



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS USANDO
METODOLOGÍA BIM Y SOFTWARE REVIT**

Autor

Jorge Ernesto Vega Suárez

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería
Eléctrica

Medellín, Colombia

2020



Diseño de instalaciones eléctricas usando metodología *BIM* y software *Revit*

Jorge Ernesto Vega Suárez

Informe de práctica como requisito para optar al título de:
Ingeniero electricista.

Asesores

Juan David Saldarriaga Loiza, ingeniero electricista, asesor interno (UdeA)

Jorge Alberto Velásquez Ortiz, ingeniero electricista, asesor externo (IENEL
S.A.S.)

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica
Medellín, Colombia
2020.

CONTENIDO

Resumen.....	4
Introducción	4
Objetivos	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.....	7
Marco Teórico	7
Metodología.....	13
Resultados y análisis.....	15
Conclusiones.....	19
Referencias Bibliográficas.....	20

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Distribución circuital tablero general, fase A.....	16
Tabla 2. Distribución circuital tablero general, fase B	16
Tabla 3. Distribución circuital tablero general, fase B	17
Tabla 4. Planificación de circuitos calibre 12 AWG.....	17
Tabla 5. Planificación de circuitos calibre 8 AWG.....	17
Tabla 6. Planificación de tubos.....	18

TABLE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Vista 3D del proyecto objeto de diseño.....	14
Ilustración 2. Coordinación de planos estructurales.	14
Ilustración 3. Tendido de tubos PVC, empotrados.	15
Ilustración 4. Tendido de tubos PVC, empotrados.	18
Ilustración 5. Detalle de cielo falso.....	19

Diseño de instalaciones eléctricas usando metodología BIM y software Revit

Resumen

En el acervo popular del ingeniero electricista está implantado el método de diseño de instalaciones eléctricas con vista en planta de los planos arquitectónicos, una vista esquemática en dos dimensiones en la que se presenta la ubicación de los elementos que hacen parte del diseño eléctrico. Lo anterior planteó un problema en el quehacer del ingeniero electricista que se ha traducido en retrasos y sobrecostos de la construcción de los diseños planteados de acuerdo con la magnitud de la obra, principalmente, dado que los diseños habituales son elaborados de manera aislada, esto es, donde la instalación no tiene ningún otro elemento existente como lo son las redes de acueducto, alcantarillado, gas, telecomunicaciones, entre otras posibles.

Este trabajo presenta los requerimientos y los lineamientos básicos para el diseño de las instalaciones eléctricas de usuario final, en concordancia con la Norma Técnica Colombiana 2050 (NTC), que es el Código Eléctrico Colombiano (CEC), el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y el Reglamento de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).

A raíz de este problema, se elaboró el diseño de una instalación eléctrica del tipo vivienda residencial unimodal bajo la metodología Modelado de información para la construcción BIM (*Building Information Modelling*), por sus siglas en inglés. Esta metodología implica la coordinación de las diferentes disciplinas que inciden en la construcción de los proyectos para evitar inconvenientes originados en la etapa de diseño como pueden ser las interferencias físicas de las diferentes redes presentes la instalación.

El resultado es el diseño de la instalación eléctrica del proyecto Casa Lote 33 bajo la metodología BIM, en el cual se coordinó satisfactoriamente el tendido de tubos para conductores eléctricos respecto a otras redes presentes en el proyecto, apoyado con la realización de memorias de diseño eléctrico, planos: eléctrico de potencia, y de obra; con tablas de planificación que cuantifican la cantidad de materiales requeridos para la instalación del diseño, análisis de riesgo y diagrama unifilar contenidos en las Memorias. Por último, como aporte personal en la construcción de academia en la Universidad de Antioquia, se aporta una Breve guía para realizar diseños eléctricos en Revit.

Introducción

Tradicionalmente, los diseños de una instalación eléctrica son realizados mediante el uso de software tipo CAD (*Computer-Aided Design*), por sus siglas en inglés, esto es, planos de planta de un espacio arquitectónico en el que se representa

esquemáticamente la distribución de los circuitos eléctricos u otros elementos que se incluyen el diseño como lo es la tubería empleada para canalizar conjunto de conductores requeridos. En otros proyectos con mayor detalle, en el mejor de los casos, los planos digitales que usualmente se modelaban en dos dimensiones, pasan a ser modelados en tres dimensiones mediante el uso de otro programa de diseño pero que, en su mayoría, son solo usados para producir imágenes que se presentan a los contratantes del diseño como un apoyo gráfico o impulso comercial [1].

La forma de diseñar las instalaciones eléctricas, anteriormente descrita, puede ocasionar que no sea posible implementar el diseño eléctrico. Este problema surge por la ausencia de comunicación entre las diversas profesiones que intervienen en la construcción de las instalaciones, ya que la instalación eléctrica no es la única presente en las instalaciones de una edificación. La ausencia de comunicación es producto que el ingeniero electricista diseña la instalación eléctrica, sin interactuar con las demás disciplinas y aislando la instalación eléctrica de otras posibles redes, tales como redes de abastos, desagües, red contra incendios (RCI), gas, que hacen parte de la edificación. Estas dificultades también ocurren en las demás disciplinas que intervienen en el diseño del proyecto. Así, el ingeniero electricista realiza el diseño bajo el supuesto de que su diseño no interfiere con algún otro elemento de la edificación, lo cual no se puede garantizar en la etapa de construcción del diseño. Como resultado de esta forma tradicional de diseño se producen colisiones e interferencias que pudieron haber sido solucionados desde la etapa previa de diseño al trabajar cooperativamente con los demás actores que hacen parte de la construcción de la edificación [2].

