

**DISEÑO DE LAS MEMORIAS DE CÁLCULO EN EXCEL PARA PROYECTOS
ELÉCTRICOS EN BAJA TENSIÓN**

Frank Hincapié López
Jonathan Humberto Bajonero Montoya
Mateo Celis Gallego

Institución Universitaria Pascual Bravo
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Eléctrica
Medellín
2017

**DISEÑO DE LAS MEMORIAS DE CÁLCULO EN EXCEL PARA PROYECTOS
ELÉCTRICOS EN BAJA TENSIÓN**

Frank Hincapié López
Jonathan Humberto Bajonero Montoya
Mateo Celis Gallego

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero electricista

Asesores:

Técnico: Blanca Ramírez

Metodológico: Julio Palomeque

Institución Universitaria Pascual Bravo

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Eléctrica

Medellín

2017

CONTENIDO.

CONTENIDO.....	3
Lista de Figuras	6
Lista de Tablas	7
Lista de Anexos.....	8
Resumen.....	9
Abstract.....	10
Glosario.....	11
Introducción.	12
1. Planteamiento del Problema.....	13
1.2 Descripción	13
1.3 Formulación.....	14
Cultivos Agrícolas.....	15
Proyectos de transformación o elaboración de productos.	15
Ampliación de un hotel en Cádiz con una planta más.....	16
Procedimiento judicial en Palma de Mallorca.....	17
Ampliación estructural de un embalse en Madrid.	17
2. Justificación.....	19
3. Objetivos	20
3.1 Objetivo General.....	20
3.2 Objetivos Específicos.....	20
4. Marco Teórico.	21
Ingeniería eléctrica.	21
5. Metodología.....	28
Objetivo general.....	28
6. Análisis y Resultados.	30
A. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.....	30
Análisis de armónicos.	31

B. Coordinación de aislamiento.....	32
C. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.....	32
D. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.....	34
E. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.	35
Medidas para mitigar el riesgo eléctrico.	37
F. Análisis del nivel de tensión requerido.	37
G. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que, en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1	38
H. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.	40
I. Cálculo del sistema de puesta a tierra.	40
J. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.....	40
K. Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente.	41
L. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.....	42
M. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.....	43
N. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).	43
O. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.	44
P. Cálculos de regulación.	44
Q. Clasificación de áreas.....	45
R. Elaboración de diagramas unifilares.....	46
S. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.....	47
T. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.....	47
U. Establecer las distancias de seguridad requeridas.	47
V. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.	50
W. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.	50
Conclusiones.	51

7. Recomendaciones.....	52
8. Bibliografía.....	53
Anexos.....	55
Anexo A. Manual del usuario.....	55
Introducción.....	57
¿Cómo ayudar?.....	58
Unidades.....	59
Constantes y Variables.....	60
Uso del programa.....	61
Uso de los botones.....	62
Aplica - No aplica.....	62
Imprimir.....	62
Regresar al menú anterior.....	63
Tablas.....	63
Otros botones.....	63
Descripción de los ítems.....	65
Tablas generales para los cálculos.....	65
Uso general de las plantillas de cálculos.....	66
Bibliografía.....	68

Lista de Figuras

	Pág.
Ilustración 1. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.....	31
Ilustración 2. Análisis de cortocircuito.....	32
Ilustración 3. Niveles de cortocircuito en sistemas trifásicos.	33
Ilustración 4. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.....	34
Ilustración 5. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.	35
Ilustración 6. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.	36
Ilustración 7. Matriz de riesgos.	37
Ilustración 8. Niveles de tensión.	38
Ilustración 9. Casos donde aplica y no aplica el análisis de campos electromagnéticos.	39
Ilustración 10. Cálculo económico de conductores.....	41
Ilustración 11. Verificación de los conductores.....	42
Ilustración 12. Cálculos de canalizaciones.	43
Ilustración 13. Cálculos de pérdidas de energía.	44
Ilustración 14. Cálculos de regulación.....	45
Ilustración 15. Clasificación de áreas.	46

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Metodología.....	29
Tabla 2. Límites de exposición a los campos magnéticos.	39

Lista de Anexos.

