuas los circuitos de iluminación y tomas generales.

Por esta razón, se aplicó un sobredimensionamiento del 125%, conforme a lo establecido por la normativa vigente. Esta medida se adoptó debido a que el transformador seleccionado en el diseño original tiene una capacidad de 500 kVA, y se buscó evitar su reemplazo por uno de mayor capacidad ante posibles restricciones de disponibilidad.

La aplicación de este factor de corrección garantiza un margen de seguridad adecuado en la selección del transformador, permitiendo además una reserva técnica para futuras ampliaciones sin comprometer la eficiencia ni el cumplimiento normativo del sistema.

Con base en estos datos, el análisis sobre el dimensionamiento de los alimentadores principales, considera parámetros como tensión de operación, resistencia de los conductores, caída de voltaje admisible, factor de potencia y área transversal efectiva. Esta información, sintetizada en la tabla 7, constituye la base técnica que garantiza la continuidad y operatividad del sistema proyectado.

Como resultado de todo el proceso anterior, se elaboró una memoria de cálculo integral, técnicamente validada y alineada con la normativa vigente. Este documento no solo respalda el cumplimiento regulatorio, sino que refleja una aplicación efectiva de los conocimientos adquiridos, constituyendo un logro profesional relevante en el diseño de sistemas eléctricos eficientes y estructuralmente sólidos.

La representación gráfica del sistema fue desarrollada mediante herramientas de diseño digital utilizadas en el proceso académico. El diagrama unifilar mostrado en la figura 32, sintetiza los elementos principales de la solución propuesta basada en ducto barra y cable armado de aluminio, presentando una estructura clara y ordenada, conforme a los criterios técnicos definidos.

Este rediseño facilita la interpretación para su ejecución y futuras evaluaciones, reafirmando la validez técnica de la propuesta. La consolidación gráfica del sistema no solo responde a los estándares exigidos, sino que fortalece la viabilidad documentada del rediseño planteado.

La comparación técnica presentada en la Tabla 13 evidencia que el sistema de alimentación basado en ducto barra y cable armado de aluminio posee ventajas estructurales y operativas significativas frente a la canalización tradicional mediante cable de cobre y tubería. Entre estas destacan su compatibilidad con normativas internacionales, menor número de puntos de conexión, facilidad de mantenimiento, materiales reciclables y vida útil superior a 30 años. superando el promedio de 20 a 25 años estimado para soluciones convencionales

Complementariamente, el análisis de tiempos de implementación realizado mediante el cálculo de horas hombre reveló que el sistema ducto barra requiere menos tiempo de instalación, optimizando los procesos constructivos y reduciendo significativamente los costos asociados. Esta ventaja operativa refuerza la eficiencia de la propuesta frente a los métodos tradicionales.

A partir de esta evidencia técnica y de los criterios comparativos desarrollados, se concluye que la solución combinada representa una alternativa superior en términos de seguridad eléctrica, sostenibilidad medioambiental y eficiencia económica. Su integración dentro del complejo hotelero no solo responde con solvencia a las exigencias del entorno operativo, sino que también posiciona el rediseño como una propuesta integral, robusta y alineada con los desafíos de la infraestructura eléctrica moderna.

Finalmente, el análisis económico permitió comparar tres configuraciones distintas para el sistema de acometidas del complejo hotelero:

- El diseño convencional con canalización y cable de cobre.
- La propuesta de rediseño mediante ducto barra de aluminio.
- Una alternativa complementaria con tubería EMT y cable de aluminio con aislamiento tipo XHHW.

Los resultados, presentados en la Tabla 24, evidencian diferencias significativas en los costos totales de cada propuesta. El sistema con cable de cobre representa la opción más costosa, con una inversión estimada de \$1 317 317 USD, equivalente a ₡665 243 085 colones costarricenses. En contraste, el rediseño con ducto barra de aluminio reduce el costo a \$696 244 USD (₡351 498 220 CRC), generando un ahorro de \$621 073 USD, equivalente a ₡313 744 865 CRC frente al sistema original.

Por su parte, la alternativa con cable de aluminio en tubería EMT alcanza un costo de \$837 948 USD (₡423 626 740 CRC), lo que representa un ahorro de \$479 369 USD, equivalente a ₡242 616 345 CRC, también en comparación con el diseño basado en cobre. Estos valores fueron calculados utilizando un tipo de cambio promedio de ₡505 por dólar.

Los resultados confirman que ambas propuestas basadas en aluminio —ya sea mediante ducto barra o cable en tubería EMT— ofrecen ventajas económicas sustanciales sin comprometer los parámetros técnicos ni el cumplimiento normativo. Además, el rediseño con ducto barra se consolida como la opción más eficiente desde el punto de vista financiero, al lograr una reducción del 53% en el presupuesto total, lo que refuerza su pertinencia como solución óptima para proyectos de infraestructura eléctrica en el sector hotelero o edificaciones verticales de alta demanda energética.