La metodología *BIM* es una herramienta empleada en el sector de la construcción bajo el precepto de trabajo integral. De esta manera, la planificación, la gestión y construcción de las obras que eran llevadas a cabo por separado se integran gracias a programas *BIM* donde a partir de un único modelo se obtiene toda la información requerida, esto es, a partir de un único modelo los encargados diversas áreas, como lo son las de arquitectura, fontanería, mecánica, electricidad, entre otros, envían y reciben cambios de toda la información para realizar los procesos digitales que intervienen en el proyecto de manera íntegra. Así, la metodología *BIM* no es solo un cambio en la tecnología empleada sino un cambio del proceso mismo en el sector de la construcción [3].

La ingeniería es un sector en constante avance, que, a través de la innovación, los avances tecnológicos y las nuevas herramientas mejora sus procesos y genera nuevas metodologías para la organización, diseño y construcción de proyectos. El principal reto de la ingeniería eléctrica en medio de los avances tecnológicos, para el diseño de las instalaciones eléctricas, es la optimización a la hora de controlar y

gestionar los diferentes trabajos eléctricos en la construcción de las edificaciones. Por lo tanto, la metodología *BIM* cobra relevancia puesto que permite reunir a todos los agentes que intervienen en las obras de forma colaborativa en un solo modelo de información que facilita la optimización, donde las modificaciones llevadas a cabo por cualquiera de los actores parte del proyecto se ven reflejados en tiempo real para todos los integrantes. Esto se traduce en una reducción de errores imprevistos y sobrecostos ya que se reduce el tiempo en la etapa de construcción de las instalaciones eléctricas al haber definido claramente las ubicaciones y rutas de los elementos que componen el diseño de las instalaciones eléctricas.

El semestre de industria fue desarrollado en la empresa de ingeniería eléctrica IENEL S.A.S., una empresa joven y de emprendimiento concebida por cuatro egresados de ingeniería eléctrica de la Universidad de Antioquia, dedicada al diseño de instalaciones eléctricas en baja y media tensión, legalización de instalaciones eléctricas y construcción de redes eléctricas. En la industria de electricidad y el sector de la construcción, IENEL S.A.S. ha llevado a cabo diseños de instalaciones eléctricas bajo la metodología *BIM* que, paulatinamente, va tomando mayor relevancia para coordinar y gestionar las obras de diseño y construcción de mejor forma. Por esto, IENEL S.A.S formó un equipo de diseño en cuanto a la metodología *BIM*, y para ello, requirió un practicante, de modo que se incluyera futuros ingenieros (ingenieros electricistas en desarrollo) para propagar en las nuevas generaciones la metodología *BIM* como forma eficiente del diseño de instalaciones eléctricas.

El alcance del proyecto fue el diseño de una instalación eléctrica, denominada como Casa Lote 33, del tipo residencial bajo la metodología *BIM*, con criterios técnicos de calidad y eficiencia, elaborando memorias de cálculo, planos esquemáticos de construcción, así como una breve guía del diseño en *REVIT* como producto tangible del diseño. Finalmente, se presenta la fundamentación básica para los diseños de instalaciones eléctricas para llevar a cabo este diseño.

Objetivos

Objetivo general

Apoyar el diseño de instalaciones eléctricas usando la metodología *BIM* y el software *REVIT*.

Objetivos específicos

- Adquirir dominio conceptual en la metodología *BIM*, y el manejo del *software* REVIT para el diseño de instalaciones eléctricas.
- Estudiar la normativa vigente necesaria para el diseño de instalaciones eléctricas y cumplir con las exigencias técnicas y de calidad.
- Apoyar la elaboración y validación de diseños y memorias de cálculo de proyectos eléctricos.

Marco Teórico

Una instalación eléctrica es el conjunto de artefactos eléctricos y componentes de cableado, entre otros asociados, los cuales están destinados para un uso particular. Todas las instalaciones eléctricas, sin excepción, deben cumplir el RETIE, así, el diseño eléctrico presentado en este trabajo cumple los requisitos exigidos para una unidad de vivienda con potencia instalada mayor a 15 kVA. La instalación se declara de uso final puesto que está diseñada para la conexión de artefactos eléctricos, alimentados por una red de distribución de energía, que son identificadas en la mayoría de los casos como instalaciones residenciales. [4].

La NTC 2050 tenía una fecha de emisión del 25 de noviembre de 1998 pero fue actualizada en el año en curso. Esta norma presenta consideraciones para las instalaciones eléctricas, con el fin que sean seguras y suficientes en el ámbito técnico, pero también se muestra como una guía (aunque no es su objetivo) ya que ilustra la forma de diseñar las instalaciones eléctricas [5].

