

Especificaciones Técnicas para el Desarrollo de Planos en Instalaciones Eléctricas

Guiorgui Dayan Bravo Bueno

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Electricista

Director

Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga

Doctor en Ingeniería Eléctrica

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Bucaramanga

2019

Dedicatoria

A mi padre celestial Jesucrito

A mis padres

Martha Bueno Sandoval

José Del Carmen Bravo

A mis hermanos

Heidy Paola Bravo Bueno

Zaida Dayana Bravo Bueno

Brayan José Bravo Bueno

A mi compadre

Yeffer Arley Díaz Rodríguez

A mis amigos

Wilson T, Alejandro O, Diego T, Jonathan D, Cristian C, Juliana C, Edgar Díaz, Rafael D.

A mi novia

Lograr un objetivo en vida siempre será más fácil cuando encuentras personas que están dispuestas a brindarte su verdadera amistad y amor incondicional. A Dios gracias por poner en mi camino a las mejores personas que hicieron parte de este constante aprendizaje y darme una segunda oportunidad en la vida para así demostrar lo mejor de mí.

Guiorgui Dayan Brava Bueno.

Agradecimientos

A Dios por guiarme y darme fortaleza en todos mis momentos difíciles de esta etapa, por su compañía y fortaleza durante mi vida estudiantil, en especial durante mi desarrollo como ingeniero. Por poner siempre a las personas indicadas.

A mis padres por su apoyo, entrega, amor y sacrificio incondicional para verme alcanzar la meta tan anhelada de ser profesional. A ellos gracias por cada palabra, cada aliento, cada lágrima que me ayudo desde mi formación en la infancia de tener propósitos en la vida. Gracias por ser los mejores padres que pude tener.

Al Dr. Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga, director y profesor, quien ha confiado y creído en mí. Por tanta paciencia y estar siempre dispuesto ayudarme, guiarme y brindarme en cada momento, una palabra idónea y un aliento se seguir, gracias por rescatar en mí las ganas de seguir la vida, por su valioso conocimiento para el desarrollo de este proyecto de grado, sin él no hubiera concluido esta etapa del pregrado.

A nuestros compañeros de estudio que sin esperar algo a cambio, brindaron su conocimiento y apoyo durante toda la carrera, haciendo posible lograr cada meta semestre a semestre.

A mis amigos chucureños que siempre han creído en mí. A mi compadre por su apoyo.

Agradezco a cada una de las personas que hicieron parte de mi proceso de formación como profesional y persona, gracias totales

Contenido

	Pág.
Introducción	16
1. Generalidades del diseño de las instalaciones eléctricas de uso final	19
1.1 Etapas de ingeniería en el diseño de un proyecto eléctrico de uso final	19
1.1.1 Ingeniería Conceptual.	20
1.1.2 Ingeniería básica	21
1.1.3 Ingeniería de detalle.	22
1.3 Clasificación de las instalaciones eléctricas de uso final según RETIE	23
1.3.1 Instalaciones Básicas.	24
1.3.2 Instalaciones provisionales.	24
1.3.3 Instalaciones Especiales.	24
1.4 El rol del operador de red OR	26
2. Aspectos generales para la elaboración de planos eléctricos	29
2.1 Aspectos técnicos en el diseño de un plano	32
2.1.1 Código de colores según RETIE.	32
2.1.2 Convenciones.	33
2.1.2.1 Simbología.	34
2.1.3 Rótulos.	36

2.1.4 Escalas.....	37
2.1.5 Formato y plegado.	39
2.1.6 Escritura y magnitudes.....	41
2.1.7 Información de campo.	42
2.2 Tipos de planos en una instalación eléctrica de uso final	43
2.2.1 Plano de localización.	43
2.2.2 Diagrama unifilar.	45
2.2.3 Cuadro de carga.	50
2.2.4 Cuadro de regulación.	51
2.2.5 Plano de localización de equipos.	52
2.2.6 Detalles del sistema de puesta a tierra.	53
2.2.7 Planos de sistema de protección contra rayos.....	54
2.2.8 Vistas isométricas.	55
2.2.9 Vista de planta.....	56
2.2.10 Vista de detalles	57
 3. Proceso de elaboración, aprobación y actualización de planos	 59
3.1 Orden de la realización de planos eléctricos en instalaciones de uso final.....	60
3.2 Distribución del espacio en un plano eléctrico	62
3.3 Legalización de planos ante el operador de red.....	65
3.3.1 Solicitud de condiciones de servicio.....	65
3.3.2 Radicación, aprobación de diseños eléctricos.....	66
3.3.3 Documentación Técnica.....	67

3.3.4 Documentación anexa.....	68
3.4 Proceso de actualización y finalización de un plano.	69
3.4.1 Versiones de un plano.....	69
3.4.2 Planos RED LINE.....	71
3.4.3 Planos AS-BUILT.....	72
3.4.4 Actualización del proyecto ante el OR.	73
4. Conclusiones.....	74
Referencias Bibliográficas	76

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Etapas de la ingeniería en un proyecto	19
Figura 2. Principales alcances de la ingeniería conceptual.....	21
Figura 3. Principales alcances de la ingeniería básica.	22
Figura 4. Principales alcances de la ingeniería de detalle.....	23
Figura 5. Tabla de convenciones.	34
Figura 6. Modelo rotulo.	37
Figura 7. Modelo de rotulo.	37
Figura 8. Formato y plegado.....	41
Figura 9. Ejemplo plano de localización.....	45
Figura 10. Ejemplo de un diagrama unifilar	50
Figura 11. Ejemplo cuadro de carga para una fábrica.	51
Figura 12. Cuadro regulación y pérdida de potencia	52
Figura 13. Ejemplo plano ubicación de equipos	52
Figura 14. Ejemplo malla sistema de puesta a tierra	53
Figura 15. Plano sistema de apantallamiento.....	55
Figura 16. Ejemplo de una vista isométrica para una caja de contador.....	56
Figura 17. Ejemplo de un plano con vista de planta.	57
Figura 18. Ejemplo vista de detalle.....	58
Figura 19. Secuencia elaboración de planos	61

Figura 20. Distribución general de información en plano.	64
Figura 21. Etapas de legalización de diseños ante el operador de red	65
Figura 22. Información en el rótulo con la versión del plano	70

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de instalaciones especiales de uso final	25
Tabla 2. Clasificación de usuarios según operadores de red	27
Tabla 3. Clasificación de diseños eléctricos en proyectos según operadores de red	28
Tabla 4. Planos y requerimientos de los operadores de red para diseños de líneas en media y baja tensión	30
Tabla 5. Planos y requerimientos de los operadores de red para diseños de subestaciones aéreas e interiores	30
Tabla 6. Planos y requerimientos de los operadores de red para diseños de acometidas y tableros de medición	31
Tabla 7. Código de colores para conductores	32
Tabla 6. Simbología instalaciones eléctricas en general	35
Tabla 7. Simbología instalaciones eléctricas de uso final	35
Tabla 8. Campos de identificación de rotulo.	36
Tabla 9. Campos datos administrativos rotulo	36
Tabla 10. Escalas más comunes en la elaboración de planos eléctricos	38
Tabla 11. Escalas normalizadas.	38
Tabla 12. Escalas de diseños según normativa de operadores de red	39
Tabla 13. Tamaño de papel según formato.	40
Tabla 14. Listado planos mínimos según instalación	62

Tabla 15. Elementos, cálculos y diseños mínimos de un plano ante un OR.....	64
Tabla 16. Identificación de las versiones de un plano	71
Tabla 17. Código de colores para planos RED LINE.....	72

Lista de Apéndices

(Ver apéndices adjuntos en el CD y pueden visualizarse en la Base de Datos de la Biblioteca UIS)

Apéndice A. Ficha resumen

Apéndice B. Planos eléctricos del proceso de convocatoria pública del proceso 033 del año 2016 con objeto contractual “construcción de la infraestructura física para el mejoramiento de los laboratorios de la escuela de ingeniería mecánica: obras estructurales, acabados arquitectónicos, redes hidrosanitarias, red de gases especiales, red contraincendios, redes eléctricas y de comunicaciones, ascensores, sistema de automatización y sistemas de aire acondicionado” (UIS, 2016).

Apéndice C. Plano Aprobado por Operador de Red, Diseño de Talleres de Transformadores y Línea Viva (GARCIA, Diseño talleres de transformadores y línea viva, 2019).

Apéndice D. Plano aprobado por operador de red, vivienda multifamiliar (GARCIA, Diseño plano eléctrico Vivienda Multifamiliar , 2019)

Resumen

Título: Especificaciones Técnicas para el Desarrollo de Planos en Instalaciones Eléctricas*

Autor: Guiorgui Dayan Bravo Bueno**

Palabras Claves: Diseño de planos eléctricos, instalaciones eléctricas de uso final, especificaciones técnicas, operadores de red, entrega y actualización de planos

Descripción:

El proyecto tiene como objetivo el documentar los requerimientos técnicos y normativos aplicables al desarrollo de planos para instalaciones eléctricas de uso final desde su concepción como idea, hasta su entrega final como plano terminado y aprobado por el operador de red, cliente o empresa contratante.

Las instalaciones eléctricas de uso final comprenden los sistemas eléctricos que van desde la frontera o punto de conexión hasta la salida de energía de los artefactos que requieran de ella, es así como toda instalación eléctrica deberá tener un diseño que puede ser detallado o simplificado según sea el caso.

A pesar de la importancia de los planos eléctricos en las construcciones, los criterios de elaboración no están unificados en Colombia y usualmente cada operador de red tienen sus propios lineamientos (especificaciones y reglas de presentación), los cuales se limitan a los planos de la subestación y de las redes de distribución, que se deben entregar cuando un usuario requiere la conexión del servicio, y no incluye las instalaciones eléctricas internas.

Este proyecto busca que el estudiante o el ingeniero electricista profesional en especial los recién egresados los cuales son contratados usualmente para adelantar estas tareas de diseño para las instalaciones eléctricas, tenga una guía de las generalidades de los planos, características técnicas de los mismos, incluso como abordar la radicación y actualización de los proyectos eléctricos, hasta la entrega final a satisfacción.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga, Doctor en Ingeniería Eléctrica.

Abstract

Title: Technical Specifications for the Development of Plans for Electrical Installations*

Author: Guiorguin Dayan Bravo Bueno**

Keywords: Design of electrical plans, end-use electrical installations, technical specifications, network operators, delivery and updating of plans.

Description:

The objective of this project is documenting the technical and normative requirements applicable to the design of plans for electrical installations for final use, from their conception as an idea to their final submission as a finished and approved plan by the network operator, client or contracting company.

End-use electrical installations include electrical systems that go from the frontier or point of connection to the output of energy from the devices that require it, so that any electrical installation shall have a design that can be detailed or simplified as the case requires.

Although electrical plans are important in construction, the elaboration of these criteria are not unified in Colombia and usually each network operator has its own guidelines (specifications and presentation rules), which are limited to substation and distribution system plans, which must be submitted when a user requires the connection of the service and does not include internal electrical installations.

This project searches that the student or the professional electrical engineer especially the recent graduates who are usually employed to advance these tasks of design for the electrical installations, has a guide of the generalities of the plans, technical features of the same ones, including how to deal with the radication and update of the electrical projects, until the final turn over to satisfaction.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director: Oscar Arnulfo Quiroga Quiroga, Doctor en Ingeniería Eléctrica.

Introducción

El diseño de una instalación eléctrica es un proceso exigido en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE* y es una etapa clave de todo proyecto de índole eléctrico dado que allí se deben plasmar las aspiraciones del cliente respetando las exigencias† reglamentarias y normativas. Los planos eléctricos son el instrumento por excelencia en donde se encuentran registrados los resultados del diseño‡. Allí se encuentran reunidos los resultados de los cálculos junto con la distribución, ubicación, detalles y especificaciones de los distintos componentes de la instalación eléctrica.

A pesar de la importancia de los planos eléctricos, los criterios de elaboración no están unificados en Colombia y usualmente cada operador de red tienen sus propios lineamientos (especificaciones), los cuales se limitan a los planos de la subestación y de las redes de distribución, que se deben entregar cuando un usuario requiere la conexión del servicio, y no incluye las instalaciones eléctricas internas.

Debido a la falta de criterios para la elaboración de planos (especificaciones unificadas), los ingenieros electricistas cuentan con pocas herramientas para afrontar la elaboración de los planos dentro del diseño eléctrico de instalaciones.

* RETIE: Reglamento técnico de instalaciones eléctrica versión 2013, en la actualidad se encuentra en estudio la actualización del documento el cual se espera aclare muchos aspectos normativos que aún no se tiene total certeza.

† El diseño de planos eléctricos deberá cumplir RETIE en especial el artículo 10.1 "Diseño de las instalaciones eléctricas", adicionalmente el diseño se deberá ajustar a la norma del operador de red.

‡ Se establecen como componentes de un diseño, todas las acciones para realizarlo y que sirvan para justificarlo como los son cálculos, memorias, simulaciones.

Por lo anterior, el presente trabajo de grado se enfocará en mostrar las especificaciones técnicas requeridas para la elaboración de planos en instalaciones de uso final, exponiendo los diferentes tipos de planos que se deberán generar en el proceso del diseño de estas instalaciones, considerando la normativa vigente.

EL objetivo general del trabajo de grado es documentar los requerimientos técnicos y normativos aplicables al desarrollo de planos para instalaciones eléctricas de uso final, dando lineamientos sobre los aspectos más relevantes y de importancia.

En ese orden de ideas, en el primer capítulo, se mostrarán las generalidades más frecuentes de las instalaciones eléctricas y las fases de un proyecto. Así mismo se menciona el listado de planos más recurrentes en las instalaciones eléctricas y las principales características, así como los planos eléctricos exigidos por los operadores de red[§].

En el capítulo 2 se recopilarán los aspectos técnicos esenciales para la elaboración de los distintos tipos de planos, destacando los formatos, rótulos, la simbología y las convenciones. Se detallará cada uno de estos componentes, su normatividad y su correcto uso en los planos eléctricos, se contextualizará con un ejemplo destacando sus principales características y aspectos generales en su elaboración.

[§] Los operadores de red son propietarios y/o administradores de la red eléctrica, en Colombia existen en la actualidad 28 empresas comercializadoras, 17 dedicadas a la comercialización y distribución, 15 que ejercen la comercialización, distribución y comercialización y 3 empresas tienen un portafolio completo que integra la generación, transmisión, distribución y comercialización. (UPME, 2006)

Finalmente, en el capítulo 3 su objetivo principal es el de detallar el proceso de presentación, radicación y actualización de los planos desde la etapa de diseño de la instalación, las actualizaciones en obra, mostrando la forma correcta de presentar un proyecto eléctrico ante los operadores de red, y su presentación final.

1. Generalidades del diseño de las instalaciones eléctricas de uso final

La ingeniería de un proyecto se debe desarrollar dentro del marco reglamentario** del país y con el fundamento normativo y procedimental que establecen las buenas prácticas del diseño (Rodríguez, 2014). En Colombia las instalaciones eléctricas de uso final se diseñan respetando los aspectos reglamentarios indicados en el RETIE y considerando los aspectos normativos dados en la NTC 2050 y demás normas aplicables, El desarrollo del diseño de un proyecto se conoce usualmente como desarrollo de la ingeniería del proyecto y consta de tres etapas las cuales se describen a continuación.

1.1 Etapas de ingeniería en el diseño de un proyecto eléctrico de uso final

El diseño de un proyecto consta de tres etapas que son: ingeniería conceptual, ingeniería básica y la ingeniería de detalle. En la figura 1 se muestra que estas etapas son secuenciales y una vez aprobada la ingeniería en cada etapa se pasa a la siguiente. El proceso comienza con la ingeniería conceptual, dando paso a la básica y finalmente termina con ingeniería de detalle la cual una vez concluida y aprobada puede dar paso a la fase de construcción del proyecto.