	Pág.
<i>Anexo 1. Manual del Usuario</i>	69

Resumen

DISEÑO DE LAS MEMORIAS DE CÁLCULO EN EXCEL PARA PROYECTOS ELÉCTRICOS EN BAJA TENSIÓN

Frank Hincapié López
Jonathan Humberto Bajonero Montoya
Mateo Celis Gallego

Este Proyecto se centra en la realización de hojas de cálculo en Excel para proyectos eléctricos en media y baja tensión, el cual muestra los factores fundamentales que se deben tener en cuenta para la realización de un diseño de redes eléctricas principalmente implementando normas técnicas de instalaciones eléctricas a nivel internacional y nacional, también implementando y haciendo uso directo al reglamento técnico a nivel nacional como lo es el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas- RETIE, dando como finalidad a los diseños detallados según el artículo 10.1 del mismo reglamento.

Será fundamental comprender el funcionamiento de todas las partes internas y externas de una instalación eléctrica y asegurar al usuario el correcto uso de todas sus funciones.

Abstract

This Project focuses on the realization of spreadsheets in Excel for electrical projects in medium and low voltage, which shows the fundamental factors that must be taken into account for the realization of a design of electrical networks mainly implementing technical standards of electrical installations at an international and national level, also implementing and making direct use of the technical regulation at a national level, such as the Technical Regulation of Electrical Installations- RETIE, giving as a purpose to the detailed designs according to article 10.1 of the same regulation.

It will be fundamental to understand the operation of all the internal and external parts of an electrical installation and to assure the user the correct use of all its functions.

Glosario

Baja Tensión: Las instalaciones eléctricas de baja tensión son aquellas cuya tensión nominal es igual o inferior a 1.000 V para corriente alterna y 1.500 V para corriente continua.

Diseño: Un diseño es el resultado final de un proceso, cuyo objetivo es buscar una solución idónea a cierta problemática particular, pero tratando en lo posible de ser práctico y a la vez estético en lo que se hace.

Electricidad: La Electricidad es una propiedad física de la materia. Consiste en aquella interacción negativa o positiva existente entre los protones y los electrones de la materia.

Memorias de cálculo: Las “memorias de cálculo” son los procedimientos descritos de forma detallada de cómo se realizaron los cálculos de las ingenierías que intervienen en el desarrollo de un proyecto.

Proyecto: Memoria o escrito donde se detalla el modo y conjunto de medios necesarios para llevar a cabo esa idea; especialmente el que recoge el diseño de una obra de ingeniería o arquitectura.

RETIE: Es el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas y fue creado por el Decreto 18039 de 2004, del Ministerio de Minas y Energía. El objetivo de este reglamento es establecer medidas que garanticen la seguridad de las personas, vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente, previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico.

Introducción.

En Colombia diariamente se están ejecutando gran cantidad de obras civiles, que van de la mano con la infraestructura eléctrica; presentándose en la mayoría de los casos, construcciones residenciales, comerciales o industriales. Cada proyecto eléctrico es diferente, sin embargo, los criterios de estudio que utilizan los operadores de red a nivel nacional, para evaluarlos, son similares; lo que permitiría a su vez, establecer una metodología de diseño con bases sólidas, aplicable a cada proyecto eléctrico que se quiere realizar. (Gaviria, 2016)

Las memorias de cálculo son los que determinan la razón de un proyecto, donde interviene el ingenio y la imaginación del proyectista para sintetizar y armar toda la información previa obtenida en campo, de tal manera que esta sea clara, detallada y lo más completa que permita acercarse al escenario más real posible según el proyecto en cuestión. (Proyectos, 2017)

De esta manera las memorias de cálculo permitirían a todos los tecnólogos e ingenieros electricistas utilizar las tabulaciones en Excel con los requerimientos técnicos unificados para las memorias de cálculo de proyectos eléctricos y lograr una mayor efectividad y confiabilidad garantizando también la seguridad de las personas, de la vida tanto animal como vegetal y la preservación del medio ambiente.