Por lo tanto, puede establecerse con claridad que se ha cumplido con calidad el objetivo planteado, al demostrar que el sistema propuesto no solo mejora la viabilidad financiera del proyecto, sino que representa una alternativa técnicamente sólida, normativamente confiable y operativamente eficiente dentro del contexto de construcción eléctrica.

Recomendaciones

1. Se recomienda realizar un análisis técnico específico para el sistema de iluminación exterior del complejo hotelero, abarcando áreas como senderos, parqueos, accesos y zonas recreativas. Este componente no fue incluido en el presente rediseño, por lo que su incorporación podría optimizar las condiciones operativas nocturnas, además de fortalecer la eficiencia energética mediante la selección adecuada de luminarias.
2. Es conveniente verificar la demanda real de operación de equipos especiales, entre los que destacan los sistemas de bombeo, ascensores, unidades de aire acondicionado y equipos de lavandería como secadoras industriales. Debido a la ausencia de fichas técnicas específicas durante el desarrollo del proyecto, se utilizaron valores referenciales extraídos de los planos originales, lo cual podría derivar en variaciones significativas respecto al consumo efectivo.
3. Se sugiere considerar en estimaciones futuras los costos asociados a materiales consumibles utilizados en la instalación eléctrica, tales como cintas aislantes, tornillería especializada, material de perforación, soldaduras, pintura, lubricantes y elementos de etiquetado. Esta categoría no fue contemplada en el análisis presupuestario actual, lo que representa una omisión relevante si se desea reflejar el costo real del proyecto con mayor fidelidad.
4. Se recomienda ajustar el análisis financiero mediante valores de mercado actualizados, incluyendo cotizaciones reales, negociaciones comerciales o descuentos por volumen. En el presente estudio se utilizaron precios de lista como base referencial, los cuales no consideran condiciones contractuales, tarifas especiales ni márgenes operativos de proveedores locales.

Referencias

- Álvarez Sánchez, F. (2017). *Técnicas para Evaluar Financieramente Proyectos de Inversión*. DEPARTAMENTO CONTABLE Y FINANCIERO. Universidad Icesi.
- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP). (23 de Abril de 2015). Norma Técnica: Calidad de Voltaje de Suministro. *La Gaceta*, pág. 56. <https://doi.org/OT-0023-2000>
- Banco Central de Costa Rica. (13 de junio - julio de 2025). <https://gee.bccr.fi.cr/>.
<https://gee.bccr.fi.cr/>
<https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/frmVerCatCuadro.aspx?idioma=1&CodCuadro=%20400>
- Becerril, L. (2005). *Instalaciones Eléctricas Prácticas*. O. Becerril.
<https://doi.org/09789709281804>.
- Brush Electric Ligh. (2015). *ETHW*. https://ethw.org/File:Brush_Electric_Light_0212.jpg
- Colegio de Ingenieros Electricistas, Mecánicos e Industriales. (13 de Diciembre de 2011). *Reglamento de Oficialización del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad (RTCR 458:2011)*.
https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=72027&nValor3=96807&strTipM=TC
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica (CFIA). (2020). *Reglamento para el trámite de planos y la conexión de los servicios eléctricos*. Colegio de Ingenieros Electricistas, Mecánicos e Industriales (CIEMI). CFIA. CIEMI: <https://ciemicr.org/leyes-y-reglamentos/>

Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL). (2025). *Tensiones Transitorias*. San José: CNFL.

Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL).

Conductores Monterrey. (2025). *Viakon*. Viakon: <https://viakon.com/categoria-producto/familia/baja-tension>

Conduit RYMCO. (2025). *Rymco*. Rymco:

https://www.rymco.com.mx/sites/default/files/pdf/emt_0_1.pdf

Durman by aliaxis. (2025). *Durman*. Durman: <https://durman.com/edificacion/sistemas-electricos/sistemas-pesados-kraloy/>

Enríquez Harper, G. (1996). *Guía Práctica para el Cálculo de Instalaciones Eléctricas*. Limusa.

<https://doi.org/968-18-4919-1>

Ernst & Young Global Limited. (01 de enero de 2023). <https://www.ey.com>.

<https://www.ey.com>: <https://www.ey.com/content/dam/ey-unified-site/ey-com/es-ce/technical/tax/documents/ey-law-alert-aumento-ivm.pdf>

Group Testing & Certification Inc. (2025). *CSA Group*. CSA Group: <https://www.csagroup.org>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. D. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill. <https://doi.org/978-1-4562-2396-0>

Ministerio de TRabajo y Seguridad Social. (01 de Enero de 2025). <https://www.mtss.go.cr>.

<https://www.mtss.go.cr>: https://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/Documentos-Salarios/lista_salarios_2025.pdf

N. Bratu, & E. Campero. (1995). *Instalaciones Eléctricas Conceptos Básicos y Diseño* (Segunda Edición ed.). México, D.F: Alfaomega. <https://doi.org/970-15-0127-6>

National Fire Protection Association (NFPA 70). (2020). *Código Eléctrico Nacional ((NEC)*.