Figura 1. Etapas de la ingeniería en un proyecto. Adaptado de (Rodríguez, 2104)

** En Colombia estipula el RETIE como el reglamento a seguir en todos los diseños de instalaciones de redes eléctricas, para la actualidad la versión 2013

1.1.1 Ingeniería Conceptual. En esta primera etapa de la ingeniería se establecen la filosofía y los principios de operación de equipos, sistemas, conjunto de sistemas como primera fase de la ingeniería. Se instituyen el tipo y las características esenciales del o de los sistemas conforme a la instalación, el entorno estableciendo la magnitud de los riesgos de estos pudiesen llegar a conllevar. Esta fase se debe permitir hacer un estimativo precisando un costo aproximado dentro de un rango de más o menos un 30% del valor del proyecto. Esta etapa por ser un trabajo preliminar no contiene detalles como planos, se asignan especificaciones pero estas no son las definitivas (ACIEM, 2015).

A su vez, es la ingeniería desarrollada para evaluar, analizar, estudiar y seleccionar la mejor de las alternativas planteadas en el desarrollo de los diseños eléctricos. Se prepondera lo conceptual, donde se definirán las principales unidades de procesos, técnicas, estrategias, localización del proyecto y equipos, todo sin especificaciones definitivas. El inicio de las justificaciones de los estudios técnico- económicos y de mercadeo (ECOPETROL, 2011). En la figura 2 se resumen los principales alcances de fase de la ingeniería conceptual mencionados arriba y que son aplicables a la ingeniería eléctrica.

En esta fase se recomienda hacer visita en sitio, puesto se podrán determinar con mejor exactitud las condiciones climáticas, topográficas propias de lugar de trabajo, adicionalmente se logran detectar y visualizar las líneas eléctricas existentes, se establece posible punto de conexión al sistema eléctrico, como también los trabajos pertinentes a realizar.

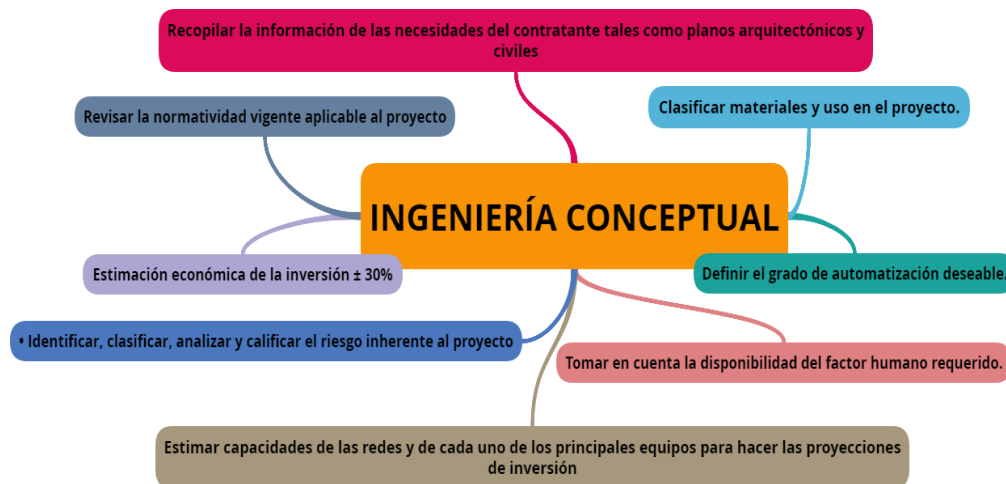


Figura 2. Principales alcances de la ingeniería conceptual. Adaptado de (ACIEM, 2015)

1.1.2 Ingeniería básica. La ingeniería básica es la segunda fase donde se determina la capacidad del sistema y se determinan las características de todos y/o cada uno de los equipos principales, técnicas, estrategias, instrumentos y demás elementos que hacen parte del diseño. Esta parte de la ingeniería, debe permitir hacer un estimativo de costos con un rango entre el 15 % y el 20%. Para desarrollar la ingeniería básica se toma como punto base los resultados de la ingeniería conceptual (ACIEM, 2015).

Así mismo la ingeniería básica se define como aquella que establece las bases sólidas para la ingeniería detallada, fijando el alcance del proyecto, se establecen las capacidades y las características más relevantes de los productos o servicios que se ejecutaran durante el proyecto y así mismo señala el camino a seguir durante el proceso de obra. En la figura 3 se muestra los principales alcances de la ingeniería básica en el contexto de un proyecto de instalaciones eléctricas.



Figura 3. Principales alcances de la ingeniería básica. Adaptado de (ACIEM, 2015)

Otro de los aspectos relevantes a tener en cuenta en esta etapa de la ingeniería son los planos de distribución general de equipos, en donde se especifica en general todos los elementos de soporte y canalización, materiales y métodos de cableado, y en la parte financiera se deberá presentar un presupuesto de inversión (CAPEX) generalmente soportado en el análisis de precios unitarios (APU). La aprobación de esta ingeniería supone una sólida base para el desarrollo de la ingeniería de detalle.

1.1.3 Ingeniería de detalle. Es la fase final de la Ingeniería en la planeación de un proyecto en la cual se desarrollan las especificaciones finales de los equipos, instrumentos, técnicas y estrategias a seguir en el proyecto, basados en reglamentos, códigos, leyes, normas, manuales y estándares, obteniendo planos, documentos y demás elementos propios de la construcción aprobados. Esta fase debe permitir hacer estimativos de costos del proyecto con una precisión de

más o menos el 5 % del valor de la inversión. Para desarrollar la ingeniería de detalle se debe suministrar la información de los resultados de la ingeniería básica (ACIEM, 2015). En la figura 4 se muestra el alcance general de la ingeniería de detalle como etapa final del diseño.

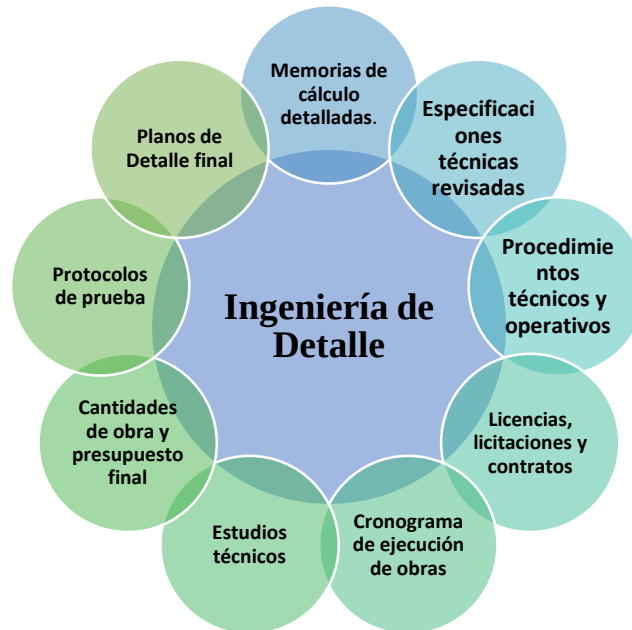


Figura 3. Principales alcances de la ingeniería de detalle. Adaptado de (ACIEM, 2015)

1.3 Clasificación de las instalaciones eléctricas de uso final según RETIE

Una instalación eléctrica de uso final comprende los sistemas eléctricos que van desde el medidor de energía que es la frontera con la red de distribución, hasta las salidas donde se conectan los elementos de consumo (motores, luces y todas las salidas o artefactos que necesiten energía eléctrica para su funcionamiento). Incluye la acometida, las proyecciones contra cortocircuito y falla a tierra, el medidor de energía, los sistemas de puesta a tierra, los elementos de protección contra sobretensiones, los sistemas de respaldo etc.

Debido a lo anterior, la complejidad de las instalaciones eléctricas de uso final es diversa y la profundidad con la que se desarrollen cada una de las etapas del diseño descritas anteriormente, dependerá de esa complejidad. El RETIE clasifica las instalaciones de uso final en tres tipos principales: básicas, provisionales y especiales, las cuales se describen a continuación.

1.3.1 Instalaciones Básicas. Las instalaciones básicas se consideran de baja complejidad y riesgo. En su diseño se toma como principal referente los cuatro primeros capítulos de la NTC 2050, así como otros requisitos particulares descritos contemplados en el RETIE (artículo 28). Algunas de las construcciones que se contemplan en esta categoría son viviendas unifamiliares y multifamiliares, edificios, escenarios deportivos, centros culturales, locales comerciales, alumbrado público, etc.

1.3.2 Instalaciones provisionales. Las instalaciones eléctricas provisionales o temporales son aquellas que se construyen para suministrar el servicio de energía a un proyecto en construcción por tiempo definido y corto o hasta la terminación de la construcción y/o para el suministro temporal de energía a instalaciones transitorias como ferias o espectáculos, montajes de equipos, demoliciones y proyectos de investigación tales como pruebas sísmicas o perforaciones exploratorias. Este tipo de instalaciones se deben diseñar y construir tomando como referente la sección 305 de la NTC 2050.

1.3.3 Instalaciones Especiales. Son aquellas instalaciones consideradas mayor complejidad y riesgo. Esta valoración se debe a que la presencia de ambientes clasificados como peligrosos, así como por alimentar equipos o sistemas complejos. Para estas instalaciones se requieren otros

métodos de cableado y equipos eléctricos, con el fin de mitigar o eliminar los riesgos inherentes a la instalación. Las construcciones petroleras, mineras, salas de cirugía, industria metalúrgica, ascensores, piscinas, son algunas de las instalaciones contempladas en esta clasificación. Este tipo de instalaciones, a excepción de las minas, se deben diseñar y construir tomando como referente los capítulos 5, 6 y 7 de la NTC 2050. En la tabla 1 se muestra la clasificación de las instalaciones especiales de uso final según el RETIE, su descripción y normas mínimas a seguir en el diseño y construcción. Para este tipo de construcciones eléctricas se recomienda tomar todas las medidas necesarias en referencia a la seguridad, el ingeniero diseñador no deberá mitigar ni esfuerzos económicos del cliente, proyectando instalaciones de excelente calidad.

Tabla 1.

Clasificación de instalaciones especiales de uso final

Tipo de instalación especial		Descripción	Normatividad mínima a seguir
Instalaciones en lugares clasificados como peligrosos		Localizadas en ambientes peligrosos o de alto riesgo que presenten potencial de atmosferas explosivas (industria petrolera, minas, industria química y nuclear)	IEC 600-0/14, NFPA 30, NFPA 32, NFPA 33, NFPA 34 y todas las dispuestas en el numeral 28.3.1 del RETIE
Instalaciones en instituciones de asistencia medica		Instalaciones de centros médicos, hospitales, clínicas que por su complejidad en el servicio requieren atención especial y de cuidado.	NTC 2050 sección 517 o IEC 60364-7-710 IEC 60601-1, IEEE 80
Instalaciones con alta concentración de personas		Aquellos lugares que en cualquier momento se puedan llegar a reunir más de 50 personas.	NTC 2050 en sus secciones 518, 520, 525, 530, 450-42 y 450-43
Edificaciones prefabricadas		Aquellas instalaciones eléctricas que requieran componentes prefabricados.	NTC 2050 sección 545
Edificaciones de usos agrícola		Aquellas instalaciones para establos, granjas en donde su alto contenido de humedad y polvo son altos.	NTC 250 sección 547
Piscinas		Instalaciones eléctricas para piscinas, fuentes o similares.	NTC 2050 sección 680
Sistemas fotovoltaicos		Sistemas integrados de generación de energía por aprovechamiento de la radiación solar.	NTC 2050 sección 690
Sistemas contra incendios		Instalaciones eléctricas de gran importancia y seguridad en las edificaciones.	NTC 2050 en sus secciones 695 y 760

Tipo de instalación especial	Descripción	Normatividad mínima a seguir
Sistemas de emergencia	Instalación eléctrica destinada a sistemas de respaldo de la instalación como grupos electrógenos	NTC 2050 sección 700

Nota: las instalaciones especiales de uso final deberán cumplir con lo dispuestos en el RETIE sin excepción y RETILAP para los casos el cual aplique.

1.4 El rol del operador de red OR

Los operadores de red (OR) son los responsables de operar y mantener la red de distribución eléctrica, a través de la cual fluye la energía hacia los usuarios, constituyéndose en parte fundamental de la cadena de la energía eléctrica que inicia con la generación y llega al usuario final donde finalmente se consume la energía. Es por ello que es de gran importancia tener en cuenta las exigencias y recomendaciones del operador de red al momento de diseñar una instalación eléctrica de uso final dado que es el prestador del servicio.

Desde el punto de vista de la prestación del servicio de energía eléctrica, los usuarios y sus instalaciones se clasifican acorde con la resolución CREG-108 de 1997 como residenciales (incluye viviendas y zonas comunes de conjuntos habitacionales) y no residenciales (servicio que se presta para otros fines distintos al residencial). Se debe tener presente que dentro de los usuarios e instalaciones no residenciales, existe una clasificación de acuerdo con las actividades económicas del usuario (industriales y/o comerciales), la cual debe realizarse atendiendo la última versión vigente de la CIIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Todas las Actividades Económicas de las Naciones Unidas). También forman parte de los no residenciales los usuarios oficiales, especiales (hospitales, clínicas, puestos y centros de salud, y los centros educativos y

asistenciales sin ánimo de lucro), los cuales son clasificados en forma separada atendiendo la Ley 142 de 1994 (artículo 89.7) y la Ley 286 de 1996 (artículo 5), empresas de servicios públicos domiciliarios y zonas francas. Considerando lo anterior, las instalaciones eléctricas de uso final se clasifican según el uso o propósito como: residenciales, comerciales, industriales, oficiales, especiales, empresa de servicios públicos domiciliarios y zona franca. En la tabla 2 se muestran los tipos de instalaciones y lo que abarca cada una.

Tabla 2.

Clasificación de usuarios según operadores de red

Tipo de instalación	Aplicable a:
Residenciales	Viviendas Unifamiliares y Multifamiliares, Barrios, Edificios Residenciales, Conjuntos Residenciales
Comerciales	Centros comerciales, locales, casetas, estaciones de servicio, oficinas.
Industriales	Fábricas, talleres, industrias, bodegas
Oficiales	Colegios, hospitales, alcaldías, guarniciones militares, o cualquier entidad del estado.

Adicionalmente, los usuarios residenciales están clasificados acorde Ley 142 de 1994 (artículo 14.8) en estratos socioeconómicos que van desde el 1 al 6, y adicionalmente el OR los distingue según la ubicación geográfica que puede ser rural o urbana. Estas condiciones dadas por la ubicación, nivel socio-económico y clase de servicio definen la complejidad de la instalación y por consiguiente del diseño.

En la actualidad el ingeniero electricista diseñador deberá tener presente en el momento de diseñar no solo lo establecido por el RETIE, NTC 2050, RETILAP; también tendrá en consideración las normas y requerimientos del operador de red presente en la zona de influencia del proyecto eléctrico. Los operadores de red limitan los diseños como proyectos y usualmente exigen para validación los diseños de la acometida y subestación dentro de los requisitos para

realizar la conexión del servicio. En la tabla 3 se muestra la clasificación de los diseños eléctricos en proyectos para presentación según los operadores de red.

Tabla 3.