1. Planteamiento del Problema

1.2 Descripción

El sector eléctrico colombiano ha venido creciendo en los últimos 60 años. Más y en forma sostenida en la demanda a razón de un 2,9 %. Después de la reforma del año 1992 se generaron unas condiciones de mercado en competencia. Y el principio fundamental fue la seguridad en el abastecimiento eléctrico. (Gómez, 2017)

En la última década el sector Infraestructura, ha representado en promedio el 8,3% del Producto Interno Bruto (PIB) del sector Construcción y en el último año, ese porcentaje cayó al 1,5. El sector Infraestructura ha sido, con el sector financiero y el de servicios públicos, uno de los sectores que ha movido la economía del país; sin embargo, en el último año el crecimiento de dicho sector fue inferior (1,5%) al reportado por todo el sector construcción (3,3%) y por todo el país (4,0%) durante este periodo. (sociedades, 2016)

En este proyecto se analizarán los ajustes necesarios para lograr una memoria técnica descriptiva en un sistema de distribución eléctrica en baja tensión que cubre las especificaciones y criterios de diseño empleados en reglamentos y normatividad eléctrica colombiana.

En la década de los 80, el sector eléctrico colombiano vio con mucha preocupación que las pérdidas de energía alcanzaban el 30 % de la generación total con consecuentes perjuicios económicos para las empresas distribuidoras, lo que implicaba una carga financiera muy pesada, pues obligaba la realización de inversiones adicionales en generación para satisfacer la demanda real más el suministro de pérdidas. (Castaño, Redes de distribución de energía , 2004)

Durante la última década el consumo creció a una tasa media anual de 2.9%, en parte afectado por la desaceleración económica del año 2009. A futuro, se estima en el escenario medio un crecimiento de la demanda eléctrica de 3.9% y 4.4% para los años 2013 y 2014, respectivamente, valor alentado por la entrada de nuevas cargas petroleras; para el periodo 2012-2020 se proyecta un crecimiento medio anual de la demanda de 3.9%. Respecto a la potencia máxima de energía eléctrica, se calcula un crecimiento para lo restante de la década de 3.1%. (Upme, Upme, 2013)

En relación al comportamiento de los usuarios se prevé que persiste la tendencia a aumentar la participación de los usuarios no regulados dentro del consumo de 33,6% en el año 2012 a 35,4% en el 2015, con la consecuente reducción de la participación de los regulados. (Upme, Proyección de Demanda de Energía Eléctrica en Colombia, 2013)

1.3 Formulación

La Oficina de Gestión de Proyectos de Fondos de la UPME como entidad evaluadora de los proyectos de energía eléctrica y gas combustible ha logrado estimar que en los últimos diez años el porcentaje de proyectos presentados versus proyectos con concepto favorable, es muy bajo (para el período 2003 - 2013, asimismo, el factor de éxito es del 35%, que equivale a un 43% para proyectos de gas y un 33% para los proyectos de energía eléctrica). (Upme, 2017)

Toda instalación eléctrica a la que se le aplique RETIE, debe contar con un diseño realizado por un profesional legalmente competente para el desarrollo de la actividad. (MinMinas, ANEXO GENERAL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE), 2013)

El diseño podrá ser detallado o simplificado según el tipo de instalación. En Colombia se han establecido metodologías que optimizan los procesos de elaboración y presentación de proyectos eléctricos para que puedan ser aprobados. En la universidad Distrital Francisco José De Caldas se presentó una tesis de grado explicando el paso a paso la metodología para elaborar y presentar un proyecto eléctrico de una subestación en el cual la metodología empleada evidencia que tener una memoria de cálculo de los procesos metodológicos ayuda a que el proyecto se vea de una manera clara y efectiva a la hora de ser aprobado. (MinMinas, ANEXO GENERAL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE), 2013)

En Colombia se maneja la Norma Técnica Colombiana NTC 2050 para la presentación de proyectos eléctricos sin embargo uno de los mayores problemas a la hora de presentarlos es la falta de unificación de la normatividad a nivel nacional, por lo tanto, cada operador de red opto por elaborar sus propias normas, estableciendo diferentes formatos para la presentación de

planos, convenciones, nomenclaturas entre otros. Esto dificulta la elaboración de proyectos, pues la ingeniería eléctrica es una profesión con una gran demanda y una oferta escasa lo que conlleva a que una misma empresa del sector realice proyectos en más de una ciudad, viéndose obligada a conocer y manejar las diferentes exigencias normativas en cada caso. (Upme, 2013)