NPFA. <https://doi.org/9781455927722>

Ortíz Quesada, G., Paniagua Madrigal, E., & Sandoval Quirós, M. (2009). *Costos de Construcción*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Reforma Reglamento de Oficialización del Código Eléctrico de Costa Rica para la Seguridad de la Vida y de la Propiedad (RTCR 458:2011). (28 de Enero de 2022). Sistema Costarricense de información Jurídica:

https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=96370&nValor3=129038&strTipM=TC

Schneider Electric. (2025). *Schneider Electric*. Schneider Electric:

<https://www.se.com/cr/es/product/AP2530G10ST/straight-length-iline-busway-3000a-600vac-3-phase-4-wire-integral-ground-bus-al-plug-in-10ft/?range=7550-electroducto-iline-iline-ii-225a-600a&parent-subcategory-id=1310&filter=business-4-distribuci%C3%B3n-el%C>

Tyler, M., & Pray, R. (2025). *National Electrical Estimator* (40th ed.). Craftsman.

<https://doi.org/978-1-57218-401-5>

UL Solutions. (2025). *UL Solutions*. UL Solutions: <https://latam.ul.com/es>

Universidad ORT Uruguay. (2025). www.ort.edu.uy. www.ort.edu.uy:

<https://fi.ort.edu.uy/blog/que-es-la-electricidad-y-quien-la-descubrio>

Anexos

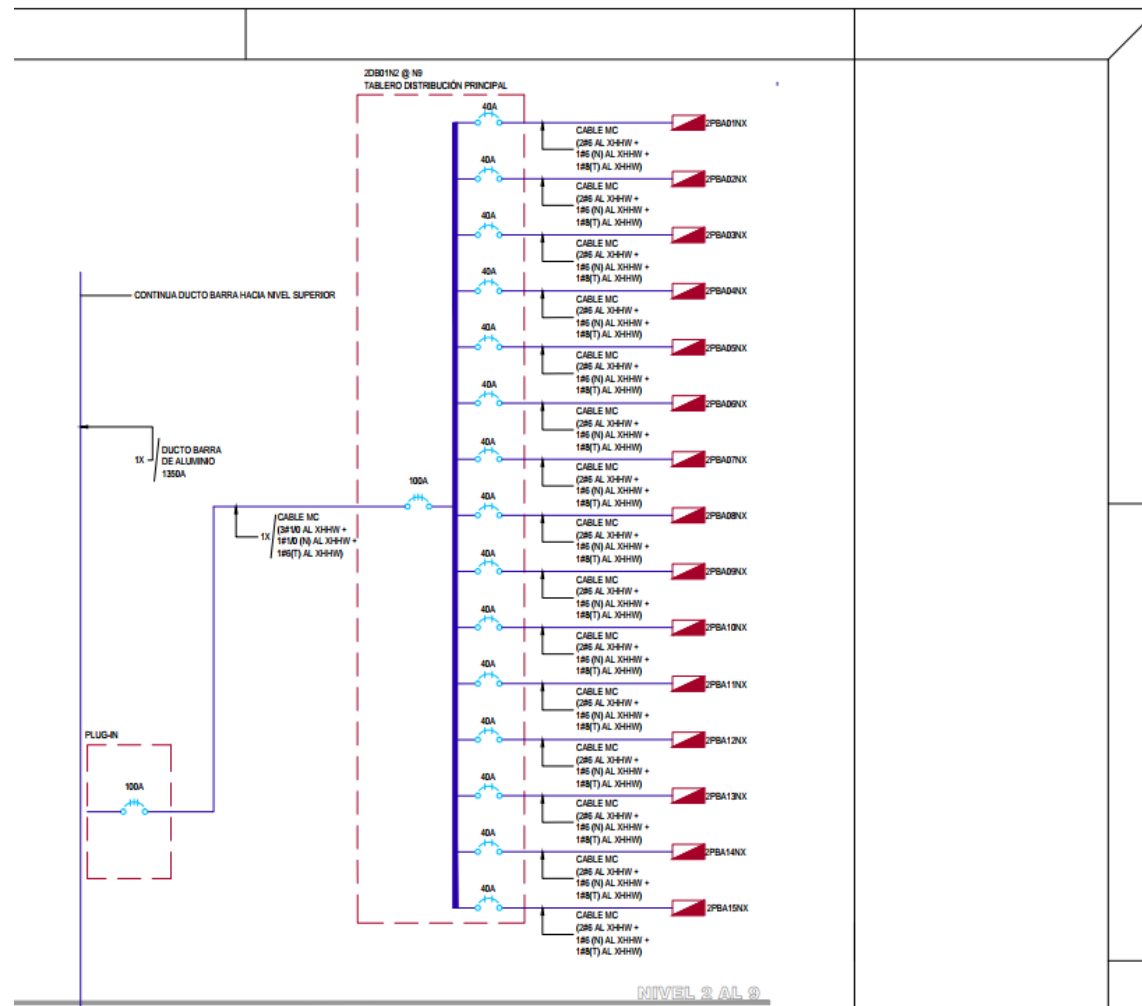
Anexo 1A. Sección I de Diagrama unifilar

Correspondiente a la tabla resumen general.