Clasificación de diseños eléctricos en proyectos según operadores de red

Operador de Red	Tipo de proyecto para diseño
ENERLAR	Proyecto de urbanismo
	Proyecto de redes
	Proyecto de subestación
	Proyecto de redes de baja tensión, desde un transformador existente
	Proyecto de transformador en poste
CENS	Proyecto de alumbrado público
	Proyecto de redes
	Proyecto de subestación
CODENSA	Proyecto de aumento de carga
	Proyecto de redes de MT
	Proyecto de subestaciones
	Proyecto de redes de BT
	Proyecto de transformador en poste
EDEQ	Proyecto de Alumbrado Público
	Proyecto de construcción de redes de baja tensión
	Proyecto de diseño y/o construcción de instalaciones de uso final
EEP	Redes de alumbrado público.
	Proyecto de diseño o construcción de línea de MT
	Proyecto de diseño o construcción de subestación de MT
ELECTRICARIBE	Proyecto de diseño o construcción de red de BT
	Proyecto de instalación de redes de MT y BT
	Proyectos de transformador en poste
	Proyecto de centros de transformación interior o subterráneo
	Proyecto retranqueo de redes de MT y BT
ELECTRIFICADORA DEL HUILA	Proyecto de alumbrado público
	Proyecto redes de media tensión urbana
	Proyecto para red de baja tensión urbana
	Proyecto para acometida domiciliarias urbanas
	Proyecto de redes de media tensión rural
	Proyecto redes de distribución en BT rural
EMCALI	Proyecto para acometida domiciliarias rurales
	Proyecto con medida especial
	Proyecto de unidades residencial
	Proyecto de modificación, repotenciación de redes del sistema de distribución

Operador de Red	Tipo de proyecto para diseño
ENERTOLIMA	Proyecto de alumbrado público
	Proyecto de urbanismo
	Proyecto de redes
	Proyecto de subestación
	Proyecto de baja tensión
	Proyecto de Alumbrado publico
EPM	Proyecto de instalaciones provisionales
	Proyecto de redes aéreas
	Proyecto de redes subterráneas
	Proyecto de diseño de subestaciones
	Proyecto de redes según distribución y tipo de medida
ESSA	Proyecto de diseño para reubicación y movimiento de redes
	Proyecto de redes de alumbrado público
	Proyecto de diseño de líneas y redes
	Proyecto de diseño de acometidas y contadores
	Proyecto de diseño de alumbrado público.

2. Aspectos generales para la elaboración de planos eléctricos

Los planos eléctricos de una instalación se deben realizar considerando los aspectos reglamentarios y normativos exigidos, los cuales buscan en primer lugar garantizar la correcta operación de la instalación, así como disminuir el riesgo para las personas que construyen y operan la instalación eléctrica. El diseño debe garantizar además la eficiencia de la instalación eléctrica, confort, seguridad y comodidad al usuario de la misma.

En la elaboración de planos eléctricos, la presentación, las convenciones y el tipo de plano son los principales elementos a considerar. Ni el RETIE ni la NTC 2050 definen cual es el listado de planos que se deben desarrollar para una instalación eléctrica y menos en una instalación de uso final. Para los proyectos que involucran la red de distribución, los operadores de red tienen

definidos listados de planos y exigencias particulares para los diseños de este tipo de instalación. En las tablas 4,5 y 6 se muestra los requerimientos mínimos exigidos por algunos operadores de red en Colombia y los tipos de planos exigidos.

Tabla 4.

Planos y requerimientos de los operadores de red para diseños de líneas en media y baja tensión

D i s e ñ o	Enelar	Cens	Codensa	Electri Caribe	Em Cali	Epp	Ener Tolima	Epm	Edeq	Essa
Localización	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Diagrama unifilar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Regulación	X	X	X			X	X	X	X	X
Vistas y cortes	X		X	X	X	X	X	X		X
Perfil del terreno	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Planta y perfil de línea	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Protecciones	X	X	X	X		X	X	X		X
Tipo de vías	X			X	X	X		X	X	X
Líneas existentes			X	X	X	X		X	X	X
Líneas proyectadas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
AP	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 5.

Planos y requerimientos de los operadores de red para diseños de subestaciones aéreas e interiores

Diseño	Enelar	Cens	Codensa	Electri Caribe	Em Cali	Epp	Ener Tolima	Epm	Edeq	Essa
Localización	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Diagrama unifilar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Regulación	X	X	X		X		X	X	X	X
Detalles	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Vistas y cortes	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Puesta a tierra	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sistema de alumbrado	X		X				X	X	X	X

Diseño	Enelar	Cens	Codensa	Electri Caribe	Em Cali	Epp	Ener Tolima	Epm	Edeq	Essa
Dimensiones	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sistema de drenaje	X		X				X	X	X	X
Ubicación de equipos	X	X	X	X	X		X	X		X
Protecciones	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Listado de equipos			X					X		X

Tabla 6.

Planos y requerimientos de los operadores de red para diseños de acometidas y tableros de medición

Diseño	Enelar	Cens	Codensa	Electri - Caribe	Em -Cali	Epp	Ener Tolima	Epm	Edeq	ESSA
Localización	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Diagrama unifilar	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Regulación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cuadro de cargas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cuadro de regulación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Numero de medidores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Subestación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Acometida	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
D. Máx.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Listado de equipos			X						X	

Es preciso aclarar que la información consignada en las tablas 4, 5, y 6 hace parte de las exigencias mínimas de los operadores de red y no constituyen los únicos diseños a realizar, todo proyecto eléctrico deberá cumplir con RETIE y NTC 2050 y está sujeto a aprobación y sugerencias por parte de los operadores de red.

2.1 Aspectos técnicos en el diseño de un plano

Si bien es cierto que el dibujo técnico constituye la esencia de los planos, es preciso aclarar que existen una serie de componentes los cuales facilitan la interpretación de los diseños, aclaraciones y observaciones que se detallan para la fase constructiva, convenciones y formatos que están sustentados bajo parámetros establecidos por las normas y por los operadores de red.

2.1.1 Código de colores según RETIE. El objetivo central de la identificación de colores es la de evitar accidentes por errónea interpretación del nivel de tensión y tipo de sistema utilizado. Su uso más recurrente es en el desarrollo de la instalación (construcción), sin embargo algunos diseñadores utilizan el código de colores para resaltar atributos esenciales de la instalación como barrajes y subestaciones en las que no se le puede dar cabida a una mala interpretación por parte del constructor. En la tabla 7 se muestra el código de colores en conductores aplicable para todas las instalaciones eléctricas.

Tabla 7.

Código de colores para conductores

Sistema	1 Φ	1 Φ	3 Φ Y	3 Φ Δ	3 Φ Δ -	3 Φ Y	3 Φ Y	3 Φ Δ	3 Φ Δ	3 Φ Y
Tensiones Nominales	120	240/120	208/120	240	240/208/120	480	380/220	480/277	Más de 1000	Más de 1000
Conductores Activos	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases	3 fases
Fase	Negro	Negro	Amarillo	Negro	Negro	café	café	Café	Violeta	Amarillo
		Rojo	Azul	Azul	Naranja	Negro	Naranja	Naranja	Café	Violeta
			Rojo	Rojo	Azul	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Rojo	Rojo

Sistema	1 Φ	1 Φ	3 ΦY	3 $\Phi \Delta$	3 $\Phi \Delta$ -	3 ΦY	3 ΦY	3 $\Phi \Delta$	3 $\Phi \Delta$	3 ΦY
Neutro	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Blanco o Gris	No aplica	No aplica	No aplica
Tierra de Protección	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	No aplica	No aplica
Tierra Aislada	Verde o verde/amarillo	Verde o verde/amarillo	Verde o verde/amarillo	No aplica	Verde o verde/amarillo	Verde o verde/amarillo	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica

Nota: Adaptado de (RETIE, 2013)

2.1.2 Convenciones. Las convenciones comprenden un conjunto de estándares, normas y criterios que son de aceptación general para un grupo determinado de la sociedad. En los planos eléctricos las convenciones toman gran importancia ya que es por medio de estas tablas que se logra identificar elementos propios que en algunas ocasiones no son del conocimiento del lector ni del evaluador del proyecto.

Cada convención se compone de un símbolo grafico sumado de una descripción escrita de la representación del símbolo en el diseño. Las convenciones pueden ser ubicadas en cualquier parte de plano, sin embargo, se recomienda utilizar una extensión del rotulo para ser ubicadas. Los símbolos que no se encuentren estandarizados o no se tiene una representación gráfica conocida se podrá emplear un dibujo técnico que exprese el contenido del mismo, siempre en cuando se haga una su respectiva descripción. En la figura 5 se muestra la representación de un ejemplo de tabla de convenciones en donde cada símbolo deberá ir acompañado de su respetiva descripción por medio de un texto.

	POSTE CONCRETO 14M.T. PROYECTADO
	POSTE CONCRETO 12M.T. EXISTENTE
	POSTE MADERA 8M.T. EXISTENTE
	POSTE CONCRETO 12M.T. 1050Kg PROYECTADO
	TRANSFORMADOR PROYECTADO
	TRANSFORMADOR PROYECTADO
	CAMARA INSPECCION BAJA TENSION PROYECTADA
	RED DE MEDIA TENSION EXISTENTE
	RED DE MEDIA TENSION A CONSTRUIR
	RED DE BAJA TENSION EXISTENTE
	ACOMETIDA BAJA TENSION SUBTERRANEA

Figura 4. Tabla de convenciones.

En algunos casos los operadores de red adaptan su propia simbología. Para efectos de diseño el diseñador deberá tener presente la simbología según la norma de cada uno.

2.1.2.1 Simbología. La simbología es un factor calve en un plano eléctrico, puesto que es mediante símbolos que se identifican elementos de construcción de instalaciones eléctricas. El RETIE establece los símbolos a utilizar en los diseños de planos eléctricos y las normas de referencia a utilizar. En las tablas 6 y 7 se muestras los símbolos establecidos por el RETIE, siendo de estricto cumplimiento su aplicación.

Tabla 6.

Simbología instalaciones eléctricas en general

Caja de empalme	Corriente continua	Central hidráulica en servicio	Central térmica en servicio	Conductores de fase	Conductor neutro
Conductor de puesta a tierra	Conmutador unipolar	Contacto de corte	Contacto con disparo automático	Contacto sin disparo automático	Contacto operado manualmente
Descargador de sobretensiones	Detector automático de incendio	Dispositivo de protección contra sobretensiones - DPS	DPS tipo varistor	Doble aislamiento	Empalme
Equipotencialidad	Extintor para equipo eléctrico	Fusible	Generador	Interruptor, símbolo general	Interruptor automático en aire

Nota: Adaptado de (RETIE, 2013)

Tabla 7.

Simbología instalaciones eléctricas de uso final

Interruptor bipolar	Interruptor con luz piloto	Interruptor unipolar con tiempo de cierre	Interruptor diferencial	Interruptor unipolar de dos vías	Interruptor seccionador para AT
Interruptor termomagnético	Lámpara	Masa	Parada de emergencia	Seccionador	Subestación
Tablero general	Tablero de distribución	Tierra	Tierra de protección	Tierra aislada	Tomacorriente, símbolo general
Tomacorriente en el piso	Tomacorriente monofásico	Tomacorriente trifásico	Transformador símbolo general	Transformador de aislamiento	Transformador de seguridad

Nota: Adaptado de (RETIE, 2013)

Cuando se requieran otros símbolos de elementos que no se contemplan en las anteriores tablas el RETIE señala que se pueden indagar en las normas IEC 60617, ANSI Y32, CSA Z99 e IEE 315.

2.1.3 Rótulos. Todo plano deberá contar con un rótulo donde se consigna la información que identifica al proyecto, allí se consignará la información necesaria para adelantar trámites legales y técnicos. En las tablas 8 y 9 se muestran los campos que deben contener el rótulo según la NTC 1914. (NTC 1914, 2001).

Tabla 8.

Campos de identificación de rotulo.

Nombre de campo	Número de caracteres recomendados	Obligatoriedad
Propietario legal	No especificado	Si
Número de identificación	16	Si
Índice de revisión	2	Opcional
Fecha de edición	10	Si
Numero de seguimiento/hoja	4	Si
Numero de segmentos/hojas	4	Opcional
Código de idioma	4 por idioma	Opcional

Nota: Adaptado de (NTC 1914, 2001)

Tabla 9.

Campos datos administrativos rotulo.

Nombre del campo	Numero de caracteres recomendados	Obligatoriedad
Departamento responsable	10	Opcional
Referencia técnica	20	Opcional
Aprobado por	20	Si
Creado por	20	Si
Tipo de documento	30	Si
Clasificación/palabras clave	No especificado	Opcional
Estado del documento	40	Opcional
Numero de pagina	4	Opcional
Numero de paginas	4	Opcional
Tamaño de papel	4	Opcional

Nota: Adaptado de (NTC 1914, 2001)

Así mismo, los operadores de red han desarrollado formatos de rótulos para la presentación de proyectos que involucren la red eléctrica. En las figuras 6 y 7 se muestran dos modelos de rótulos estipulados por los operadores de red.

PRESENTA:			
PROPIETARIO:			
PROYECTO:			
DIRECCION:			
CONTIENE:			
DISEÑO:	FECHA:	PLANO DE:	REGISTRO:
DIBUJO:	ESCALA:	APROBACION ESSA:	
REVISÓ:			
APROBÓ:			
NUMERO:			

Figura 5. Modelo rotulo. Adaptado (ESSA, 2010)

PROYECTO:		NOMBRE DEL PROYECTO	
DIRECCION - MUNICIPIO			
FIRMA QUE DISEÑA Y PRESENTA EL PROYECTO			
DIRECCION - NUMERO DE CONTACTO - EMAIL - NIT/ CC			
NOMBRE DEL PROPIETARIO O USUARIO			
DIRECCION - NUMERO DE CONTACTO - EMAIL - NIT/ CC			
CONSECUTIVO DE IDENTIFICACIÓN:		FIRMA	
CONTIENE:			
DISEÑO:			
DIBUJO:			
SN:	FECHA:	ESCALA:	MATRICULA XX DE XX
CAMPO DILIGENCIADO POR EPM			

Figura 6. Modelo de rotulo. Adaptado de (EPM, 2017)

2.1.4 Escalas. Todos los planos entregados deberán contar con una escala de dibujo ya sea de natural, reducción o de ampliación según corresponda. Según la (NTC 1687, 1981), para la

selección de la escala en un dibujo se debe tener en cuenta e de la complejidad del objeto o propósito de la representación; en todos los casos debe ser lo suficientemente entendible el diagrama, dibujo o esquema que se esté representando para permitir la interpretación clara y fácil de la información.

En las tablas 10 y 11 se muestran las escalas más recomendadas según el tipo de plano empleado y las escalas normalizadas para el diseño según (NTC 1580, 1988), donde se destaca el escalamiento para los diseños de planos detallados.

Tabla 10.

Escalas más comunes en la elaboración de planos eléctricos

Aplicación	Escala
Localización	1:750; 1:1000; 1:2000; 1:5000
Redes subterráneas	1:500
Vistas de una subestación	1:50 o 1:75
Destalles constructivos	1:25
Cortes, planimetría de equipos y conexiones	1:50; 1:75; 1:100

Nota: Adaptado de (NTC 1580, 1988)

Se deberán usar las escalas normalizadas indicadas en la Tabla 8, se pueden implementar escalas intermedias o ajustadas al dibujo que sean múltiplos enteros de ellas cuando se requiera la presentación detallada de partes de planos como vistas o secciones del mismo.

Tabla 11.

Escalas normalizadas.

Categoría	Escala		
Natural	1:1		
De ampliación	50:1	20:1	
	5:1	2:1	10:1
	1:2	1:5	1:10
De reducción	1:20	1:50	1:100
	1:200	1:500	1:1000
	1:2000	1:5000	1:1000

Nota: Adaptado de (NTC 1580, 1988)

Los operadores de red recomiendan diseñar los planos eléctricos con las distintas escalas según sea el caso, tal y como se muestra en la tabla 12.