A diferencia de la NTC 2050, que es una norma, el RETIE, como reglamento, establece los requisitos de las instalaciones eléctricas para así poder asegurar la protección de la vida humana, animal, y vegetal contra factores de origen eléctrico. Ahora bien, en cuanto al diseño de instalaciones eléctricas hay dos tipos definidos: diseño detallado, y diseño simplificado, definidos en el artículo 10 (10.1). Así mismo, cada tipo de diseño establece unos ítems que deben ser comprendidos en cada diseño los cuales son esbozados a continuación.

Diseño detallado:

- a. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos. Se debe analizar la carga que va a ser diseñada, y la carga proyectado para la instalación a futuro, dicho análisis incluye factores de calidad como el factor de potencia y armónicos.

- b.** Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico. Este análisis cobra mayor relevancia a medida que aumenta el nivel de tensión, puesto que para baja tensión (de 0 a 1000 V) los conductores usualmente tienen un aislamiento nominal de 600 V y no es completamente claro el procedimiento para realizar dicha coordinación, mientras que a niveles mayores de tensión como el nivel 3 (57.5 a 220 kV)) y nivel 4 (mayor a 220 kV) el aislamiento a conductores usualmente se realiza con un medio natural que cuenta con propiedades de auto regeneración como lo es el aire, así, se coordina el aislamiento en base a distancias de seguridad para las cotas en las que se diseña la ubicación de los equipos de potencia.
- c.** Análisis de cortocircuito y falla a tierra. Los cortocircuitos y fallas a tierra pueden producir corrientes cuya magnitud es un múltiplo mucho mayor que las corrientes de operación nominal de los elementos objeto del diseño, representando un gran riesgo para la operación normal de los sistemas eléctricos. A su vez estas corrientes pueden ocasionar tensiones inducidas en elementos conductores debido a la naturaleza oscilatoria y transitoria de estos fenómenos. Ergo, el ingeniero electricista debe realizar sus diseños con el enfoque de reducir el impacto de posibles cortocircuitos en los componentes del sistema eléctrico objeto del diseño [6].
- d.** Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos. Algunas fallas de origen eléctrico ocurren como un fenómeno natural como son en este caso los rayos, y si bien, no hay ningún sistema que garantice o prevenga al 100% las edificaciones ante este fenómeno, hay formas de proteger los sistemas eléctricos con un alto porcentaje de probabilidad no previniendo la formación del rayo sino redirigiendo la trayectoria del rayo en su descarga a través de elementos que pueden ser empleados como colectores de la descarga.
- e.** Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos. Adicional a los casos de los dos numerales anteriores, algunas fallas ocurren por incidencia directa o indirecta de los seres que interactúan con los sistemas eléctricos del diseño o en áreas aledañas, por lo cual, se deben analizar los posibles casos de riesgo eléctrico con el fin de mitigarlos y establecer las medidas o instrucciones con las que se hará dicha mitigación del posible riesgo detectado.
- f.** Análisis del nivel tensión requerido. Dentro de los diseños eléctricos puede haber elementos que por sus características u operación requieran un nivel de tensión determinado, así, tomando en cuenta las redes de generación, transmisión o distribución, si es el caso, se debe establecer el nivel de tensión que requiere la instalación objeto del diseño eléctrico, así como de los elementos que lo componen.
- g.** Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que, en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1. Producto de los elementos energizados, y las

corrientes que circulan estos elementos, se producen campos electromagnéticos que deben ser tomados en cuenta toda vez que el cuerpo humano es sensible a la exposición de estos a valores superiores de los niveles establecidos por los entes que determinan los niveles de exposición tolerables y seguros.

h. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga. Los transformadores, como elementos de potencia, son elementos críticos de los sistemas eléctricos pues estos operan a altas temperaturas, y las fallas que ocurren en estos pueden causar incendios o explosiones, así como contener elementos nocivos para el contacto con la piel. Dicho esto, el cálculo de los transformadores toma importancia para garantizar su correcta operación, así como la suficiencia de potencia eléctrica para los elementos que interactúan con eso.

i. Cálculo del sistema de puesta a tierra. Debido a la energización de equipos eléctricos y conductores, algunos elementos metálicos que no están pensados para conducir una corriente, terminan siendo energizados debido a las diferentes fallas que puedan originarse, por esta razón, se requiere un sistema de puesta a tierra que sea la trayectoria de descarga de la energía que pueda presentarse en estos elementos.

j. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía. Los conductores que son un elemento de suma relevancia en los sistemas eléctricos, a modo general tienen una variable en el diseño que es el radio del conductor, a medida que aumenta el radio del conductor se aumenta el peso y el costo de este, pero se reduce la impedancia característica, con lo cual, las pérdidas técnicas de energía se reducen ostensiblemente durante el período de tiempo de vida útil de operación. El cálculo económico de conductores se realiza con el fin de analizar las opciones disponibles que cumplan las características técnicas del diseño pero que al contrastar frente al costo de inversión inicial y el costo de las pérdidas de energía, se escoja la mejor opción acorde a estos criterios.

k. Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente. Con los valores de corriente de cortocircuito hallados en el análisis de cortocircuito, se debe verificar la soportabilidad de los conductores diseñados, según su sección transversal, ya que los elementos de protección toman un tiempo en actuar y los conductores se calentarán durante el tiempo de apertura,

l. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos. Como se comentó en el apartado de análisis económico, elementos como los conductores aumentan su peso al aumentar su radio, de manera general, por lo cual, dada la longitud de los conductores empleados, se genera un estrés

mecánico en este caso en los elementos de sujeción en el diseño eléctrico. Así, se realiza el cálculo mecánico de estructuras con el fin de corroborar que todos los elementos estén debidamente fijados y su propio peso no sea causa de riesgo.

m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A. Los circuitos resultantes del diseño portarán una corriente nominal de operación, por lo cual, se emplean elementos de interrupción circuital para evitar las sobrecorrientes y fallas de los conductores de origen físico. Ya que la protección de sobrecorrientes se hace con elementos de interrupción de circuitos, se debe analizar la operación de estos con el fin de coordinar a partir del diagrama unifilar los tiempos de operación de los interruptores y la selección de los dispositivos de forma radial para garantizar la selectividad en los sistemas eléctricos ante fallas de origen eléctrico.

n. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.). Si bien los conductores pueden en condición desnudo como se presenta comúnmente las líneas de transmisión en el nivel 4 de tensión, para el nivel 1 y nivel 2 de tensión, es más frecuente el uso de conductores aislados, cuyo aislamiento permite agrupar conductores pero incrementando el peso de estos por unidad de longitud, de esta manera, el agrupamiento ocupará un porcentaje de área de la sección transversal del elemento por el cual se canaliza el grupo de conductores como pueden ser fácilmente identificable en tuberías, por estar azón, se debe calcular el volumen de encerramientos pues ocupar un porcentaje mayor de la sección transversal u equivalente en la canalización representa un riesgo por incremento de temperatura al disminuir el volumen de aire en la canalización, pero a su vez representa una limitante técnica en la fase de construcción del diseño que impediría realizar debidamente la instalación y tendido de conductores en las canalizaciones.

o. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia. Un efecto inherente de la circulación de corrientes por elementos conductores es el calentamiento de estos, este fenómeno mayor conocido como efecto *Joule* representa las pérdidas de potencia que ocurren por efecto de este calentamiento. Durante el tiempo de operación en que los conductores sean portadores activos de corriente o por otros motivos se presente el efecto *Joule* se consumirá una energía asociada a estas pérdidas técnicas que, junto a otros aspectos de calidad de la energía como los armónicos presentes en la onda de tensión y corriente, el factor de potencia, y otros no mencionados que se puedan originar, suponen un aumento del costo de operación del sistema eléctrico diseñado [7].

p. Cálculos de regulación. Una vez alcanzados los requisitos técnicos de calidad, costo y seguridad de los conductores, que siempre deben cumplirse aún en diseños de bajo costo, se procederá a realizar el cálculo de regulación, el cual es un criterio técnico presente en los conductores debido a la operación normal de los mismos, pues se presenta una caída de tensión en su operación debido a características propias del material de construcción del elemento portador de corriente. Así, junto a las pérdidas de energía, la caída de tensión que se genera durante la operación normal del sistema debe ser verificada para cumplir los valores límites establecidos [8].

q. Clasificación de áreas. Este apartado debe ser establecido por aquellas instalaciones que, por características del uso de la instalación, infraestructura o el espacio alrededor a esta, o por la existencia de sustancias peligrosas, presente áreas de clasificación especial para las que deba hacerse un diseño más riguroso de lo habitual en los que la selección de los materiales eléctricos deba hacerse según la clasificación del área teniendo en cuenta la NFPA (por sus siglas en inglés) 70 [9].

r. Elaboración de diagramas unifilares. Los diagramas unifilares son el esbozo de la situación eléctrica que traduce la organización espacial de los elementos, la repartición de los circuitos y sus características más importantes a partir de barras, nodos y ramas. Estos son detallados a criterio del diseñador, pero en su mayoría, contienen las tensiones en las que se encuentran conectados los elementos, la cantidad de circuitos y elementos críticos del diseño como elementos de protección del sistema, entre otros.

s. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción. Los diseños eléctricos son un preámbulo de lo que va a ser la instalación una vez esta sea llevada a término fin, por lo tanto, son necesarios los planos y esquemas eléctricos como guía e ilustración para quien realice la construcción del diseño posteriormente. Estos productos materiales como lo son los planos deben ser claros y legibles, con lo cual sea detallado lo suficiente para poder realizar el diseño presentado.

t. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares. Los diseños eléctricos son tan complejos como la ubicación geográfica y espacial de la instalación objeto del diseño, así como de los componentes eléctricos del sistema eléctrico parte de estos, así, en algunos casos será necesario realizar especificaciones que ilustren más a fondo, o suplementen la información que deba ser tomada en cuenta para los elementos y áreas especiales que así fueron clasificados.