Tabla Resumen					
	2T001	2SW01	Ducto Barra	2DB01NXX	2PBAXNXX
Potencia Comercial (KVA)	500				
Impedancia (%Z)	5,75				
Fases	3	3	3	3	1
Corriente Corto Circuito (KA)	35	35	35	35	14
Carga Total (KVA)		1199,6	1104,07	91,27	5,3
Carga Demandada (KVA)		499,3	437,4	29,1	1,2
Voltaje L-L		208	208	208	208
Voltaje L-N		120	120	120	120
Corriente Demandada (A)		1539,9	1349,0	89,8	5,6
Factor De Demanda		2,4	2,5	3,1	4,6
Factor De Potencia		0,9	0,9	0,9	0,9
Acometida					
Conductor		750		1/0	4
Material De Conductor		AL	AL	AL	AL
# Conductores Por Fase		6		1	1
Neutro		750		1/0	4
Tierra		350		6	8
Aislamiento		XHHW		XHHW	XHHW
Ø Canalización		4"			
Material Canalización		PVC		MC	MC
Longitud (M)		104	70	7	36
Longitud (Pies)		341,12	229,6	22,96	118,08
Voltaje Nominal		120/208	120/208	120/208	120/208
Voltaje Calculado		117,5/203,7		119,6/207,3	119,6/207,3
Caída De Tensión (V) L-L		4,22		0,75	0,67
Caída De Tensión (V) L-N		2,44		0,43	0,38
Caída De Voltaje (%)		2,03%		0,36%	0,32%

Anexo 1C. Sección III de Diagrama unifilar

Correspondiente a la acometida desde el Plug-In hacia el Tablero Principal y las acometidas de los tableros de habitaciones.



Anexo 1D. Sección IV de Diagrama unifilar

Correspondiente a la descripción técnica de los equipos.

TABLA DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	
NOMBRE	DESCRIPCIÓN
2T001	TRANSFORMADOR DE PEDESTAL, 500KVA, 3φ, VOLTAJE PRIMARIO: 34.5/19.9KV, VOLTAJE SECUNDARIO: 120/208V, ACEITE MINERAL, PARARRAYOS EN LOS CONECTORES DE SALIDA.
PMS	GABINETE DE MEDICIÓN INDIRECTA, DEBE INCLUIR LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE Y POTENCIAL.
2GEN01	GENERADOR ELÉCTRICO DE DIESEL, STAND BY, 625KW, 120/208V, 3φ, GABINETE PARA INTEMPERIE E INSONORIZADO 70DBA@7M, TANQUE DE DOBLE PARED INCORPORADO EN LA BASE CON AUTONOMÍA PARA 8 HORAS A PLENA CARGA, INCLUIR DISYUNTOR
2SW01	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL TIPO SWITCHBOARD, 120/208V, 3φ 4H, BARRAS DE COBRE DE 1600A, 35KA, N/S, B/T, INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X1600A LSI, GABINETE NEMA 1. . ADEMÁS SE DEBE INCLUIR EL CUERPO ADICIONAL PARA LA TRANSICIÓN DE LA ATS PARA ENTRADA DE NORMAL Y EMERGENCIA
DB	DUCTO BARRA DE ALUMINIO 3L+N+T, CARCAZA METÁLICA COLOR GRIS, TRAMOS DE 3M DE LONGITUD, DISPONIBLE CONEXIÓN PARA PLUG-IN
PLUG-IN	CAJA DE CONEXIÓN CON BREAKER INCORPORADO PARA DERIVACIÓN DE CARGA
IP1	INTERRUPTOR PRINCIPAL TIPO DISYUNTOR TERMOMAGNETICO 2000A, 3φ EN CAJA NEMA 3R.
2BANXX	TABLERO TÍPICO DE DISTRIBUCIÓN PRINCIPAL TIPO PANEL BOARD DE 42 ESPACIOS, BARRAS DE COBRE 225A, N/S, B/T, INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X100A, GABINETE NEMA 1
2PBAXNXX	CENTRO DE CARGA TÍPICO DE HABITACIONES DE 12 ESPACIOS, BARRAS DE COBRE 100A, N/S, B/T, INTERRUPTOR PRINCIPAL 3X30A, GABINETE NEMA 1