Tabla 72. Escalas de diseños según normativa de operadores de red

Tipo de Diseño	Enelar	Cens	Codensa	Electri Caribe	Em Cali	EPP	EPM	EDEQ	ESSA
Localización			1:1000	1:5000	1:5000	1:1000	1:1000	1:1000	1:5000
Redes Rurales	1:2000	1:2000				1:2000	1:2000	1:1000	1:2000
Redes urbanas	1:2000	1:2000		1:500	1:1000				1:2000
Redes subterráneas	1:50			1:500	1:2000	1:500	1:500	1:500	1:50
Secciones viales				1:500	1:2000	1:100	1:100	1:100	
Obra civil	1:50	1:50							1:50
Subestaciones y tableros	1:50	1:50	1:50			1:50	1:50	1:50	1:50
Detalles			1:25	1:25	1:50	1:50	1:50	1:50	
Cortes			1:25	1:25	1:50	1:50	1:50	1:50	
Planta y perfil	1:50	1:50			1:2000				1:50

Nota: Los colores en la tabla 12 representan las escalas recomendadas de diseño; las casillas en blanco suponen que no están definidas por el OR, sin embargo todo diseño deberá ser diseñado bajo una escala definida.

2.1.5 Formato y plegado. Para la presentación de los diseños eléctricos es importante tener en cuenta que los formatos se definen por su tamaño expresado en milímetros. Para la presentación de planos se ha normalizado las dimensiones los cuales están indicados en la Tabla 13 y deben ser

seleccionados de acuerdo con la cantidad de información y detalle que se requiere incluir, de tal manera que sea clara, concisa y legible al momento de imprimir (EPM, 2017).

Tabla 13.

Tamaño de papel según formato.

Formato	Área, (m^2)	Dimensiones, (mm)	Número de módulos A4
A0	1	841*1189	16
A1	1/2	594*841	8
A2	1/4	420*594	4
A3	1/8	297*420	2
A4	1/16	210*297	1
A5	1/32	148*210	1/2

Nota: Adaptado de (NTC 1687, 1981)

Los planos en cualquier formato se pueden plegar hasta que tome las dimensiones del formato A4. En la figura 8 se muestra la forma correcta de realizar los plegados teniendo presente que siempre se deberá dejar visible en la cara frontal el rotulo para el reconocimiento sin el desdoblamiento. Desde el formato A0 se obtienen los demás formatos doblando por a mitad el formato anterior. Así el formato A1 en la mitad del A0, El A2 es la mitad del A1, el A3 es la mitad del A4 y A4 es la mitad de A3.

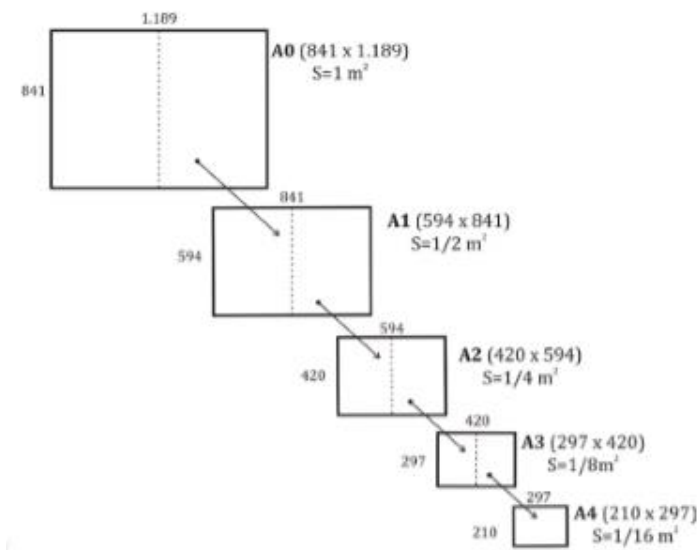


Figura 7. Formato y plegado. Adaptado de (UPTC, 2019)

2.1.6 Escritura y magnitudes. Los textos empleados en la elaboración de planos cumplen la labor de identificar y explicar los esquemas que no son entendibles con solo su visualización, para ello se dan las siguientes recomendaciones:

- Se escribirá el mismo símbolo de la unidad tanto para plural como para singular
- Al escribir nombre de una unidad, se usarán las reglas de la gramática española.
- Cada unidad y cada prefijo tiene un solo símbolo y no debe ser modificado parcial ni totalmente.
- No se deben usar abreviaturas, se deberá escribir la totalidad de la palabra.
- El nombre completo de las unidades se debe escribir con letra minúscula, con la única excepción del grado Celsius, salvo en el caso de comenzar la frase o luego de un punto.
- Las unidades sólo podrán designarse por su símbolo reconocido internacionalmente o por su nombre completo escrito en lengua castellana.
- No se dejará espacio entre prefijo y símbolo

- El producto de símbolos se indica por medio de un punto.
- No se colocarán signos de puntuación luego de los símbolos de las unidades, sus múltiplos o submúltiplos, salvo por regla de puntuación gramatical, dejando un espacio de separación entre el símbolo y el signo de puntuación
- Todos los símbolos utilizados en el plano de un diseño eléctrico se deberán consignar en la tabla de convenciones.

2.1.7 Información de campo. Los planos eléctricos se deben elaborar a partir de los planos arquitectónicos y civiles de la instalación, conservando la armonía entre las redes eléctricas y demás sistemas que componen el urbanismo.

En el diseño se debe reunir toda la información proporcionada por el cliente y realizar visitas al terreno para conocer la ubicación, las redes hidráulicas, redes sanitarias y redes de gas para que no interfieran con la instalación eléctrica. Se recomienda solapar los diseños eléctricos con los demás sistemas para evitar problemas posteriores en la construcción y en consecuencia el rediseño por no ser compatible con las demás redes funcionales de una construcción. Estos problemas se pueden evitar si se diseña la instalación usando la metodología BIM (Building Information Modeling), en donde se genera un único modelo de instalación (edificio) mediante la utilización y colaboración de todas las disciplinas (civiles, eléctrica, hidráulica, sanitaria, gas, etc.)

2.2 Tipos de planos en una instalación eléctrica de uso final

Los principales tipos de planos que se deben generar en el diseño de una instalación eléctrica de uso final se detallan a continuación.

2.2.1 Plano de localización. Es un dibujo técnico el cual su principal objetivo es identificar la construcción o proyecto en el cual se quiere hacer referencia en los diseños eléctricos, éste esquema debe contener la mayor información posible, sus aplicaciones agrupan la totalidad de las construcciones incluida las redes eléctricas posibles con su código de apoyo.

El levantamiento de información es imprescindible para identificar la localización del proyecto, es así que se recomienda la visita del terreno, no basta con el conocimiento del proyecto por medio de planos, fotografías o imágenes desde el internet, el éxito de un buen diseño está en conocer todas las variables del entorno. Con la recolección de información también se busca reunir características generales del proyecto y, por lo tanto, dar respuesta a aspectos que deben quedar plasmados en el diseño. (EPM, 2017). Para la construcción del plano de localización se recomienda tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a. El norte geográfico es imprescindible.
- b. El diagrama debe contener puntos de referencias como sitios reconocidos, ríos, vías principales, vías férreas, puentes, establecimientos comerciales concurridos. En zonas rurales es importante levantar los caminos, carreteras identificando las veredas, sectores y estaciones para identificar las casas cercanas o algún nombre de referencia.

c. En la medida de lo posible de deben acotar distancia desde el punto de referencia hasta la ubicación del proyecto.

d. Se debe identificar la nomenclatura en proyectos como urbanizaciones, loteos, bodegas, parcelas; así mismo la ruta de llegada hasta el elemento más lejano del proyecto.

e. debe ser ubicado o referenciado un transformador cercano al proyecto sea nuevo o existente, identificando el código de apoyo del posta más cercano, redes y su distinción

f. Para los proyectos en los cuales se requiera la licencia de construcción, la dirección debe corresponder con la establecida en este documento.

g. En proyectos ubicados en zonas rurales, en el diagrama de ubicación debe incluirse la ruta para llegar hasta el lugar de interés, presentando en la medida de lo posible los kilómetros de avance a lo largo del recorrido y referenciándolos a puntos destacados.

No es admisible la presentación de pantallazo de Google Earth o Google Strep como plano de localización. En la figura 9 se muestra el ejemplo de un plano de localización en el que se prioriza la identificación de calles, lugares más populares, norte geográfico, entre otros aspectos.

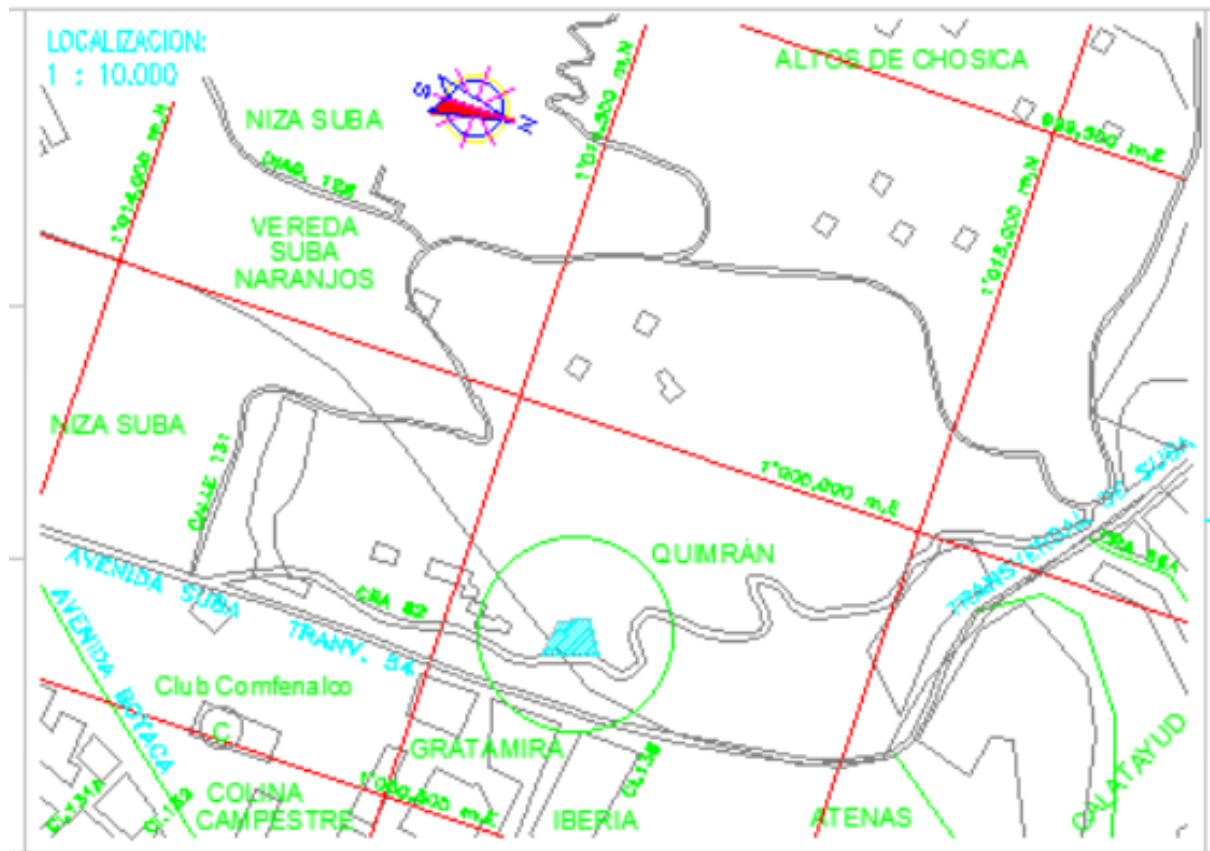


Figura 8. Ejemplo plano de localización

2.2.2 Diagrama unifilar. El diagrama unifilar sirve para representar gráficamente una instalación eléctrica o parte de ella. Este diagrama se distingue de otros tipos de planos eléctricos dado que todos los conductores de un circuito (o tramos) se representan mediante una única línea, independientemente de la cantidad de cables. El diagrama unifilar tiene una estructura de árbol y sus elementos típicos son:

- **Los tableros eléctricos:** todos los componentes que se encuentran en el interior de un mismo tablero eléctrico (se recomienda un rectángulo con una línea oblicua). Este polígono representa al tablero eléctrico y se suele dibujar con una línea discontinua. Además, se debe usar

una etiqueta de identificación del tablero, por medio de un rótulo técnico que se coloca usualmente en el margen superior derecho.

- **Los circuitos:** un circuito es un ramal del esquema unifilar con dos extremos. El extremo superior es el inicio del diagrama unifilar o puede estar conectado a otro circuito aguas arriba. El extremo inferior de la rama puede estar conectado a un tablero o a un receptor.

- **Número y características de los conductores:** El número de conductores de un circuito se representa mediante unos trazos oblicuos, y paralelos entre sí, que se dibujan sobre la línea que representa la rama. Junto a cada rama se indican las características del conductor, el calibre y número de conductores, sección, material, aislamiento, canalización, etc.

- **Dispositivos de protección o maniobra:** En algunos circuitos del esquema unifilar es posible encontrar elementos de protección o de maniobra como son: interruptores diferenciales, termomagnéticos, relés, seccionadores, fusibles, etc.

- **Los tableros eléctricos:** Todos los componentes que se encuentran en el interior de un mismo tablero eléctrico se representan en el interior de un polígono (un rectángulo). Este polígono representa al tablero eléctrico y se suele dibujar con una línea discontinua. Además, se debe usar una etiqueta de identificación del tablero, por medio de un rótulo técnico que se coloca usualmente en el margen superior derecho.

- **Los circuitos:** Un circuito es un ramal del esquema unifilar con dos extremos. El extremo superior es el inicio del diagrama unifilar o puede estar conectado a otro circuito aguas arriba. El extremo inferior de la rama puede estar conectado a un tablero o a un receptor.

- **Número y características de los conductores:** El número de conductores de un circuito se representa mediante unos trazos oblicuos, y paralelos entre sí, que se dibujan sobre la línea que

representa la rama. Junto a cada rama se indican las características del conductor, el calibre y número de conductores, sección, material, aislamiento, canalización, etc.

- **Dispositivos de protección o maniobra:** en algunos circuitos del esquema unifilar es posible encontrar elementos de protección o de maniobra como son: interruptores diferenciales, termomagnéticos, relés, seccionadores, fusibles, etc.

- **Salidas eléctricas:** las ramas o circuitos inferiores del diagrama unifilar alimentan a las cargas o salidas eléctricos (receptores), tales como lámparas, tomacorrientes, motores, etc. Cada grupo de salidas iguales en un mismo circuito se representa mediante un único símbolo. Debajo del símbolo de la salida se indican algunos datos de interés, como la identificación de la salida, la cantidad, la potencia o demanda eléctrica, la longitud del circuito, la caída de tensión en el punto más lejano, etc.