u. Establecer las distancias de seguridad requeridas. Debido a la energización y circulación de corrientes tanto en los equipos eléctricos como de otros elementos conductores y no conductores, según el caso, se debe establecer las distancias

que deban ser conservadas por el público en general y restricciones de acceso y de circulación para las categorías del público que sean permitidos, puesto que el público en general debe tener restricciones diferentes al personal calificado que con los debidos elementos de protección, sean requeridos para intervenir, operar o revisar algún elemento del sistema eléctrico perteneciente al diseño realizado.

v. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación. Los diseños eléctricos, sujetos a diferentes limitantes, pueden presentar escenarios donde no pueda cumplirse a cabalidad las recomendaciones e instrucciones de las normas que los atañe, así, ante estas situaciones se debe justificar el porqué de no cumplir a cabalidad la norma.

w. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas. Como se ha comentado varias veces anteriormente, por diversas condiciones, los diseños eléctricos presentan elementos críticos en el diseño de la instalación o por condiciones en las que se encuentra ubicado el proyecto. Para estas situaciones especiales puede requerirse incorporar el estudio de condiciones de que sea necesario y que debe decretarse dentro del diseño eléctrico; memorias de cálculo o en planos de construcción.

Diseño simplificado:

El diseño detallado es de carácter general para los diseños eléctricos, pero se presentan algunas excepciones que harán que el diseño planteado sea de menor alcance en cuanto a los ítems contenidos en el diseño detallado, por esta razón, antes de plantearse elaborar un diseño eléctrico, se debe determinar si este es detallado o simplificado.

El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP) los lineamientos que deben cumplirse en cuanto a requerimientos para el diseño de sistemas de iluminación y alumbrado público, tanto en interiores como exteriores, un apartado fundamental para el diseño de sistemas eléctricos, pues garantiza los niveles adecuados de iluminación para las labores visuales que se van a llevar a cabo en la instalación objeto del diseño. Los diseños de iluminación pueden estar contenidos en el diseño eléctrico, o ser objeto de diseño por parte de otro ente [10].

- ¿Qué es BIM y para qué se usa?

Es un proceso que permita la gestión documental, coordinación y simulación durante el ciclo de vida útil de un proyecto, comenzando con la creación de un modelo inteligente tridimensional de forma multidisciplinaria. Se usa en el diseño de infraestructura y la documentación de las construcciones pues cada detalle de la

obra es modelado y usado para analizar opciones y generar modelos que visualicen como se verá la obra una vez construida [11].

- ¿Cuál es el proceso *BIM*?

El proceso *BIM* ha tomado gran importancia en el sector de la construcción pues apoya la creación de información inteligente que puede ser empleada durante el ciclo de vida útil del proyecto, este proceso se compone de cuatro fases para su implementación, descritos a continuación [12]:

1. Planeación: la información recopilada del proyecto es empleada para generar modelos de la construcción existente y el ambiente natural para darle contexto a la obra.
2. Diseño: se lleva a cabo el análisis, el diseño conceptual de detalle y la documentación. Tras esta fase, comienza el proceso preconstructivo usando la información *BIM* para generar calendarios e informar al área de logística.
3. Construcción: se empieza a elaborar la obra usando las especificaciones *BIM* compartiendo logísticas del proyecto constructivo a los contratantes.
4. Operación: la información *BIM* es transferida al área de operación y mantenimiento de los activos finalizados.

Metodología

Para alcanzar los objetivos planteados se realizaron en primera instancia actividades propias de la empresa como adaptación y asimilación de la estructura de esta, protocolos y plantillas establecidas para el diseño de instalaciones eléctricas, para así iniciar una fase de capacitación técnica sobre el diseño de instalaciones eléctrica y la normativa que la reglamenta. Para esto se hizo estudio del RETIE, el RETILAP, y la NTC 2050.

En segunda instancia se adquirieron los conocimientos necesarios en el uso de la herramienta *BIM* como lo es el software *REVIT* para el modelado *BIM*.

En tercera instancia, se llevó a cabo el diseño de la instalación eléctrica recopilando la información necesaria del proyecto para su construcción desde la fase de diseño hasta el informe final. Como paso final se elaboraron las Memorias de diseño eléctrico junto al diseño mismo del proyecto que dan como resultado los planos de diseño, memorias de cálculo, análisis de riesgo, y diagrama unifilar.

Para elaborar el diseño eléctrico se familiarizó con el entorno de la instalación estableciendo las necesidades eléctricas que requiere la instalación. Una vista general del proyecto puede apreciarse en la Ilustración 1.



Ilustración 1. Vista 3D del proyecto objeto de diseño.



Ilustración 2. Coordinación de planos estructurales.

Un ejemplo de aplicación puede apreciarse en Ilustración 2, que muestra un problema de gestión de las coordenadas de los planos empleados en el proyecto. Ilustración 3 muestra la vista en planta de una zona de la instalación con el tendido de tubos y representación esquemática de los elementos.