No existe un formato, cuadro o diseño específico para realizar las memorias de cálculo. Al momento de formular las memorias interviene mucho el ingenio y la imaginación del proyectista para sintetizar y armar toda la información previamente obtenida en campo, de tal manera que esta sea clara, detallada y lo más completa que permita acercarse al escenario más real posible de esta manera las memorias de cálculo para los diversos giros o actividades económicas son específicas para ciertos grupos de giros, a grandes rasgos se describen algunos ejemplos: (Agroproyectos, 2015)

Proyectos Pecuarios, caso específico de bovinos se tiene que realizar una proyección de hato en donde se conjugan una serie de matemáticas financieras y parámetros técnicos como la mortalidad, lactancia, fertilidad, pariciones, producción de leche por vaca, etc; lo mismo para cualquier otra especie pecuaria. Dependiendo de la especie puede ser desarrollo de piara, desarrollo de rebaño, parvada, colmena, etc. Estas son las memorias de cálculo más laboriosas ya que se conjugan muchos datos y ejercicios. (Agroproyectos, 2015)

Cultivos Agrícolas.

La principal memoria se determina bajo un cuadro de costos de producción por unidad de superficie (Paquete tecnológico), por ejemplo si se es a campo abierto lo más común sea por hectárea, incluyendo el rendimiento, precio de venta, mermas, época de cosecha, labores, densidad de población, distancia entre surcos, etc; y de esta manera se puede determinar los ingresos por venta en el ciclo o periodo y los costos de producción anuales. (Agroproyectos, 2015)

Proyectos de transformación o elaboración de productos.

Se debe especificar y calcular el costo de producción del producto o productos, ejemplo: queremos producir y comercializar pasteles, para ello debemos calcular cuánto nos cuesta

producir un pastel considerando todos los insumos y materia prima: Leche, huevos, harina, crema, o el insumo necesario según el producto; y con ello conoceremos el costo para producir un pastel; e incluso con esta información se puede calcular y justificar la memoria de cálculo del precio de venta, por decir, que le agreguemos un margen de ganancia que permita cubrir este costo de producción más otros (Administración, ventas, etc.) y en suma obtendremos el precio de venta. (Agroproyectos, 2015)

Las memorias de cálculo son los procedimientos descritos de forma detallada de cómo se realizaron los cálculos de las ingenierías que intervienen en el desarrollo de un proyecto de construcción, la memoria de cálculo más importante es la memoria de cálculo estructural, en la cual se describen los cálculos y los procedimientos que se llevaron a cabo para determinar las secciones de los elementos estructurales, así mismo, esta memoria de cálculo estructural, indica cuales fueron los criterios con los cuales se calculan todos y cada uno de los elementos estructurales, como son las cargas vivas, las cargas muertas, los factores de seguridad, los factores sísmicos (en su caso), los factores de seguridad por viento (en su caso), y en general todos y cada uno de los cálculos para determinar la estructura. (Digital, 2014)

En los dos siguientes artículos vamos a analizar varios casos reales que os van a ilustrar sobre las utilidades específicas de la memoria de cálculo estructural y las consecuencias que conlleva una mala redacción de este documento. (Pozo, 2016)

Ampliación de un hotel en Cádiz con una planta más.

En Cádiz se llevaba a cabo un proyecto de ampliación de un hotel para añadirle una planta más, el diseñador se encontró con que la memoria de cálculo existente era de hace casi 20 años, se esperaba lo peor ya que casi siempre hacen falta hasta los datos más básicos, pero al parecer esta memoria de cálculo estaba bien elaborada y facilito al ingeniero encontrar rápidamente los datos necesarios para calcular la resistencia estructural y hacerse una idea de su viabilidad. El haber tenido aquel documento tan detallado ahorro tiempo de trabajo ya que evito tener que realizar elucubraciones sobre seguras y costosas, pero sobre todo, a la empresa que explotará el negocio le ha ahorrado bastantes incertidumbres y bastante dinero. (Pozo, 2016)

Procedimiento judicial en Palma de Mallorca.