En los proyectos donde se encuentran las subestaciones los operadores de red dan indicaciones de la información mínima a consignar para cada elemento del diagrama, a continuación se dan algunos lineamientos que se adaptaron de (EPM, 2017) :

a. Red de suministro de energía: Es el circuito del sistema de distribución a partir del cual se derivan las instalaciones del proyecto. Generalmente se indica su nombre con una línea que acompaña el número del circuito si se es conocido.

b. Transformadores: se indican con el símbolo internacionalmente acogido o el indicado por el operador de red, acompañado de su potencia en kVA, número de fases, tipo de aislamiento, tensiones de primario y secundario, tipo de conexión y número de placa del transformador, el cual debe coincidir con el asignado en el plano de localización y en el cuadro de cargas.

c. Elementos de maniobra y protección:

- Cortacircuitos: descripción de corriente de cortocircuito así como la nominal, capacidad y tipo de fusible, tensión de operación.
- Dispositivo de protección de sobretensiones (DPS): Material de fabricación, tensión de servicio así como la tensión máxima de operación en régimen continuo (MCOV) y corriente de cortocircuito
- Interruptores: se deberá indicar el número de polos, así como el tipo de interruptor (termomagnético o magnético) indicando la capacidad de corriente de interrupción, corriente de cortocircuito.

d. Conductores: número de conductores, calibre, material (cobre, aluminio, aleaciones, acero, entre otros arreglos), tipo de aislamiento

e. Ductos: material, cantidad, tipo, diámetro, material, distribución de fases y neutros

f. Cargas: se debe especificar capacidad en kVA, especificando factores de demanda y diversificación de la carga si es necesario.

g. Medidores: Especificar el tipo de medidor, número de fases, tipo de medición (directa, semi-directa o indirecta), indicar si es multifunción y/o multi-energía, tensión y corrientes de trabajo, parámetros que permite hacer medición e índice de clase.

h. Transformadores de corriente: se deberá relacionar la clase, tensión de trabajo, relación de transformación, burden, cantidad, corriente térmica y dinámica si está conectado en media tensión

i. Transformadores de tensión: relación de transformación, clase, burden y cantidad.

j. Tableros: capacidad de corriente, numero de circuitos, tensión de trabajo, capacidad de corriente de los barrajes, corriente de cortocircuito, capacidad en kVA,

k. Barrajes: corriente nominal, material (cobre, aluminio u otros materiales, identificación de colores y cantidad de barras por fase,

l. Circuitos: capacidad en corriente, tensión y potencia en kVA, calibre de conductores, diámetro del ducto o canalización, cantidad de circuitos, se recomienda numerar todos los circuitos.

m. Regletas: número de conductores, cantidad de vías, material.

n. Electrobarras: tensión y corriente nominal, material, corriente de cortocircuito y grado de protección IP.

La letra en los diagramas unifilares siempre será horizontal, el diagrama se podrá realizar de manera vertical u horizontal, los (nodos) se deben indicar con barras. En caso de que el plano unifilar no contenga los requisitos definidos anteriormente se deberá realizar un diseño en donde se detalle las características de los elementos faltantes.

Los planos unifilares cobran su relevancia en todo el proceso constructivo desde el diseño preliminar hasta la entrega del final del proyecto, pues es mediante este diseño que se puede determinar en forma rápida la estructura de la instalación. En la figura 10 se muestra un ejemplo de un plano unifilar en donde se contempla la derivación de la red de media y la instalación general de baja tensión la cual incluye medición semi-directa y los tableros de distribución.

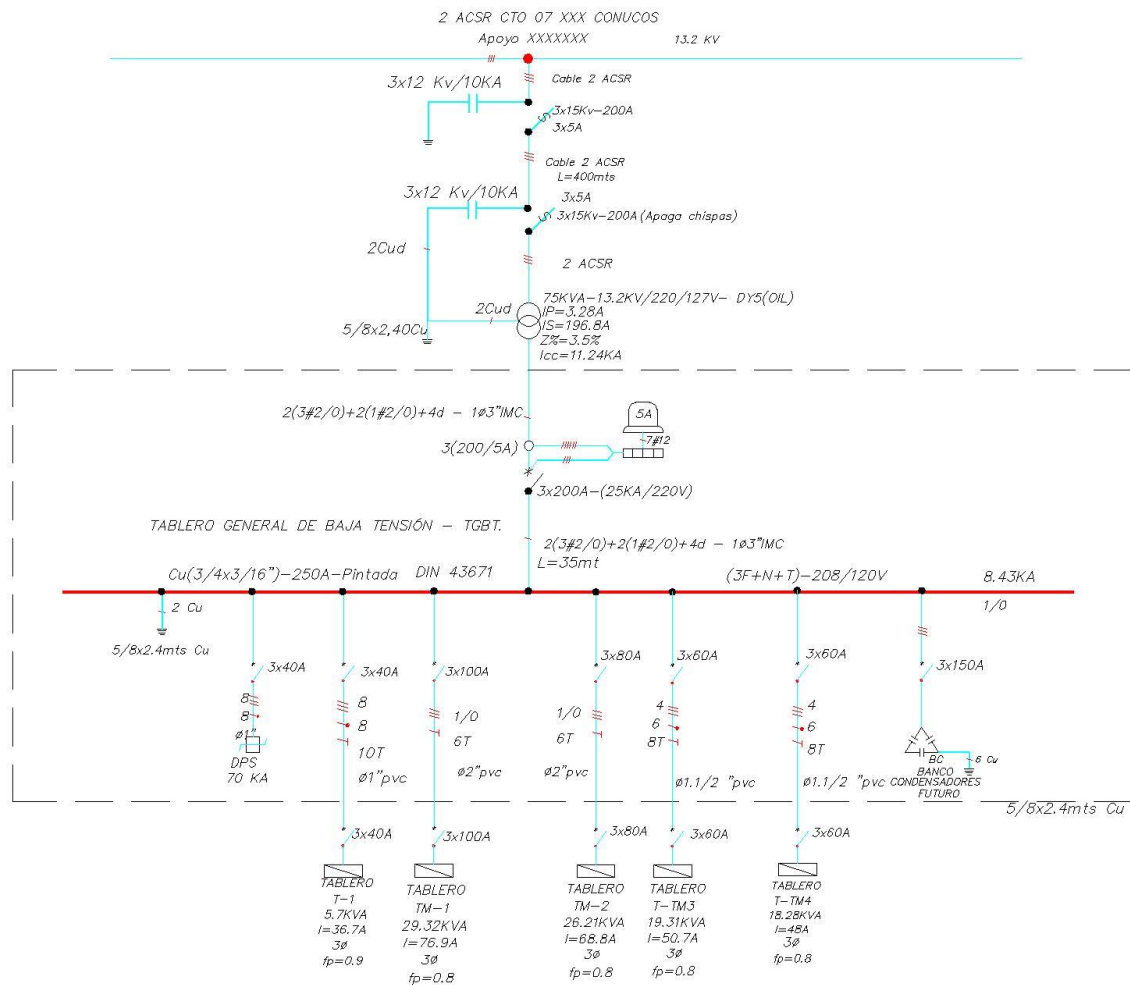


Figura 9. Ejemplo de un diagrama unifilar

2.2.3 Cuadro de carga. Los tableros eléctricos de donde se circuitos ramales (alumbrado, tomacorrientes, equipos) deben ir acompañados de un cuadro de cargas. El cuadro de carga es una tabla que proporciona información de los circuitos ramales que se derivan del tablero. Ese cuadro de cargas debe colocarse en el tablero una vez instalado. La ESSA como operador de red recomienda que un cuadro de cargas contenga información como:

- Cantidad de salidas para alumbrado normal.
- Carga instalada por fase.

- Carga instalada total.
- Cantidad de salidas para tomacorriente normal.
- Cantidad de salidas especiales.
- Factor de potencia promedio.
- Carga instalada total, desbalance, protecciones y demanda máxima.
- Cantidad de salidas para motor.

En la figura 11 se muestra un ejemplo de un cuadro de cargas.

TABLERO	Cto	Motor 1.5HP	Motor 2HP	Motor 3HP	Motor 5HP	Motor 5.5HP	Motor 7.5HP	Motor 15HP	Carga instalada			Carga watts	f.p	Rend	Carga v.a	Ku 0,7	Volt	I amp	cond Tipo	Calibre AWG	Prot	Observaciones
									A	B	C											
Tablero TM 1	1-3-7							1	3.730	3.730	3.730	11.190	0,87	0,87	14.784	10.349	220	27,2	THWN	8	3x50A	Motor 15Hp/11Kw,3Ø,220V,60Hz - Sin Fin
	9-11-13				1				1.243	1.243	1.243	3.729	0,87	0,87	4.927	3.449	220	9,1	THWN	12	3x20A	Motor 5Hp/3.7Kw,3Ø,220V,60Hz - Sin Fin
	15-17-19			1					746	746	746	2.238	0,87	0,87	2.957	2.070	220	5,4	THWN	12	3x15A	Motor 3Hp/2.23Kw,3Ø,220V,60Hz - Sin Fin
	21-23-25		1						497	497	497	1.492	0,87	0,87	1.971	1.380	220	3,6	THWN	12	3x15A	Motor 2Hp/1.49Kw,3Ø,220V,60Hz - Afiliador
	2-4-6				1				1.243	1.243	1.243	3.729	0,87	0,87	4.927	3.449	220	9,1	THWN	12	3x15A	Motor 5Hp/3.7Kw,3Ø,220V,60Hz - Moduladora
	8-10-12				1				1.243	1.243	1.243	3.729	0,87	0,87	4.927	3.449	220	9,1	THWN	12	3x15A	Motor 5Hp/3.7Kw,3Ø,220V,60Hz - Moduladora
	14-16-18						1		1.865	1.865	1.865	5.595	0,87	0,87	7.392	5.174	220	13,6	THWN	12	3x30A	Motor 7.5Hp/5.5Kw,3Ø,220V,60Hz - Moduladora
	Subtotal TCCM	0	1	1	3	0	1	1	10.567	10.567	10.567	31.702	0,7569		41.884	29.318,7	220	76,9	THWN	1/0	3X100A	Cu THWN(3#10-6T)-1Ø2" PVC
Desbalance de fases												0,0%										
Tablero TM 2					1				1.243	1.243	1.243	3.729	0,87	0,87	4.927	3.449	220	9,1	THWN			Homo 3.7Kw,3Ø,220V,60Hz
					1				1.243	1.243	1.243	3.729	0,87	0,87	4.927	3.449	220	9,1	THWN			Homo 3.7Kw,3Ø,220V,60Hz
					1				1.243	1.243	1.243	3.729	0,87	0,87	4.927	3.449	220	9,1	THWN			Homo 3.7Kw,3Ø,220V,60Hz
					1				1.243	1.243	1.243	3.729	0,87	0,87	4.927	3.449	220	9,1	THWN			Homo 3.7Kw,3Ø,220V,60Hz
							1		1.865	1.865	1.865	5.595	0,87	0,87	7.392	5.174	220	13,6	THWN			Motor 7.5Hp/5.5Kw,3Ø,220V,60Hz-Sierra de Mesa
								1	746	746	746	2.238	0,87	0,87	2.957	2.070	220	5,4	THWN			Motor 3Hp/2.23Kw,3Ø,220V,60Hz-Sierra de Mesa
				1					1.865	1.865	1.865	5.595	0,87	0,87	7.392	5.174	220	13,6	THWN			Motor 7.5Hp/5.5Kw,3Ø,220V,60Hz-Cepillo
	Subtotal TCCM	0	0	1	4	0	2	0	9.448	9.448	9.448	26.344	0,7569		37.447	25.213	220	68,8	THWN	1/0	3X80A	Cu THWN(3#10-6T)-1Ø2" PVC
Desbalance de fases												0,0%										

Figura 10. Ejemplo cuadro de carga para una fábrica.

2.2.4 Cuadro de regulación. Este cuadro sirve para indicar la razón entre la diferencia entre la tensión en vacío y a plena carga del receptor con respecto a la magnitud de la tensión a plena carga. El diseñador deberá cumplir con los parámetros establecidos por el RETIE y los OR en aras de garantizar que la caída de tensión no supere el 3% para acometidas y 2% para circuitos tamales, siendo que el porcentaje máximo permitido sea del 5% acumulado. En estos cuadros de regulación usualmente se suele indicar también las pérdidas de potencia en los conductores debido al efecto

joule a demanda máxima. En la figura 12 se muestra un ejemplo de un cuadro de regulación y pérdidas de potencia.

MEMORIAS DE CALCULO DE REGULACIÓN, PÉRDIDAS DE POTENCIA																					
LONGITUDES			CARACTERISTICA DE LA CARGA					VALORES NOMINALES	MOMENTO ELÉCTRICO		REGULACION N [%]		CALIBRE, MEDIDOR Y PROTECCION				Conductores por fase	Pérdidas de potencia			
TRAMO			P	S	FASE	FP	MA T.	CTE	MOMENTO	KG	PER M.	PARCIAL	PROT.	CALIBRE					R [Ω/km]	Pp [kW]	Pp [%]
Inicio	Fin	Total	[W]	[KVA]				[A]	[KVA*m]				[A]	[KVA*m]	[A]						
TRAF	TGBT	25.00	35,625	37.500	2	0.95	Cu	148.44	937.5	31.2440	2	1.523	2x150A	210	4	208	1.00		0.623	0.1098159	0.30826
TGBT	TDL1	15.00	4,016	4.227	2	0.95	Cu	20.32	63.41	227.59	3	0.7500	2X40A	8	10	208	1.00	1.6100	0.0100	0.2484	
TGBT	TDL2	36.00	7,197	7.576	2	0.95	Cu	36.42	272.74	144.6	3	2.0510	2x50A	6	8	208	1.00	2.5600	0.1223	1.6988	
TGBT	TDL3	54.00	6,650	7.000	2	0.95	Cu	33.65	378.00	144.6	3	2.8430	2x50A	6	8	208	1.00	2.5600	0.1566	2.3544	
TGBT	TDL4	45.00	7,600	8.000	2	0.95	Cu	38.46	360.00	144.6	3	2.7070	2x50A	6	8	208	1.00	2.5600	0.1704	2.2423	
TGBT	TDL5	56.00	9,442	9.939	2	0.95	Cu	47.78	556.58	92.403	3	2.6750	2x80A	4	8	208	1.00	0.6230	0.0797	0.8437	

Figura 11. Cuadro regulación y pérdida de potencia

2.2.5 Plano de localización de equipos. El plano de localización de equipos es una vista de planta a escala donde se muestra la distribución de los equipos preponderantes de la instalación. Generalmente este tipo de plano se usa para detallar la ubicación de los equipos de subestación, tableros y cuartos eléctricos de una instalación en donde se deben garantizar los espacios arquitectónicos necesarios para el buen funcionamiento de la instalación eléctrica, por eso los tableros y equipos deben dibujarse a la misma escala del plano arquitectónico. En la figura 13 se muestra un ejemplo del plano de localización de equipos con la identificación de los equipos y tableros allí ubicados.

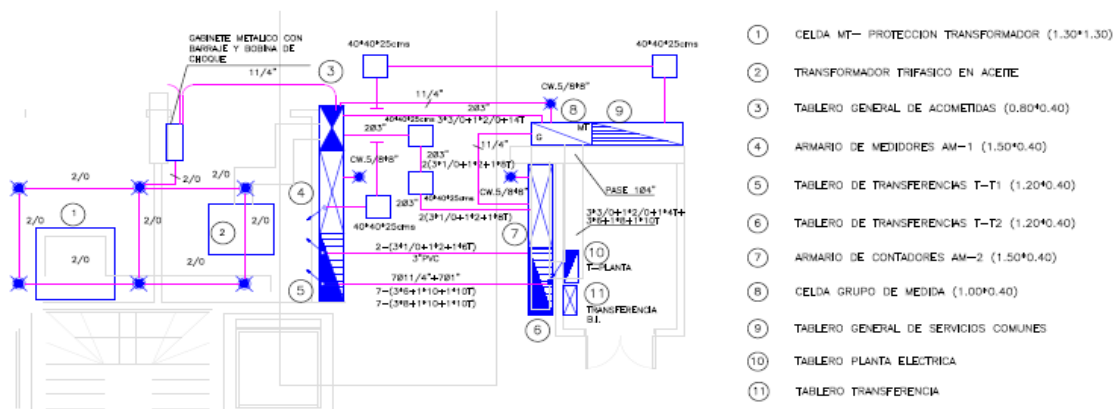


Figura 12. Ejemplo plano ubicación de equipos

El plano de ubicación de equipos también contiene información del sistema de puesta a tierra, de las acometidas y de los alimentadores en concordancia con el diagrama unifilar y los cuadros de regulación.