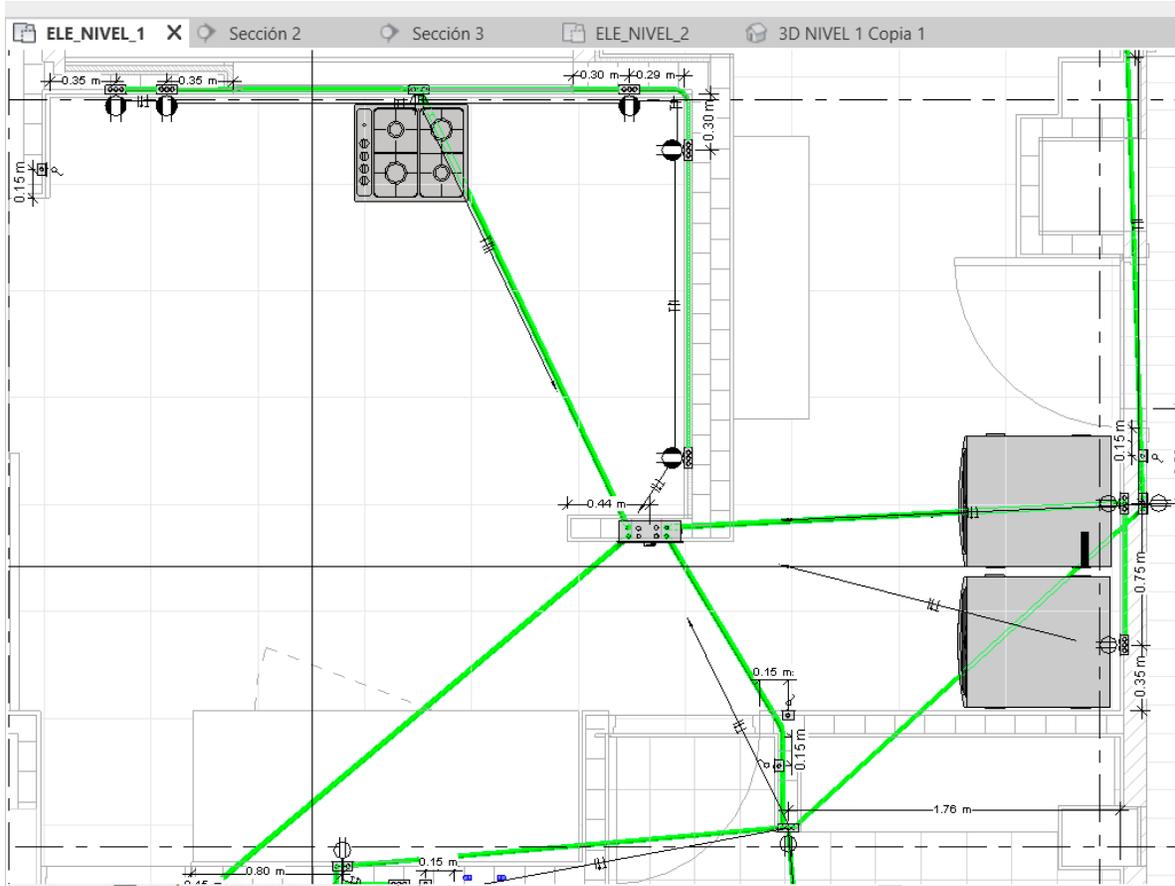


Ilustración 3. Tendido de tubos PVC, empotrados.

Resultados y análisis

Apoyado en las memorias de diseño eléctrico, el diseño fue llevado a cabo bajo la metodología *BIM* cumpliendo la normativa vigente. El diseño resultante fueron las redes internas del proyecto mencionado, con una potencia demandada de 16.8 kVA, derivando un total de 17 circuitos ramales desde un tablero de distribución de 24 circuitos. Se obtuvieron 17 circuitos compuestos por: un circuito de pequeños artefactos, dos circuitos de ropas, un circuito de 240 V para la estufa, cuatro circuitos para el control de iluminación, y el resto de los circuitos fueron empleados para la carga de alumbrado general. Tabla 1 y Tabla 2, conforman la planificación de paneles para el tablero general, estas tablas presentan respectivamente para la fase A y fase B, la distribución circuital con: número del circuito asignado,

descripción de los elementos que componen el circuito, la corriente disruptiva de la protección, el número de polos del circuito, y la carga asociada a cada fase.

Tabla 1. Distribución circuital tablero general, fase A

CKT	Descripción de circuito	Desconexión	Polos	A	
				1500 VA	4000 VA
1	Pequeños artefactos	20 A	1	1500 VA	4000 VA
3	Lavadora	20 A	1		
5	Secadora	20 A	1	1500 VA	900 VA
7	Sala hab. principal, cuarto útil	20 A	1		
9	Sala, comedor	20 A	1	900 VA	900 VA
11	Hab. 2, vestier, baño	20 A	1		
13	Nevera, hab. servicio, baño	20 A	1	900 VA	90 VA
15	Iluminación escaleras + pasillos	20 A	1		
17					
19					
21					
23	Ilum sala, comedor, cocina, hab. serv., ropas, parq.	20 A	1		
Carga total:				10690 VA	
Total de...				89 A	