La documentación de este procedimiento judicial incluye una memoria de cálculo estructural aquella es el objeto de una demanda, pues trata sobre el refuerzo de una estructura metálica, donde una empresa dice que el refuerzo estructural vale uno, la otra dice que vale tres veces más de lo que dice la otra. En la memoria estructural resalta una frase que dice “Se realizará el refuerzo de todas las piezas defectuosas según se vayan encontrando, luego lo que cueste, ya se solucionará al final”. Esto genera por supuesto varias inquietudes ¿Se solucionará al final? ¿Quién? ¿Cómo? ¿A qué precio? Cuánto dinero, disgusto, tiempo y preocupación se hubieran podido ahorrar estas dos empresas si hubieran redactado aquella memoria de cálculo estructural con datos reales y con sentido común. (Pozo, 2016)

Ampliación estructural de un embalse en Madrid.

La memoria de cálculo existente de este proyecto data de hace 40 años con poca información de utilidad por lo que no se puede fiar de lo que hay en ellas y en estos casos hay que hacer como si el embalse se hubiera construido mal y sospechando de todo hasta de lo más básico y lo más evidente. Esta memoria de cálculo mal realizada lleva a la compañía a invertir el doble de lo que hubiera sido lógico invertir si en esta se encontraran los cálculos y datos necesarios para poder ejecutar la obra con mayor confianza. (Pozo, 2016)

Una mala Memoria de Cálculo Estructural hace perder mucho tiempo y mucho dinero; sin embargo, es todo lo contrario que una buena. En síntesis, no tiene sentido el plantearse dudas sobre su necesidad o el bien “social” que acarrea que aquel documento se haga bien y con sentido común. Y es que es algo que lo agradecen todos los ingenieros y diseñadores, pero sobre todo los que vendrán en un futuro. (Pozo, 2016)

Actualmente hay herramientas que facilitan los cálculos eléctricos para proyectos en niveles de tensión específicos, como son: cálculos para alimentadores, transformadores, líneas aéreas o líneas subterráneas, cálculos de regulación y otros cálculos que serían específicos pero que ya están estandarizados mundialmente.

Un proyecto ya establecido y ejecutándose es el proyecto Cálculos Eléctricos NT elaborado en Maracaibo- Venezuela, el cual solo es basado en cálculos generales en distribución y comercialización de energía eléctrica, cálculos de motores, y regulaciones en general, cálculos basados en normas internacionales como la National Fire Protection Association (NEC 2008) y normas nacionales como el Código eléctrico nacional (CEN). (Moreno, 2011)

2. Justificación

En la etapa de diseño de un proyecto eléctrico, se puede incurrir en gran cantidad de errores, a nivel de: planos, memorias de cálculo, especificaciones técnicas, e incluso en la presentación (rótulo de los planos, convenciones, contenido, etc...); esto debido, en gran medida, a la falta de una metodología clara para su elaboración, con estándares definidos para cada una de sus partes. Desde 2010 hasta la fecha de actualización del presente documento, se han registrado 1718 proyectos de generación, de los cuales 485 cuentan con registro vigente y suman una capacidad de 12.486 MW que equivalen a cerca del 75% de la actual capacidad instalada en el país. Los restantes 1233 proyectos tienen asociada una potencia de 105.136 MW y pierden su vigencia por razones de tipo técnico o sencillamente porque se les vence el término en tiempo para la fase en la cual están inscritos. (Upme, 2017)

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Diseñar una plantilla en Excel con las etapas de formalización técnica para memorias de cálculo eléctrico, lo cual con base a cálculos específicos para los diseños de proyectos eléctricos la cual se formula en una plantilla en la herramienta ofimática “Excel” permitiendo reducir el tiempo en la elaboración de memorias de cálculo para los proyectos eléctricos en baja tensión.