NOVEL 1

PROYECTO: REDISEÑO ELÉCTRICO Y ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS PARA EL CAMBIO DE UN SISTEMA CONVENCIONAL DE ALIMENTACIONES POR RED DE TABERCA Y CABLE A UN SISTEMA COMBINADO DE DUCTO BARRA Y CABLE ARMADO PARA UN HOTEL VERTICAL.							
CONTENIDO: DIAGRAMA UNIFILAR ELÉCTRICO TABLA RESUMEN							
DISEÑO PLANO DE TALLER: SERGIO VENEGAS CHAVES							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>FECHA</th> <th>LÁMINA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VERSION 1</td> <td>ED001</td> </tr> <tr> <td>Jul 10 2025</td> <td>001</td> </tr> </tbody> </table>		FECHA	LÁMINA	VERSION 1	ED001	Jul 10 2025	001
FECHA	LÁMINA						
VERSION 1	ED001						
Jul 10 2025	001						

Anexo 2. Extracto de la Tabla 4 del Código Eléctrico Nacional (NEC)

Tomada como referencia normativa para el cálculo del área transversal permitido en el cálculo de canalizaciones EMT.

Tabla 4 Dimensiones y área porcentual de conduits y tuberías (áreas del conduit o tubería para las combinaciones de conductores permitidas en la Tabla 1, Capítulo 9)

Artículo 358 — Tubería eléctrica metálica (EMT)													
Designador métrico	Tamaño comercial	Más de 2 conductores 40%		60%		1 conductor 53%		2 conductores 31%		Diámetro interno nominal		Área total 100%	
		mm ²	pulg. ²	mm ²	pulg. ²	mm ²	pulg. ²	mm ²	pulg. ²	mm	pulg.	mm ²	pulg. ²
16	½	78	0.122	118	0.182	104	0.161	61	0.094	15.8	0.622	196	0.304
21	¾	137	0.213	206	0.320	182	0.283	106	0.165	20.9	0.824	343	0.533
27	1	222	0.346	333	0.519	295	0.458	172	0.268	26.6	1.049	556	0.864
35	1¼	387	0.598	581	0.897	513	0.793	300	0.464	35.1	1.380	968	1.496
41	1½	526	0.814	788	1.221	696	1.079	407	0.631	40.9	1.610	1314	2.036
53	2	866	1.342	1299	2.013	1147	1.778	671	1.040	52.5	2.067	2165	3.356
63	2½	1513	2.343	2270	3.515	2005	3.105	1173	1.816	69.4	2.731	3783	5.858
78	3	2280	3.538	3421	5.307	3022	4.688	1767	2.742	85.2	3.356	5701	8.846
91	3½	2980	4.618	4471	6.927	3949	6.119	2310	3.579	97.4	3.834	7451	11.545
103	4	3808	5.901	5712	8.852	5046	7.819	2951	4.573	110.1	4.334	9521	14.753

Anexo 3. Extracto de la Tabla 4 del Código Eléctrico Nacional (NEC)

Tomada como referencia normativa para el cálculo del área transversal permitido en el cálculo de canalizaciones PVC.

Artículos 352 y 353 — Conduit de PVC rígido (PVC), Cédula 40 y conduit de HDPE (HDPE)

Designador métrico	Tamaño comercial	Más de 2 conductores 40%		60%		1 conductor 53%		2 conductores 31%		Diámetro interno nominal		Área total 100%	
		mm ²	pulg. ²	mm ²	pulg. ²	mm ²	pulg. ²	mm ²	pulg. ²	mm	pulg.	mm ²	pulg. ²
12	3/8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	1/2	74	0.114	110	0.171	97	0.151	57	0.088	15.3	0.602	184	0.285
21	3/4	131	0.203	196	0.305	173	0.269	101	0.157	20.4	0.804	327	0.508
27	1	214	0.333	321	0.499	284	0.441	166	0.258	26.1	1.029	535	0.832
35	1 1/4	374	0.581	561	0.872	495	0.770	290	0.450	34.5	1.360	935	1.453
41	1 1/2	513	0.794	769	1.191	679	1.052	397	0.616	40.4	1.590	1282	1.986
53	2	849	1.316	1274	1.975	1126	1.744	658	1.020	52.0	2.047	2124	3.291
63	2 1/2	1212	1.878	1817	2.817	1605	2.488	939	1.455	62.1	2.445	3029	4.695
78	3	1877	2.907	2816	4.361	2487	3.852	1455	2.253	77.3	3.042	4693	7.268
91	3 1/2	2511	3.895	3766	5.842	3327	5.161	1946	3.018	89.4	3.521	6277	9.737
103	4	3237	5.022	4855	7.532	4288	6.654	2508	3.892	101.5	3.998	8091	12.554
129	5	5099	7.904	7649	11.856	6756	10.473	3952	6.126	127.4	5.016	12748	19.761
155	6	7373	11.427	11060	17.140	9770	15.141	5714	8.856	153.2	6.031	18433	28.567

Anexo 4. Extracto de la Tabla 5 del Código Eléctrico Nacional (NEC)

Tomada como referencia normativa para el cálculo del área transversal de los alimentadores con aislamiento RHHW.