2.2.6 Detalles del sistema de puesta a tierra. Acorde con el RETIE, el sistema de puesta a tierra es requerido para garantizar que en caso de una falla, las tensiones de paso, de contacto o transferidas no superen los umbrales de soportabilidad del ser humano (RETIE, 2013). Para el diseño, el RETIE recomienda seguir los lineamientos de la norma ANSI/IEEE 80.

En la figura 14 se muestra el plano de diseño de una malla de puesta a tierra con sus detalles constructivos para una subestación eléctrica.

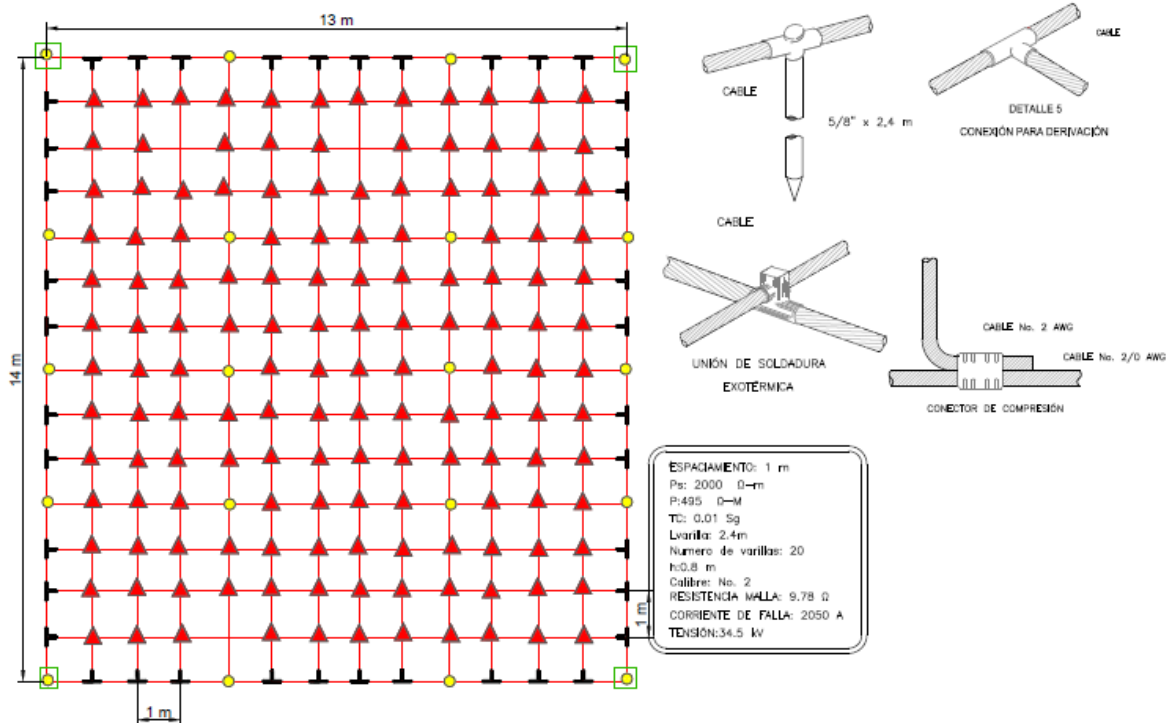


Figura 13. Ejemplo malla sistema de puesta a tierra

2.2.7 Planos de sistema de protección contra rayos. La protección contra rayos de una instalación consiste principalmente de un sistema apantallamiento que consta de elementos de captación del rayo, bajantes y un sistema de puesta a tierra; el sistema se complementa con la instalación de DPS. En el diseño se debe evaluar el nivel de riesgo por rayos, considerando como primera instancia la posibilidad de pérdidas de vidas humanas, pérdida del suministro de energía y otros servicios esenciales como pérdida o graves daños de bienes. También se deben considerar los parámetros del rayo y las medidas de protección que mitiguen el riesgo. El procedimiento para su diseño recomendado por el RETIE es el establecido en las normas IEC 62305 o la NTC 4552 (RETIE, 2013). Algunas recomendaciones a tener en cuenta en el diseño del sistema de protección contra rayos son:

- a. El sistema de puesta a tierra dedicada a la protección contra rayos deberá ser diferente a la dispuesta para los sistemas eléctricos de fuerza y alumbrado.
- b. Para el cálculo de los parámetros de diseño del sistema se recomienda utilizar un procedimiento aplicable según el tipo de estructura a proteger: método esfera rodante, método del ángulo de protección o método del enmallado. Los métodos se pueden complementar.
- c. Las puntas captadoras y los conductores deberán ceñirse a la tabla 16.1 del RETIE
- d. El número de bajantes no debe ser inferior a dos y deben ubicarse en el perímetro de la estructura según lo establece el RETIE.
- e. Cada bajante deberá terminar en una puesta a tierra y todos los electrodos deberán conectarse equipotencialmente.

En la figura 15 se muestra el plano de vista frontal de apantallamiento de una construcción de dos plantas. Se describe el número de electrodos como también las dimensiones de las puntas captadoras de rayos.

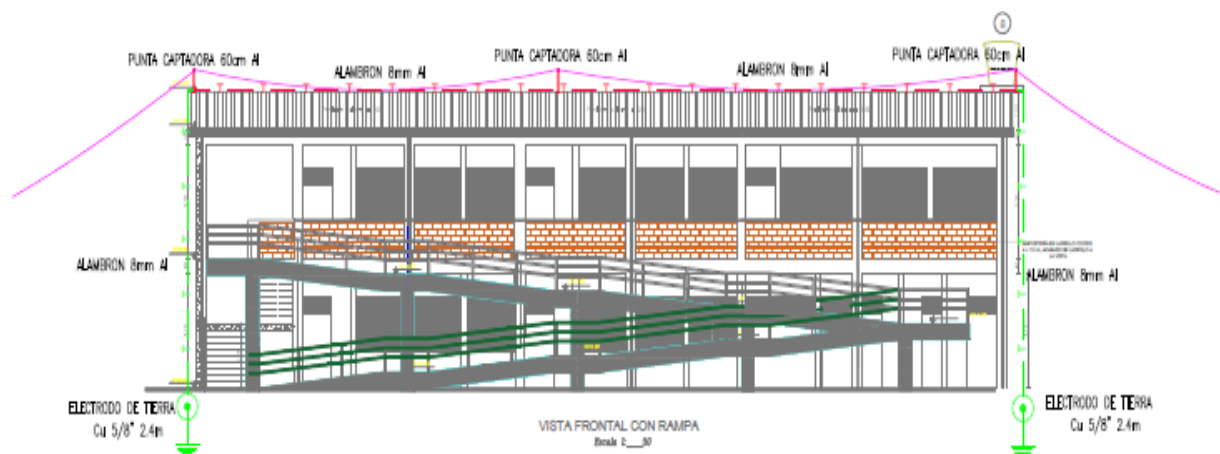


Figura 14. Plano sistema de apantallamiento

2.2.8 Vistas isométricas. La vista isométrica es una representación tridimensional gráfica sobre uno objeto o grupo de elementos, en la cual se describen de manera detallada las partes constructivas y de conexión. Forman parte esencial de la ingeniería de detalle ya que logran mostrar aspectos que en un plano de una sola vista no se logran visualizar.

En la ingeniería eléctrica estos detalles de las vistas permiten clarificar aspectos que no son evidentes en los planos unifilares y de localización, dando una perspectiva más amplia, estos detalles se deben considerar en el momento del montaje para una adecuada interpretación y validación. La cantidad de detalles varía según el tipo y complejidad de cada proyecto. En la figura 16 se muestra como ejemplo la vista isométrica para una caja de contador tipo B según norma

ESSA, en donde se pueden apreciar las dimensiones frontales y la profundidad con los correspondientes detalles para la construcción.

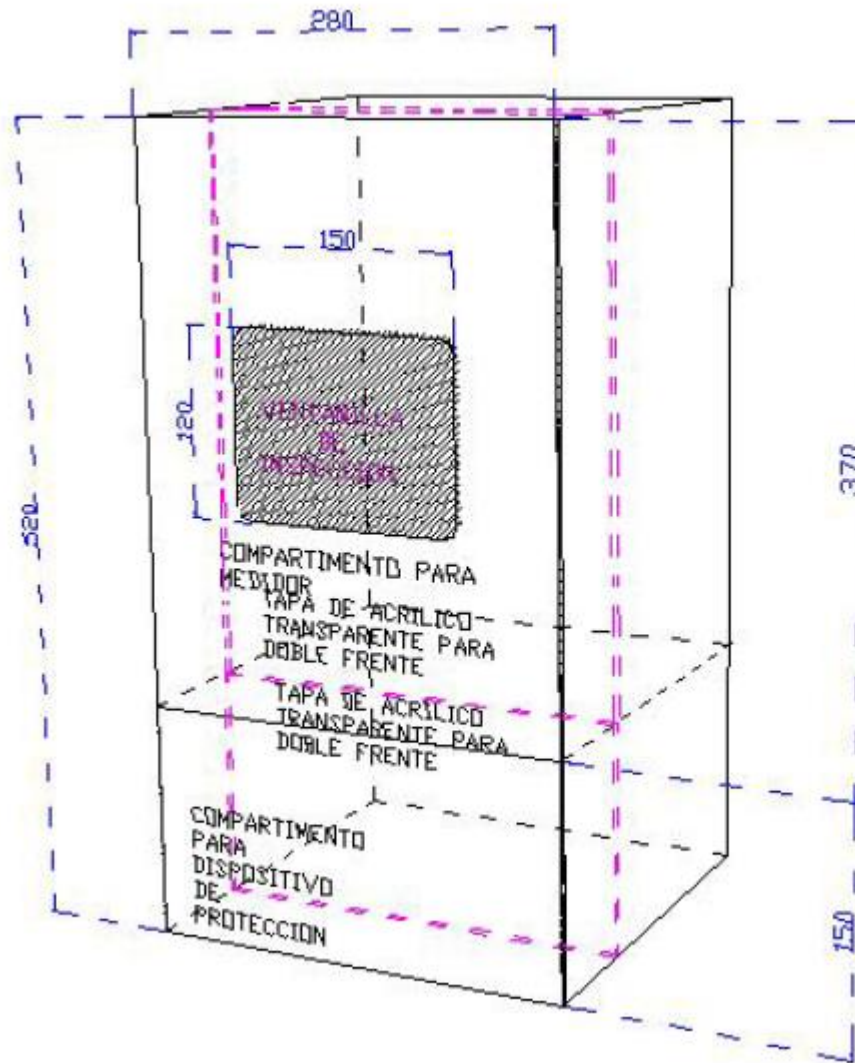


Figura 15. Ejemplo de una vista isométrica para una caja de contador. Adaptado de: (ESSA, 2010).

2.2.9 Vista de planta. En este tipo de vista ayuda a establecer los caminos horizontales de los sistemas, presentando una imagen global del proyecto, visualizando los ductos, cajas y transiciones, muros, cotas, así mismo se debe indicar la disposición de los equipos (nombrando cada uno de ellos) , la aplicación de estas vistas en las subestaciones es de gran importante

ayudando a ubicar detalles relevantes como la ventilación, especificaciones mínimas de las puertas y los muros, ilustrando áreas contiguas, cerramientos, trampa de aceite (cuando aplique), trazos de ductos y cableado, puntas captadoras (EPM, 2017). En la figura 17 se muestra el diseño de un sistema de apantallamiento en vista de planta de una edificación de dos niveles.

Estos diseños pueden darse para:

- Línea de conducción de la acometida y alimentadores.
- Tableros de medidores gabinetes de control.
- Transformadores tipo pedestal o exterior.
- Sistemas de apantallamiento

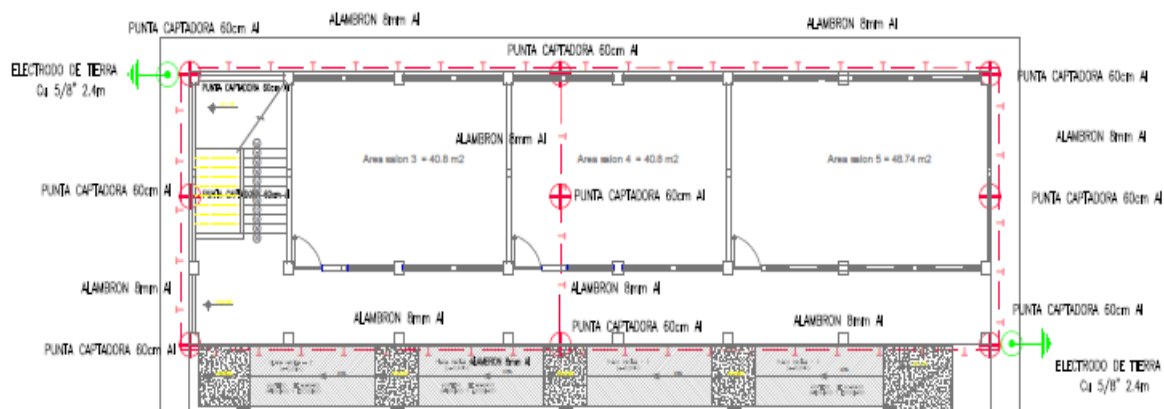


Figura 16. Ejemplo de un plano con vista de planta.

2.2.10 Vista de detalles. Este tipo de vista es recurrente para definir detalles específicos sobre la construcción definiendo distancias y proyecciones verticales y horizontales, mostrando alturas máximas y mínimas críticas, distancias de seguridad con otras edificaciones y redes existentes o proyectadas, cotas y especificando la altura a instalar de cada elemento (EPM, 2017). En la figura

18 se muestra el diseño detallado de un tablero general de medida ubicado en el subterráneo de un edificio multifamiliar.

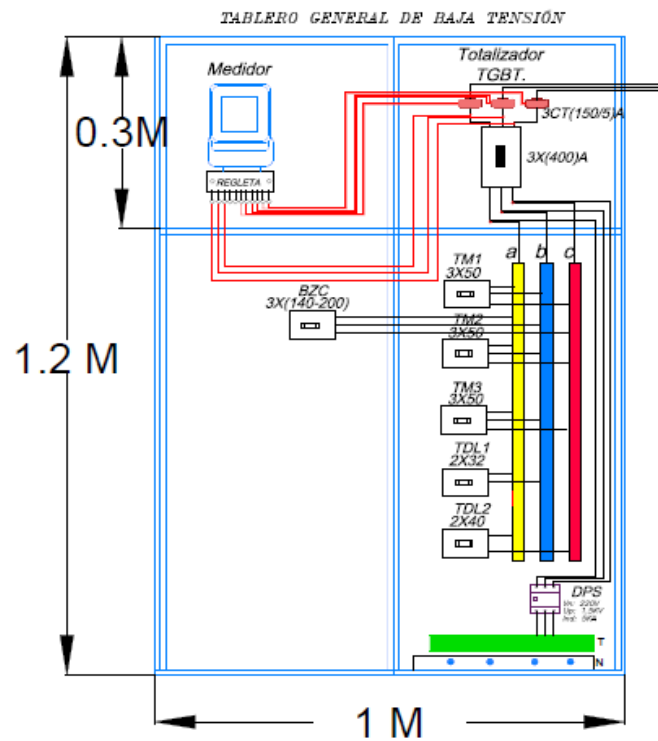


Figura 17. Ejemplo vista de detalle

Estos diseños pueden darse para:

- Vista de distancias de seguridad.
- Secciones viales, detalles transversales y longitudinales de las canalizaciones.
- Definir alturas de salidas de fuerza e iluminación.
- Cuartos eléctricos.
- Tableros de medidores y TGA en circulaciones.
- Gabinete o tablero de medida.
- Transformador tipo pedestal o exterior

3. Proceso de elaboración, aprobación y actualización de planos

El desarrollo de un proyecto eléctrico empieza con el planteamiento de una necesidad. El diseñador deberá desarrollar primero la ingeniería conceptual para formular alternativas a partir de la información de la necesidad suministrada por el cliente, así como de la información recopilada en el terreno.