Tabla 2. Distribución circuital tablero general, fase B

B		Polos	Desconexión	Descripción de circuito	CKT
1500 VA	4000 VA				
		2	40 A	Estufa, 240 V	2
					4
		1	20 A	Parqueadero, lavadero	6
1080 VA	1080 VA	1	20 A	Sala TV, baño	8
		1	20 A	Hab. principal, vestier, baño	10
900 VA	1080 VA	1	20 A	Hab. 1, vestier, baño	12
		1	20 A	Ilum. sala TV, baño, hab. 2, vestier, baño	14
162 VA					16
					18
					20
					22
252 VA	162 VA	1	20 A	Iluminación gral. hab. principal, hab. 1, baños	24
10216 VA					
85 A					

Ahora, aplicando los factores de carga apropiados se obtiene la Tabla 3, que muestra una carga total de demanda de 16.4 kVA, que es menor que la potencia instalada en el proyecto que es de 16.8 kVA, mostrando un diseño adecuado pero que puede calificarse como sobredimensionado, ya que el factor de demanda total es igual a 0.85, un factor elevado para una instalación eléctrica del tipo residencial. Lo anterior se experimenta en lo experimentado a lo largo de la práctica empresarial, donde los factores de demanda oscilaban en torno al 0.6, así que el diseño cuenta con la potencia suficiente para ampliaciones y proyección de demanda futura.

Tabla 3. Distribución circuital tablero general, fase B

Totales de panel	
Carga total conectada:	20906 VA
Total de demanda estimada:	16417 VA
Total conectada.:	87 A
Total de demanda estimada:	68 A

En Tabla 4 se presenta la planificación circuital de los circuitos, agrupados por el tamaño de calibre 12 AWG.

Tabla 4. Planificación de circuitos calibre 12 AWG

Tabla de planificación de circuitos eléctricos						
CTO	Longitud	N° de fases	N° de tierras	N° neutros	Caída de voltaje	AWG THHN
1	8.69 m	1	1	1	1.4 V	1-#12, 1-#12, 1-#12
3	6.90 m	1	1	1	1.1 V	1-#12, 1-#12, 1-#12
5	7.69 m	1	1	1	1.3 V	1-#12, 1-#12, 1-#12
6	24.33 m	1	1	1	2.4 V	1-#12, 1-#12, 1-#12
7	12.90 m	1	1	1	1.5 V	1-#12, 1-#12, 1-#12
8	29.68 m	1	1	1	3.5 V	1-#12, 1-#12, 1-#12
9	22.75 m	1	1	1	2.2 V	1-#12, 1-#12, 1-#12
10	11.99 m	1	1	1	1.2 V	1-#12, 1-#12, 1-#12
11	34.04 m	1	1	1	3.4 V	1-#12, 1-#12, 1-#12
12	20.82 m	1	1	1	2.5 V	1-#12, 1-#12, 1-#12
13	15.10 m	1	1	1	1.5 V	1-#12, 1-#12, 1-#12
14	30.64 m	1	1	1	0.3 V	1-#12, 1-#12, 1-#12
15	25.31 m	1	1	1	0.4 V	1-#12, 1-#12, 1-#12
23	96.39 m	1	1	1	2.4 V	1-#12, 1-#12, 1-#12
24	59.43 m	1	1	1	1.0 V	1-#12, 1-#12, 1-#12

406.65 m

Tabla 5. Planificación de circuitos calibre 8 AWG

Tabla de planificación de circuitos eléctricos.						
CTO	Longitud	N° de fases	N° de tierras	N° neutros	Caída de voltaje	AWG THHN
2,4	4.60 m	2	1	1	0.8 V	2-#8, 1-#8, 1-#10

4.60 m

Así mismo, Tabla 5 presenta la planificación circuital de los circuitos, agrupados por el tamaño de calibre 8 AWG. Esto muestra las bondades del software en cuanto al

diseño eléctrico ya que el programa calcula la regulación, la longitud, y cableado del circuito, dando una estimación realmente adecuada de las cantidades necesarias para realizar el tendido de conductores.

Puede verse la canalización de los circuitos planificados en Ilustración 4, que es una vista en planta de la zona del parqueadero en la primera planta del proyecto. En esta se aprecia el tubo empotrado con tipo de línea punteada en color negro, mientras que el tubo expuesto en cielo falso es la línea continua de color magenta.

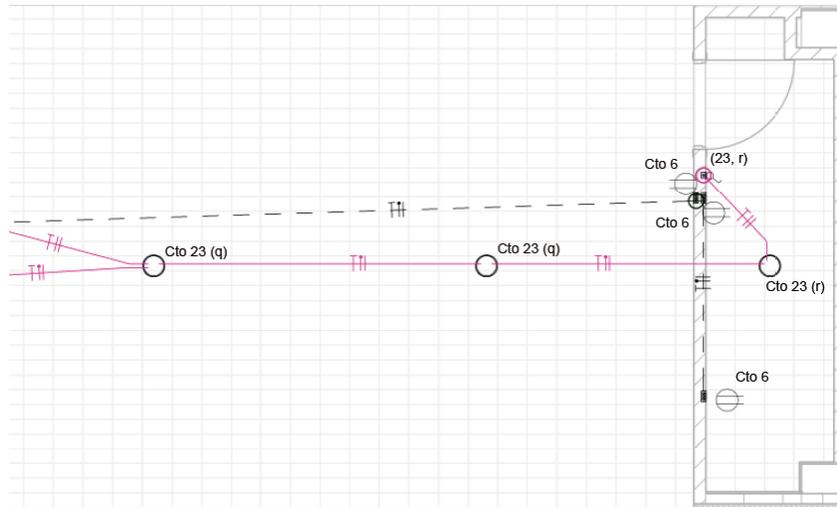


Ilustración 4. Tendido de tubos PVC, empotrados.