Tabla 5 Dimensiones de conductores aislados y cables para artefactos

Tipo	Calibre (AWG o kcmil)	Área aproximada		Diámetro aproximado	
		mm ²	pulg. ²	mm	pulg.
Tipo: FFH-2, RFH-1, RFH-2, RFHH-2, RHH*, RHW*, RHW-2*, RHH, RHW, RHW-2, SF-1, SF-2, SFF-1, SFF-2, TE, TFF, THHW, THW, THW-2, TW, XF, XFF					
RFH-2, FFH-2, RFHH-2	18	9.355	0.0145	3.454	0.136
	16	11.10	0.0172	3.759	0.148
RHH, RHW, RHW-2	14	18.90	0.0293	4.902	0.193
	12	22.77	0.0353	5.385	0.212
	10	28.19	0.0437	5.994	0.236
	8	53.87	0.0835	8.280	0.326
	6	67.16	0.1041	9.246	0.364
	4	86.00	0.1333	10.46	0.412
	3	98.13	0.1521	11.18	0.440
	2	112.9	0.1750	11.99	0.472
	1	171.6	0.2660	14.78	0.582
	1/0	196.1	0.3039	15.80	0.622
	2/0	226.1	0.3505	16.97	0.668
	3/0	262.7	0.4072	18.29	0.720
	4/0	306.7	0.4754	19.76	0.778
	250	405.9	0.6291	22.73	0.895
	300	457.3	0.7088	24.13	0.950
	350	507.7	0.7870	25.43	1.001
	400	556.5	0.8626	26.62	1.048
500	650.5	1.0082	28.78	1.133	
600	782.9	1.2135	31.57	1.243	

Anexo 5. Extracto de la Tabla 5 del Código Eléctrico Nacional (NEC)

Tomada como referencia normativa para el cálculo del área transversal de los alimentadores con aislamiento THHN.

Tabla 5 *Continuación*

Tipo	Calibre (AWG o kcmil)	Área aproximada		Diámetro aproximado	
		mm ²	pulg. ²	mm	pulg.
THHN, THWN, THWN-2	14	6.258	0.0097	2.819	0.111
	12	8.581	0.0133	3.302	0.130
	10	13.61	0.0211	4.166	0.164
	8	23.61	0.0366	5.486	0.216
	6	32.71	0.0507	6.452	0.254
	4	53.16	0.0824	8.230	0.324
	3	62.77	0.0973	8.941	0.352
	2	74.71	0.1158	9.754	0.384
	1	100.8	0.1562	11.33	0.446
	1/0	119.7	0.1855	12.34	0.486
	2/0	143.4	0.2223	13.51	0.532
	3/0	172.8	0.2679	14.83	0.584
	4/0	208.8	0.3237	16.31	0.642
	250	256.1	0.3970	18.06	0.711
300	297.3	0.4608	19.46	0.766	
Tipo: FEP, FEPB, PAF, PAFF, PF, PFA, PFAH, PFF, PGF, PGFE, PTF, PTFE, TFE, THHN, THWN, THWN-2, Z, ZE, ZFF, ZHF					
THHN, THWN, THWN-2	350	338.2	0.5242	20.75	0.817
	400	378.3	0.5863	21.95	0.864
	500	456.3	0.7073	24.10	0.949
	600	559.7	0.8676	26.70	1.051
	700	637.9	0.9887	28.50	1.122
	750	677.2	1.0496	29.36	1.156
	800	715.2	1.1085	30.18	1.188
	900	794.3	1.2311	31.80	1.252
	1000	869.5	1.3478	33.27	1.310

Anexo 6. Extracto de la Tabla 5 del Código Eléctrico Nacional (NEC)

Tomada como referencia normativa para el cálculo del área transversal de los alimentadores con aislamiento XHHW.

Tabla 5 Continuación

Tipo	Calibre (AWG o kcmil)	Área aproximada		Diámetro aproximado	
		mm ²	pulg. ²	mm	pulg.
Tipo: KF-1, KF-2, KFF-1, KFF-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW					
XHHW, ZW, XHHW-2, XHH	14	8.968	0.0139	3.378	0.133
	12	11.68	0.0181	3.861	0.152
	10	15.68	0.0243	4.470	0.176
	8	28.19	0.0437	5.994	0.236
	6	38.06	0.0590	6.960	0.274
	4	52.52	0.0814	8.179	0.322
	3	62.06	0.0962	8.890	0.350
	2	73.94	0.1146	9.703	0.382
XHHW, XHHW-2, XHH	1	98.97	0.1534	11.23	0.442
	1/0	117.7	0.1825	12.24	0.482
	2/0	141.3	0.2190	13.41	0.528
	3/0	170.5	0.2642	14.73	0.58
	4/0	206.3	0.3197	16.21	0.638
	250	251.9	0.3904	17.91	0.705
	300	292.6	0.4536	19.30	0.76
	350	333.3	0.5166	20.60	0.811
	400	373.0	0.5782	21.79	0.858
	500	450.6	0.6984	23.95	0.943
	600	561.9	0.8709	26.75	1.053
	700	640.2	0.9923	28.55	1.124
	750	679.5	1.0532	29.41	1.158
	800	717.5	1.1122	30.23	1.190
	900	796.8	1.2351	31.85	1.254

Anexo 7. Extracto de la Tabla 8 del Código Eléctrico Nacional (NEC)

Tomada como referencia normativa para el dato de resistencia de los conductores utilizado para el cálculo de la caída de tensión.