La información para los planos eléctricos se debe realizar antes de iniciar obras civiles, y su construcción se debe adelantar de manera coordinada con la estructura civil, sanitaria, hidráulica, etc.

La información requerida para poder dar inicio al diseño de un proyecto consiste básicamente en:

- La ubicación geográfica del terreno o lugar del proyecto
- Establecer el uso y el fin de la instalación.
- Identificar la red eléctrica existente y los posibles puntos de conexión (media o baja tensión).
- Indagar sobre los equipos y cargas que se instalarán para establecer el tipo de conexión.
- Establecer fechas para entrega de diseños.
- Establecer un valor preliminar del presupuesto de la obra eléctrica.
- Definir los aspectos legales y documentación necesaria para la consolidación del proyecto.

3.1 Orden de la realización de planos eléctricos en instalaciones de uso final

En la fase conceptual, los planos eléctricos que se desarrollan son principalmente los siguientes:

- Ubicación o localización
- Diagrama unifilar
- Localización de equipos en planta
- Planos de acometidas

En la fase de ingeniería básica se complementan los planos y esquemas elaborados en la ingeniería conceptual. Los planos que se desarrollan son principalmente:

- Plano de localización
- Diagramas unifilares
- Planos de cableado en planta
- Localización de equipos
- Esquemas funcionales de la instalación
- Planos de acometidas

Los planos elaborados en ingeniería básica no son aptos para la construcción de la instalación.

Finalmente, en la fase de ingeniería de detalle, se desarrollan todos los planos con precisión y que serán emitidos para construcción. Estos planos son:

- Diagramas unifilares y multifilares
- Diagramas de comando, protección y enclavamiento
- Plano de disposición de equipos en planta

- Plano de acometidas
- Planos verticales y vistas de corte
- Planos de cableado de tableros
- Planos de cableados entre paneles y equipos de playa
- Listado de cables y ductos
- Planos de sistema de puesta a tierra
- Planos del sistema de protección contra rayos
- Planos de cableado de salidas en planta (fuerza e iluminación)

Se debe tener presente que la información contemplada en los planos es respaldada por las memorias de cálculo, las especificaciones técnicas de construcción y el presupuesto de la instalación. En la figura 19 se establece una secuencia en el proceso de elaboración de planos en instalaciones eléctricas una vez culminada la etapa de recolección y análisis de la información.

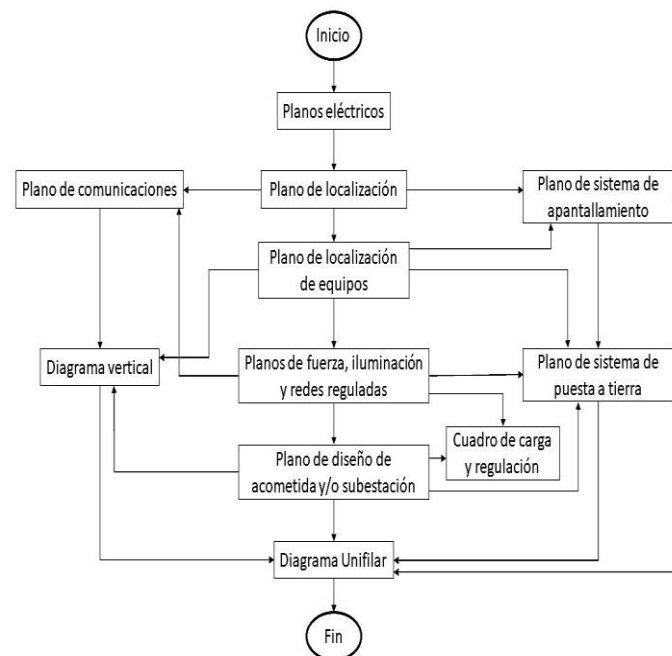


Figura 18. Secuencia elaboración de planos

En la tabla 14 se muestra un listado de planos típicos según el tipo (dedicación) de instalación de uso final.

Tabla 14.

Listado planos mínimos según instalación

Plano	Vivienda unifamiliar	Vivienda multifamiliar	Edificios de oficinas y comercio	Entidades oficiales	Industria
Unifilar	√	√	√	√	√
Alumbrado y fuerza	√	√	√	√	√
Sistema de puesta a tierra		√	√	√	√
Apantallamiento		Ver NTC 4552	√	√	√
Localización	√	√	√	√	√
Diagrama vertical		√	√	√	√
Comunicaciones		√	√	√	√
Sistema regulado			√	√	√
Localización de equipos					√
Detalles y vistas		√	√	√	√
Acometida	√ Si $D_{m\acute{a}x} > 10$ kVA	√	√	√	√

Es de tener en consideración que, en las instalaciones eléctricas a mayor potencia de consumo, mayor es el grado de complejidad de la red y por consiguiente se debe detallar la instalación con más precisión, puesto que cualquier falla en el diseño repercute en la construcción y puesta en marcha de la misma.

3.2 Distribución del espacio en un plano eléctrico

En Colombia, los planos de la acometida y de la subestación deben presentarse al operador de red para que realice la conexión de la instalación. Estos operadores de red disponen de formatos

propios que deben ser atendidos por los diseñadores. Los elementos mínimos exigidos por los operadores de red para la conexión de instalaciones de uso final son (ESSA, 2010):

- Ubicación del proyecto.
- Cuadro de regulación MT y/o BT.
- Ubicación de medidores.
- Dimensiones equipos (transformador, TGBT, medidores y gabinetes).
- Detalle de punto de conexión.
- Red existente y proyectada.
- Diagrama unifilar.
- Detalles de cajas de paso.
- Demanda máxima.
- Diagrama vertical.
- Selección de CT'S.
- Cálculo de Burden.

En la tabla 15 se define un ejemplo de un operador de red de los diseños de estricta obligatoriedad, se debe tener en cuenta que estos diseños no son los únicos exigidos, se tratan de los mínimos establecidos en los diseños eléctricos.

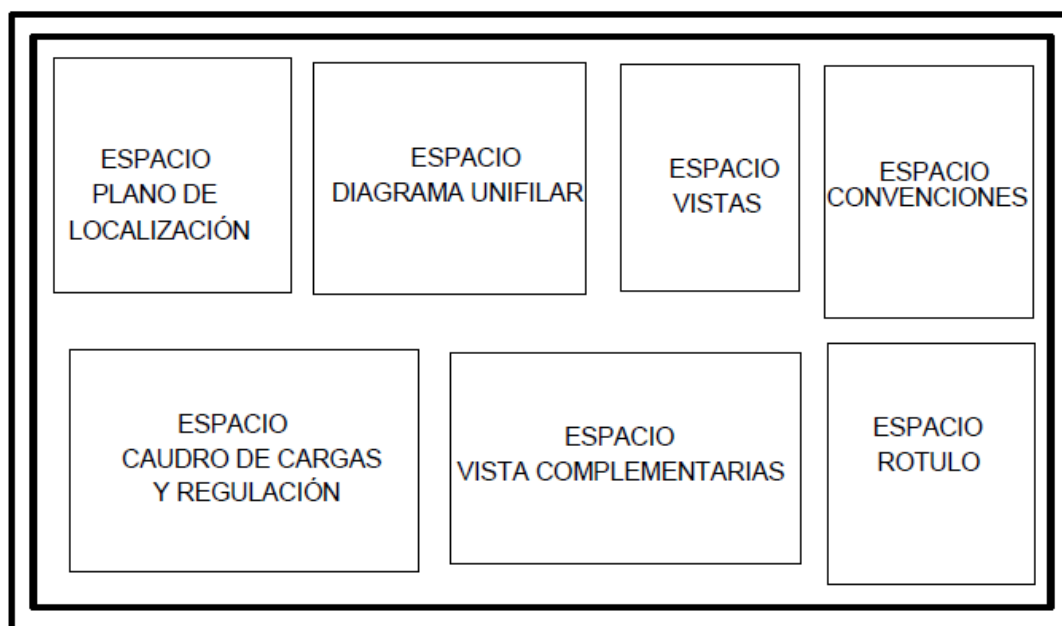
Tabla 15.

Elementos, cálculos y diseños mínimos de un plano ante un OR

Diseño	Obligatoriedad
Ubicación del proyecto	Si
Cuadro de regulación MT y/o BT	Si
Ubicación de medidores	Si, mirar aplicación
Dimensiones equipos (transformador, TGBT, medidores y gabinetes)	Si, mirar aplicación
Detalle de punto de conexión	Si
Red existente y proyectada	Si, mirar aplicación
Diagrama unifilar	Si
Detalles de cajas de paso	Si, mirar aplicación
Demanda máxima	Si
Diagrama vertical	Si, mirar aplicación
Selección de CT'S	Si, mirar aplicación
Cálculo de Burden	Si, mirar aplicación

Nota: Adaptado de (ESSA, 2010)

En la figura 20 se muestra un ejemplo de cómo ocupar los espacios en un plano eléctrico, una distribución generalizada, se indica que no es la única forma de distribución, el ingeniero diseñador es autónomo de condensar la información en el plano a gusto.

*Figura 19.* Distribución general de información en plano.

3.3 Legalización de planos ante el operador de red

La legalización del diseño eléctrico ante el operador de red constituye una de las fases finales del proceso de diseño de instalaciones eléctricas de uso final. Los operadores de red validan el cumplimiento de ciertos requisitos técnicos y administrativos para dar visto bueno a la conexión del servicio. En la figura 21 se muestra los tres pasos del proceso de legalización de planos ante el operador de red.

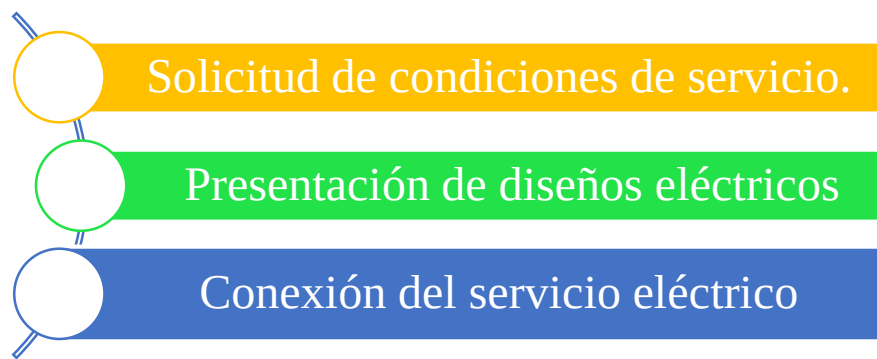


Figura 20. Etapas de legalización de diseños ante el operador de red

3.3.1 Solicitud de condiciones de servicio. Este proceso se hace necesario para conectar cualquier carga nueva o aumento de la misma a la red, los distribuidores de energía evaluarán si la carga entrante al sistema se puede sustentar con la infraestructura actual o si por el contrario se deberá adelantar trabajos de repotenciación. Se deberá tramitar disponibilidad del servicio de energía solo en los siguientes casos:

- Cuando la protección de la acometida es supere los 40 amperios o lo establecido por cada O.R,
- Cuando a nivel urbano la instalación es trifásica, y a nivel rural si el servicio solicitado es trifilar o trifásico
- Cuando la instalación o proyecto requiere de la construcción de redes de distribución

- Cuando la conexión se realice a una red o a un transformador de propiedad de un tercero
- Cuando la demanda máxima supere los 10 kVA se requiera la presentación de plano eléctrico

ante el OR

Si la instalación no cumple con los anteriores requisitos se deberá tramitar el formato de factibilidad, adicionalmente para disponibilidad y factibilidad de se deberá anexar plano de localización si es en zona rural. Si el proyecto afecta o tiene interferencia con predios privados se deberá presentar permiso de paso o servidumbre de autorización.

La disponibilidad de energía se podrá solicitar tanto por baja y/o media tensión y es aplicable a instalaciones de nueva carga, modificación de una existente (aumento o disminución de carga), cambio del nivel de tensión, provisional de obra.

3.3.2 Radicación, aprobación de diseños eléctricos. Para la presentación de planos eléctricos se requiere documentos de tipo legal y técnico que son relevantes al proceso de radicación y posterior aval de diseños para luego su conexión al Sistema de Distribución, y se deberá tener las siguientes recomendaciones para la presentación física de los planos.

a. El plano eléctrico deberá sobresalir por encima del urbanismo, cartográfico, arquitectónico y estructural.

b. Para esquema eléctrico, la impresión deberá ser en color negro y las líneas tendrán que definiesen

c. Todo aquello que no corresponde a los esquemas eléctricos, como la cartografía o urbanismo debe ser impreso en color gris y con un tamaño de línea correspondiente al de mínimo grosor.

d. Para mejor interpretación y estética en la impresión de los planos y proyectos, los símbolos deben ser escalados y proporcionales de acuerdo con la escala de impresión, deben tener un tamaño acorde al dibujo, que permita su lectura e interpretación. El tamaño de los símbolos debe estar entre 5 mm y 10 mm entre puntos extremos, teniendo como referente que un poste puede ser presentado con un diámetro de 5 mm y un transformador con un diámetro de 7 mm.

e. Al igual que los símbolos el deberá ser escalado, siendo de un tamaño legible, que permita su lectura cuando el plano sea impreso, la altura de los textos una vez impreso el proyecto no deberá ser inferior a 2mm.

3.3.3 Documentación Técnica. Junto con la presentación física del plano se debe anexar documentación técnica que se resumirá en un informe que seguirá la siguiente estructura.

a. Portada: debe contener los datos más relevantes como nombre y dirección del proyecto, nombre del propietario, datos del diseñador como nombre, número de tarjeta profesional, cedula, número de contacto, email , Ciudad y fecha de presentación.

b. Se deberá insertar una tabla de contenido, para felicitar la evaluación del proyecto.

c. Para los proyectos que contengas tablas, realizar índice de las mismas

d. Para los proyectos que contengas figuras, realizar índice de las mismas.

e. Realizar una pequeña ilustración sobre el proyecto en donde se describa el tipo del proyecto y el alcance del mismo que se está presentando.

f. El ingeniero diseñador deberá anexar para la presentación la presentación del proyecto las memorias de cálculo, las cuales deben contener:

- Parámetros de diseño, el diseñador deberá tener presente al momento de diseñar parámetros como niveles de tensión, distancias de seguridad , demanda máxima requerida, corrientes nominales y de cortocircuito y condiciones propias del terreno como las medioambientales, climáticas y topográficas, las cuales permiten predecir el comportamiento de la instalación.

- Para proyectos que no contemplen transformadores en poste se deberá anexar el cálculo de corrientes de cortocircuito.

- Selección de conductores, incluyendo cuadros de carga, cuadros de regulación, perdidas de energía y potencia.

- Selección y dimensionamiento de transformadores, corriente de cortocircuito, nivel de tensión de trabajo, factor de potencia, efecto de los armónicos, tipo de conexión , cálculo y dimensionamiento de trampas y fosos para la contención de aceite según sea la necesidad

- Medidores de energía y transformadores de medida: Tipo de medición, clase, cálculo del error porcentual según cada O.R.