De las ventajas del *software* empleado, resultan las cantidades de tubo según su tipo y diámetro comercial como puede verse en Tabla 6, cantidades relevantes para realizar el presupuesto del proyecto. Los tubos son del tipo PVC *conduit* para el cableado de potencia que va empotrado en pisos y muros, mientras que el cableado del control de iluminación irá expuesto en cielo falso, empleando tubo PVC de característica SCH 40, que tiene mayor soporte mecánico y rigidez.

Tabla 6. Planificación de tubos

Tabla general de tubos		
Tipo	Diámetro (tamaño comercial)	Longitud
PVC	1/2"	118.26 m
PVC	3/4"	26.45 m
SCH 40	1/2"	167.17 m
SCH 40	3/4"	14.27 m

Por último, ilustración 5 muestra un detalle de coordinación de tubos en cielo falso, puede verse que no hay solapamiento entre esos, lo que se consigue al usar las vistas de sección en *REVIT* y definir los desfases adecuados respecto al nivel del suelo para que no se presenten interferencias.



Ilustración 5. Detalle de cielo falso.

Conclusiones

El software *REVIT* otorga un mayor apoyo en los diseños de instalaciones eléctricas debido a que emplea internamente reglas de optimización con los parámetros y normas que se le define. Este aporte no es solo frente al diseño sino a la cuantificación de materiales y elaboración de memorias de diseño eléctrico, ya que se genera de forma automática los cálculos necesarios de conductores, regulación de tensión, distribución de circuitos, equilibrio de cargas, entre otros.

Con los detalles aportados en los planos del proyecto, como las memorias de diseño eléctrico, se hace realmente evidente la mejoría de la calidad del diseño realizado frente a la metodología tradicional de diseño, obteniendo cuantificación y tablas de planificación de cantidades de obra. Además, se obtiene coordinación adecuada de los aparatos eléctricos y elementos de la canalización respecto a otras redes presentes en el proyecto; esto garantiza que en la parte constructiva no se presenten retrasos e inconvenientes desde la etapa de diseño.

En cuanto al desarrollo personal en el ámbito profesional, se obtuvo un dominio afianzado en el tema de diseño de instalaciones eléctricas de usuario final, la apropiación de la metodología *BIM* empleando el software *REVIT* para la realización de los diseños eléctricos, así como la familiarización con herramientas, equipos y accesorios requeridos en las instalaciones eléctricas para así realizar adecuadamente los diseños de manera más detallada.

Referencias Bibliográficas

- [1] JIMENEZ ABÓS, Pilar. "No es broma, la metodología BIM viene a sustituir a la forma de trabajar hasta ahora". {En línea}. {13 de febrero del 2020} disponible en: (<http://www.certificacionpm.com/no-es-broma-la-metodologia-bim-viene-a-sustituir/>)
- [2] Bartosz Jankowski, Jakub Prokocki, Michał Krzemiński. Functional Assessment of BIM Methodology Based on Implementation in Design and Construction Company. *Procedia Engineering*, Volume 111, 2015, Pages 351-355. {En línea}. {15 de febrero del 2020} disponible en: (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815013491>)
- [3] E. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks BIM Handbook: A guide for Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers Engineers and Contractors. (2nd edition), Wiley Publishing (2011). {15 de febrero del 2020} disponible en: Google Scholar (<https://scholar.google.es/>)
- [4] Anexo general RETIE. Ministerio de minas y energía. {30 de agosto del 2013}.
- [5] Código eléctrico colombiano NTC 2050. ICONTEC. {25 de noviembre de 1998}.
- [6] IEEE 242. IEEE STANDARS
- [7] CASTAÑO, S. Ramirez. Redes de distribución de energía. *Universidad Nacional de Colombia*, [Online], 2004.
- [8] ROSAS, Ramon M. Mujal. *Cálculo de líneas y redes eléctricas*. Univ. Politèc. de Catalunya, 2010.
- [9] REY NAVAS, Francisco Javier. *Guia Basica Para Clasificacion De Areas Peligrosas Y Seleccion Del Equipo Electrico En Instalaciones De Gas Natural En Colombia*. 2005. Tesis Doctoral. Universidad Industrial de Santander, Escuela De Ingeniería de Petróleos.
- [10] Anexo general RETILAP. Ministerio de minas y energía. {30 de marzo del 2010}.
- [11] AUTODESK. Benefits of BIM. {En línea}. {15 de febrero del 2020} disponible en: (<https://www.autodesk.com/solutions/bim/benefits-of-bim>)
- [12] Lino Maia, Pedro Mêda, João G. Freitas. BIM Methodology, a New Approach - Case Study of Structural Elements Creation. *Procedia Engineering*, Volume 114, 2015, Pages 816-823. {En línea}. {15 de febrero del 2020} disponible en: (<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815016719>)