Tabla 8 Propiedades de los conductores

Calibre (AWG o kcmil)	Conductores									Resistencia en corriente continua a 75°C (167°F)					
	Área			Trenzado			Total			Cobre					
				Cantidad	Diámetro		Diámetro		Área		No cubierto		Recubierto		Aluminio
	mm ²	Mils circulares	mm		pulg.	mm	pulg.	mm ²	pulg. ²	ohm/ km	ohm/ kFT	ohm/ km	ohm/ kFT	ohm/ km	ohm/ kFT
18	0.823	1620	1	—	—	1.02	0.040	0.823	0.001	25.5	7.77	26.5	8.08	42.0	12.8
18	0.823	1620	7	0.39	0.015	1.16	0.046	1.06	0.002	26.1	7.95	27.7	8.45	42.8	13.1
16	1.31	2580	1	—	—	1.29	0.051	1.31	0.002	16.0	4.89	16.7	5.08	26.4	8.05
16	1.31	2580	7	0.49	0.019	1.46	0.058	1.68	0.003	16.4	4.99	17.3	5.29	26.9	8.21
14	2.08	4110	1	—	—	1.63	0.064	2.08	0.003	10.1	3.07	10.4	3.19	16.6	5.06
14	2.08	4110	7	0.62	0.024	1.85	0.073	2.68	0.004	10.3	3.14	10.7	3.26	16.9	5.17
12	3.31	6530	1	—	—	2.05	0.081	3.31	0.005	6.34	1.93	6.57	2.01	10.45	3.18
12	3.31	6530	7	0.78	0.030	2.32	0.092	4.25	0.006	6.50	1.98	6.73	2.05	10.69	3.25
10	5.261	10380	1	—	—	2.588	0.102	5.26	0.008	3.984	1.21	4.148	1.26	6.561	2.00
10	5.261	10380	7	0.98	0.038	2.95	0.116	6.76	0.011	4.070	1.24	4.226	1.29	6.679	2.04
8	8.367	16510	1	—	—	3.264	0.128	8.37	0.013	2.506	0.764	2.579	0.786	4.125	1.26
8	8.367	16510	7	1.23	0.049	3.71	0.146	10.76	0.017	2.551	0.778	2.653	0.809	4.204	1.28
6	13.30	26240	7	1.56	0.061	4.67	0.184	17.09	0.027	1.608	0.491	1.671	0.510	2.652	0.808
4	21.15	41740	7	1.96	0.077	5.89	0.232	27.19	0.042	1.010	0.308	1.053	0.321	1.666	0.508
3	26.67	52620	7	2.20	0.087	6.60	0.260	34.28	0.053	0.802	0.245	0.833	0.254	1.320	0.403
2	33.62	66360	7	2.47	0.097	7.42	0.292	43.23	0.067	0.634	0.194	0.661	0.201	1.045	0.319
1	42.41	83690	19	1.69	0.066	8.43	0.332	55.80	0.087	0.505	0.154	0.524	0.160	0.829	0.253
1/0	53.49	105600	19	1.89	0.074	9.45	0.372	70.41	0.109	0.399	0.122	0.415	0.127	0.660	0.201
2/0	67.43	133100	19	2.13	0.084	10.62	0.418	88.74	0.137	0.3170	0.0967	0.329	0.101	0.523	0.159
3/0	85.01	167800	19	2.39	0.094	11.94	0.470	111.9	0.173	0.2512	0.0766	0.2610	0.0797	0.413	0.126
4/0	107.2	211600	19	2.68	0.106	13.41	0.528	141.1	0.219	0.1996	0.0608	0.2050	0.0626	0.328	0.100
250	127	—	37	2.09	0.082	14.61	0.575	168	0.260	0.1687	0.0515	0.1753	0.0535	0.2778	0.0847
300	152	—	37	2.29	0.090	16.00	0.630	201	0.312	0.1409	0.0429	0.1463	0.0446	0.2318	0.0707
350	177	—	37	2.47	0.097	17.30	0.681	235	0.364	0.1205	0.0367	0.1252	0.0382	0.1984	0.0605
400	203	—	37	2.64	0.104	18.49	0.728	268	0.416	0.1053	0.0321	0.1084	0.0331	0.1737	0.0529
500	253	—	37	2.95	0.116	20.65	0.813	336	0.519	0.0845	0.0258	0.0869	0.0265	0.1391	0.0424
600	304	—	61	2.52	0.099	22.68	0.893	404	0.626	0.0704	0.0214	0.0732	0.0223	0.1159	0.0353
700	355	—	61	2.72	0.107	24.49	0.964	471	0.730	0.0603	0.0184	0.0622	0.0189	0.0994	0.0303
750	380	—	61	2.82	0.111	25.35	0.998	505	0.782	0.0563	0.0171	0.0579	0.0176	0.0927	0.0282

Anexo 8. Tabla técnica precios unitarios de materiales

Materiales eléctricos utilizados como base referencial para el análisis presupuestario del proyecto.