- Cálculo de la demanda máxima según NTC 2050 o procedimiento del O.R.

- Cálculo del sistema de puesta a tierra y apantallamiento

- Cálculo y especificaciones de bombas contraincendios, sistemas de emergencia

3.3.4 Documentación anexa. Junto con el diseño eléctrico y el informe técnico se deberá anexar documentación de carácter administrativo y legal para formalizar el proceso.

- a. Original y copia de plano
- b. Certificado de estratificación
- c. Disponibilidad de energía aprobada
- d. Copia de tarjeta profesional del diseñador

El diseñador deberá estar previamente inscrito en la base de datos del operador de red al cual se le va a presentar el diseño, se recomienda hacer la inscripción antes de la presentación y radicación del diseño, toda vez que, el tramite se demora una semana en quedar en firme, De igual manera se debe presupuestar dentro del diseño la cancelación del estudio y evaluación de los diseños por parte de la entidad evaluadora, el costo de este trámite lo estipula cada operador de red.

3.4 Proceso de actualización y finalización de un plano.

Los planos son parte del registro final de un proyecto y es precisamente allí donde toman su más notable valor. Durante el proceso constructivo o de legalización de la instalación, se pudieron haber hecho cambios respecto al diseño original, ya sea por ajustes de norma, por criterio propio del cliente o por simplemente no haber contemplado en los diseños iniciales todos los elementos requeridos.

3.4.1 Versiones de un plano. Antes de iniciar la ejecución de un plano, se sugiere la elaboración de un croquis a mano alzada con las consideraciones básicas del mismo, resaltando lo que se quiere mostrar en dicho plano. El plano se elabora usando software especializado y se remite "PARA APROBACIÓN" y de esta etapa puede salir validado con o sin observaciones. Una vez

completadas las revisiones necesarias, se emite el plano "APTO PARA CONSTRUCCIÓN" o "APROBADO PARA CONSTRUCCIÓN". Esta información con la versión del plano se debe registrar en el rótulo del plano como se muestra en el ejemplo de la figura 22.

R5					
R4					
R3					
R2					
R1	VERSION MODIFICADA POR TOPOGRAFIA	O.A.Q.Q	15/05/2019	G.D.B.B	
R0	VERSION INICIAL	O.A.Q.Q	17/12/2018	G.D.B.B	
Nº	REVISIONES	APROBÓ	FECHA	DIBUJÓ	FIRMA

Figura 21. Información en el rótulo con la versión del plano

Los planos pueden requerir de varias revisiones hasta que llega la aprobación, por lo cual es necesario definir la convención apropiada para reconocer las diferentes revisiones.

La mayoría de empresas grandes siguen la siguiente convención:

- **(-):** es la convención para la primera revisión
- **(a), (b), (c):** es la convención para revisiones sucesivas, destacándose con nubes las diferencias respecto de la revisión anterior.

En un momento determinado del proceso, una revisión será "**APROBADA**", en consecuencia, se emite una nueva versión "**PARA CONSTRUCCIÓN**". La convención usada es la siguiente:

- **(0): versión "CERO", apta para construcción, o aprobada para construcción.** En esta nueva versión se eliminan las nubes y es deseable que no se presenten nuevas modificaciones. No obstante, si el proyecto requiere más modificaciones, se emiten planos con nuevas revisiones. Para distinguir estas revisiones de las anteriores, se identifican con número (1), (2), ...

- **(1), (2), (3)...:** son las nuevas versiones del plano "APTO PARA CONSTRUCCIÓN"

Las revisiones posteriores a la cero (0) apto para ejecución, deben realizarse evaluando previamente la magnitud de las mismas, y considerar si dichas modificaciones se pueden realizar a tiempo en la obra.

En la tabla 16 se muestra un resumen de la convención sugerida para la identificación de los planos según sus versiones.

Tabla 16.

Identificación de las versiones de un plano

Revisión	Descripción
Revisión A, B, ect.	Primeras versiones del diseño emitidas para revisión técnica
Revisión 0	Emisión final del plano, planos aprobados
Revisión 1, 2, etc.	Emisiones que contienen ajustes al documento final
Revisión A&B	Emisiones de As- Built

Nota: Adaptado de (ECP-VST-G-GEN-IT-002, 2012)

3.4.2 Planos RED LINE. Es una revisión de campo de un documento de ingeniería en donde se refleja la construcción real, sus variación con respecto al último plano aprobado. La realización de estos planos constituye la base fundamental para la elaboración de los planos AS- BUILT. Para la obtención de estos planos se deben respetar los códigos de colores y se van dejando registrados los cambios de la obra nueva, modificaciones realizadas durante las obras de mantenimiento y las modificaciones encontradas, como infraestructura no registrada en los documentos de referencia para adelantar trabajo. En la tabla 17 se muestra código de colores para las correcciones, adiciones o control de calidad que se hace en obra a los planos aprobados.

Tabla 17.

Código de colores para planos RED LINE.

Color	Descripción
	Amarillo: Revisado y está correcto
	Verde: Debe ser borrado
	Rojo: Agregar comentario, cambios efectuados en la construcción
	Azul: comentario

Nota: Adaptado de (ECP-VST-G-GEN-IT-002, 2012)

Los planos red line deben ser levantados sobre el plano impreso inicialmente aprobado, con mucho cuidado, honestidad y ética, ya que un error allí plasmado puede colocar en riesgo la vida de personas, implicaciones legales y retraso en el proceso de obra. En el proceso de actualización de documentos y planos se deben seguir las siguientes consideraciones.

- Las modificaciones que se incluyan en los planos RED LINE deben ser legibles, completos y de acuerdo con el código de colores, si no se hacen con este procedimiento se entenderá que no se han generado cambios en la construcción.
- Los planos RED LINE deben ser elaborados al terminar la construcción y/o montaje de cada red, equipo, sistema o estructura, estableciendo un plazo límite, por ejemplo, no mayor a 15 días hábiles.
- Los planos RED LINE deben ser firmados y fechados por quien elaboró el levantamiento de las dimensiones del plano, por el inspector de control de calidad y por el interventor.

3.4.3 Planos AS-BUILT. Los planos AS- BUILT, son los planos definitivos de la obra construida, corresponden al registro final detallado de un proyecto culminado y su elaboración es de suma importancia para mantenimientos, ampliaciones y modificaciones hechas a la instalación. Estos planos se elaboran con ayuda de técnicos y trabajadores que forman parte de la construcción,

y con soporte en los planos Red Line (ECP-VST-G-GEN-IT-002, 2012). Las siguientes son aclaraciones y consideraciones importantes que deben ser tenidas en cuenta en la elaboración de los planos AS- BUILT:

- No debe usarse la fase de AS- BUILT como una herramienta para corrección de ingeniería, por el riesgo que esto implica en el desarrollo operativo de proyecto.
- Los planos finales del proyecto que deben reposar en los archivos técnicos deben ser las versiones AS- BUILT
- Los planos deberán ser firmados por el constructor e interventor del proyecto.

3.4.4 Actualización del proyecto ante el OR. Los proyectos con diseños aprobados por parte de los operadores de red, se deberán construir acorde con dicho diseño. Si en el proceso constructivo se requiere de algún cambio en el diseño, se deberá presentar nuevamente un diseño en donde se contemplen las actualizaciones realizadas.

Para este proceso lo más recurrente es cancelar el proyecto ya aprobado y presentar un nuevo diseño. Es de tener en cuenta que para presentar un proyecto se debe anexar la solicitud de factibilidad o disponibilidad de energía la cual solo tienen un año de vigencia una vez sea aprobada. Si en el proceso de actualización del plano eléctrico ya esta solicitud se encuentra expirada se deberá solicitar una nueva factibilidad del servicio.

Los diseños de competencia o del interés de los OR son los cálculos de acometida y conexión a la red. Las instalaciones eléctricas internas deberán ser auditadas por inspectores eléctricos (con fines de certificación de la instalación) o por la interventoría del cliente de la instalación, en donde

el constructor tendrá que mostrar los planos Red Line y AS-BUILT. Si no se hacen estos ajustes en el diseño es muy probable que en el instante de la legalización y certificación de conformidad estas instalaciones sean rechazadas y se deberá empezar el proceso de actualización de planos, pagando recargos por nuevas visitas de los agentes involucrados y retrasando los tiempos de entrega final.

4. Conclusiones

Del planteamiento del objetivo general se evidencio que el diseño de planos eléctricos está presente en todas las fases de un proyecto, desde su etapa de planeación con los esquemas de partida, en la etapa constructiva de la obra con los planos Red – Line que contienen las modificaciones en obra y en la etapa final de entrega del proyecto con los planos As- Built que son los planos definitivos de toda construcción.

En el trabajo se mostraron los diferentes tipos de planos requeridos en el proceso de diseño de las instalaciones eléctricas de uso final. Esta información es útil para que los ingenieros electricistas que quieran incursionar en el diseño eléctrico puedan dimensionar el alcance del trabajo a desarrollar.

Así mismo, se mostraron los componentes generales de los planos eléctricos en instalaciones de uso final que van más allá del esquema eléctrico. Para la buena presentación de un plano no basta con los diagramas unifilares o de distribución de las salidas y cableado, también se requieren

aspectos técnicos de escritura, rotulado, manejo de escalas, símbolos, convenciones, versiones, etc.

Finalmente, se describió todo el proceso de actualización y legalización de planos. Se hace énfasis en que los planos son una guía para la construcción de la instalación eléctrica, que puede requerir diversas modificaciones desde que el proyecto se está planeando. Estas actualizaciones se deben desarrollar estableciendo una convención o códigos de colores, para evitar reprocesos en el diseño, con posteriores consecuencias en la construcción y operación de la instalación.

El diseñador debe tener presente que en Colombia cada empresa consultora, operador de red e incluso grandes empresas clientes, manejan cada una sus propias reglas para los planos en cuanto a rótulos, identificación de versiones, e incluso simbología, mostrando las limitantes que tiene el país respecto a la normalización en esta materia.

Actualmente se está cambiando el enfoque del diseño de instalaciones usando tecnologías para el diseño en 3D. Las características y recomendaciones para los planos eléctricos generados con esos nuevos métodos deberán explorarse en trabajos futuros.

Referencias Bibliográficas

- ACIEM. (Agosto de 2015). Manual de referencia de tarifas en ingeniería. Obtenido de https://aciem.org/home/images/ACIEM/Institucional/MANUAL_TARIFAS_2015.pdf
- CENTRALES ELECTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A E.S.P. (2016). Norma Técnica - CNS-NT-12. Cucuta, colombia: CENS.
- Codensa. (15 de Enero de 2018). GUÍA PARA LA PRESENTACIÓN DE DISEÑOS ELECTRICOS . Obtenido de <https://www.codensa.com.co/empresas/nuevas-conexiones/disenos-electricos-radicacion>
- ECOPETROL. (16 de Junio de 2011). PROCEDIMIENTO DE MANEJO DOCUMENTAL INFORMACIÓN DE INGENIERÍA. Obtenido de <https://edoc.site/procedimiento-manejo-documental-pdf-free.html>
- ECP-VST-G-GEN-IT-002. (02 de FEBRERO de 2012). INSTRUCTIVO PARA LA ELABORACIÓN DE PLANOS. Obtenido de <http://contratos.ecopetrol.com.co/Anexos%20de%20Procesos/50023121/ANEXO%2032%20INSTRUCTIVO%20PARA%20LA%20ELABORACION%20DE%20PLANOS.pdf>
- Electricaribe. (2017). Presentación de planos en Poryectos de instalaciones . Barranquilla : Electricaribe.
- Electrificadora del Huila S.A. E.SP. (2010). Notas generales de diseño de redes, acometidas e internas . Huila .
- EMCALI. (2006). Norma Técnica de energía, Normas de Diseño . Santiago de Cali: EMCALI.

Empresa de energia de arauca ENERLAR E.S.P. (2014). Normas de diseño y construccion de instalaciones electricas para los niveles I Y II. Arauca : Enerlar E.S.P.

Empresa de energia de Pereira S.A. E.S.P. (s.f.). Norma Técnica. Pereira, Colombia: EEP.

Empresa de Energía del Quindío S.A. E.S.P. (2017). Generalidades. Armenia: EDEQ.

ENERTOLIMA . (2018). Trámites y Presentación de Proyectos . Ibagué: ENERTOLIMA.

EPM. (15 de Marzo de 2017). PRESENTACIÓN DE PROYECTOS ELÉCTRICOS PARTICULARES PARA LA CONEXIÓN DEL SISTEMA DE EPM. Obtenido de Normas Técnicas, RA8-001: https://www.epm.com.co/site/Portals/3/documentos/Energia/RA8-001/RA8_001_PRESENTACION_PROYECTOS_EL%C3%89CTRICOS.PDF?ver=2018-03-06-052126-260

ESSA. (2010). NORMA TECNICA ESSA. Obtenido de <https://www.essa.com.co/site/Portals/14/Docs/Norma%20tecnica/Norma%20T%C3%A9cnica%20ESSA.pdf>

GARCIA, C. (2019). Diseño plano eléctrico Vivienda Multifamiliar . Bucaramanga-Santander.

GARCIA, C. (Febrero de 2019). Diseño talleres de transformadores y linea viva. Bucaramanga-Santander.

NTC 1580. (20 de Abril de 1988). DIBUJO TÉCNICO. ESCALAS.

NTC 1687. (04 de Noviembre de 1981). DIBUJO TECNICO. FORMATO Y PLEGADO.

NTC 1914. (12 de Diciembre de 2001). DIBUJO TECNICO. ROTULADO DE PLANOS.

NTC 2050. (25 de Noviembre de 1998). CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO.

NTC 4552. (12 de Enero de 2004). PROTECCIÓN CONTRA RAYOS. PRINCIPIOS GENERALES . Obtenido de <https://es.slideshare.net/GerardoRojasSayago/ntc-4552>

- Project Management Institute. (2013). GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCION DE PROYECTOS (Guía del PMBOK)-Quinta edición. Newtown Square, Pensilvania , EE.UU.: Project Management Institute, Inc.
- RETIE. (13 de Agosto de 2013). Ministerio de Minas y Energia. Obtenido de <https://www.minminas.gov.co/retie>
- Rodriguez, E. (2104). GESTIÓN DE CALIDAD EN EL DESARROLLO DE INGENIERÍA PARA PROYECTOS INDUSTRIALES. Despliegue de la función de calidad en la ejecucionde proyectos industriales. cancún, México.
- Rodríguez, E. I. (2014). GESTIÓN DE CALIDAD EN EL DESARROLLO DE INGENIERÍA PARA PROYECTOS INDUSTRIALES . Despliegue de la función de calidad en la ejecución de proyectos industriales . Cancún, Mexico.
- UIS. (18 de Noviembre de 2016). Pagina oficial univervidad Indstrial de Santander. Obtenido de https://www.uis.edu.co/procesos_contratacion/contratacion/documentos/Convocatorias/Convocatorias2016/Convocatorias33/Definitivos/el.pdf
- Unidad de Planeación Minero Energetica (UPME). (s.f.). Obtenido de <https://www.xm.com.co/Paginas/Consumo/pronostico-de-demanda.aspx>
- UPME. (Diciembre de 2006). Plan energético nacional 2006-2025. Obtenido de http://www.siel.gov.co/siel/Portals/0/PLAN_ENERGETICO_NACIONAL_2007.pdf
- UPTC. (ENERO de 2019). Universidad pedagogica y tecnologica de colombia . Obtenido de http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/11572/mod_resource/content/1/Tema%2010.%20Planos.pdf