Material	Dimensiones	Costo Unitario
Tubería EMT	1-1/4"	\$ 20,14
Tubería EMT	2"	\$ 31,57
Tubería EMT	2-1/2"	\$ 52,53
Tubería EMT	3"	\$ 70,02
Tubería Flexible con Forro PVC	2"	\$ 5,67
Curva 90° EMT	1-1/4"	\$ 5,96
Curva 90° EMT	2"	\$ 9,64
Curva 90° EMT	2-1/2"	\$ 22,78
Curva 90° EMT	3"	\$ 28,04
Unión Compresión EMT	1-1/4"	\$ 1,40
Unión Compresión EMT	2"	\$ 2,10
Unión Compresión EMT	2-1/2"	\$ 4,91
Unión Compresión EMT	3"	\$ 7,01
Conector Compresión EMT	1-1/4"	\$ 1,23
Conector Compresión EMT	2"	\$ 1,75
Conector Compresión EMT	2-1/2"	\$ 5,26
Conector Compresión EMT	3"	\$ 6,13
Conduleta LB/LR/T/C	1-1/4"	\$ 7,89
Conduleta LB/LR/T/C	2"	\$ 12,27
Conduleta LB/LR/T/C	2-1/2"	\$ 35,05
Conduleta LB/LR/T/C	3"	\$ 42,06
Conector a Tierra	1-1/4"	\$ 3,25
Conector a Tierra	2"	\$ 4,04
Conector a Tierra	2-1/2"	\$ 5,05
Conector a Tierra	3"	\$ 10,97
Conector / TF con Forro PVC	2"	\$ 5,26
Tubería PVS SCH 40	4"	\$ 618,12
Curva 90° PVC	4"	\$ 224,68
Unión Lisa PVC	4"	\$ 16,69
Conector Roscado PVC	4"	\$ 18,44
Canal Strut	1-5/8" x 13/16"	\$ 11,39

Gaza p/ canal strut	1-1/4"	\$	0,72
Gaza p/ canal strut	2"	\$	0,84
Gaza p/ canal strut	2-1/2"	\$	1,58
Gaza p/ canal strut	3"	\$	1,58

Material	Dimensiones	Costo Unitario
Cable CU RHHW-2	600	\$ 58,77
Cable CU RHHW-2	400	\$ 41,27
Cable CU THHN	250	\$ 22,05
Cable CU THHN	4/0	\$ 19,28
Cable CU THHN	3/0	\$ 18,16
Cable CU THHN	2	\$ 5,32
Cable CU THHN	4	\$ 3,37
Cable CU THHN	6	\$ 2,14
Cable AL XHHW	750	\$ 16,25
Cable AL XHHW	500	\$ 7,36
Cable AL XHHW	400	\$ 6,54
Cable AL XHHW	350	\$ 5,43
Cable AL XHHW	300	\$ 5,29
Cable AL XHHW	250	\$ 3,90
Cable AL XHHW	4/0	\$ 2,72
Cable AL XHHW	2/0	\$ 2,10
Cable AL XHHW	1/0	\$ 1,75
Cable AL XHHW	2	\$ 1,28
Cable AL XHHW	4	\$ 0,97
Cable MC AL (4C XHHW)	1/0	\$ 14,28
Cable MC AL (3C XHHW)	6	\$ 5,99

Fuente: precios obtenidos de páginas web de distribuidores eléctricos locales como Iesa, Ditesa, Almacén Mauro, Tecnocable S.A., Durman Esquivel (precio de lista) y Schneider Costa Rica. Consulta realizada en junio de 2025. Tipo de cambio utilizado: ₡505 colones costarricenses por dólar.

Anexo 9. Tabla de precios para ducto barra de aluminio

Lista de equipos utilizados como referencia técnica para el cálculo estimado de un sistema de ducto barra de aluminio aplicable al diseño eléctrico del proyecto.

Equipo	Costo Mat (USD)	Unidades
DB Aluminio 2000A	\$929,86	m
DB Aluminio 1200A	\$319,46	m
DB Aluminio 1200A	\$427,11	m
Plug In 300A	\$319,54	u
Plug In 250A	\$231,63	u
Plug In 300A	\$271,04	u

Fuente: precios promedio obtenidos a partir de cotizaciones técnicas recopiladas de proyectos eléctricos anteriores similares, consultados durante el proceso de rediseño (junio de 2025).