3.2 Objetivos Específicos

- i. Definir los componentes que se deben incluir en la elaboración de memorias de cálculo para proyectos eléctricos.
- ii. Unificar los requerimientos esenciales y necesarios de diseño para un proyecto eléctrico.
- iii. Detallar los cálculos necesarios en un proyecto eléctrico en Excel.

4. Marco Teórico.

Ingeniería eléctrica.

La ingeniería eléctrica es el campo de la ingeniería que se ocupa del estudio y la aplicación de la electricidad, la electrónica y el electromagnetismo. Aplica conocimientos de ciencias como la física y las matemáticas para diseñar sistemas y equipos que permiten generar, transportar, distribuir y utilizar la energía eléctrica.

Uno de los principios regulatorios más importantes dentro del sector eléctrico es el de libre acceso a las redes. En desarrollo de este principio, los operadores de red (OR), tiene la responsabilidad de asignar un punto de conexión que permita al cliente contar con un suministro energético eficiente acorde a sus necesidades de carga y características de operación del Sistema Eléctrico. (Caldas, 2006)

Antes que el usuario final haga uso de la energía eléctrica en un lugar determinado (hogar, industria y/o comercio), esta ha tenido un proceso de transformación en su nivel de tensión. Dicho proceso está dividido en varias etapas, desde la generación hasta el consumo final. (Caldas, 2006)

Generación eléctrica en Colombia.

El nivel de tensión en Colombia para la etapa de generación es de 13,8kV. Este voltaje es relativamente bajo si se compara con los utilizados en el proceso de transmisión debido a que, a mayor tensión, mayor debe ser el aislamiento utilizado y esto elevaría los costos y dimensiones de las máquinas. (Caldas, 2006)

Transmisión de energía eléctrica.

La transmisión de energía eléctrica en Colombia se realiza en niveles de 230 y 500KV. Estos valores son elevados debido al factor distancia existente entre los puntos de generación y consumo. Recordemos la ley de Joule, que expone el aumento de temperatura que sufre un conductor cuando una corriente eléctrica circula a través de él. La fórmula que describe este comportamiento es $W = R * I^2 * t$ donde W es Energía calorífica y su unidad es Julios, R es Resistencia y su unidad es Ohmios, I es Intensidad de corriente y su unidad es Amperios, y t es

Tiempo y está dado en segundos. Debido a ello se pretende transmitir energía eléctrica con tensiones muy elevadas para reducir de esta manera las pérdidas en las líneas de transmisión. (Caldas, 2006)

Sub-transmisión de energía eléctrica.

En el proceso de transmisión existen puntos en los cuales pueden ser disminuidos los niveles de tensión. Estos puntos son denominados sub-transmisión, los cuales permiten la alimentación de centros de consumo que demanden cargas menores o industrias que requieran de un alto consumo de energía eléctrica. Los niveles de sub-transmisión en Colombia son las tensiones superiores a 57,5kV y menores a 220kV, es decir: 66kV, 110kV, 115kV y 138kV. (Caldas, 2006)

Distribución de energía eléctrica en Colombia.

Los niveles de tensión utilizados por los usuarios finales son: 0,208/0,120kV, 0,220/0,127kV ó 0,440/0,266kV.

En Colombia los sistemas de distribución, como todo lo relacionado con los sistemas de potencia, están regulados por la Comisión de Energía y Gas (CREG). En resolución 70 del 28 de mayo de 1998 se establecen los siguientes niveles de tensión, en los cuales se realizan las instalaciones de distribución y transmisión:

- Extra alta tensión (EAT): Los de tensión nominal entre fases superior a 220 Kv.
- Alta tensión (AT): Los de tensión nominal mayor o igual a 57,7 Kv y menor o igual a 220 Kv.
- Media tensión (MT): Los de tensión nominal superior a 1000 V e inferior a 57,7 Kv.
- Baja tensión (BT): Los de tensión nominal mayor o igual a 25 V y menor o igual a 1000 V.

Las hojas de cálculo no son útiles solo para aquellos que llevan enormes y complicadas cuentas en libros de contabilidad y similares, la verdad es que pueden servir para organizar casi cualquier cosa que se te ocurra. Desde hacer simples listas de tareas, hasta organizar nuestros horarios, presupuestos y planes. Las memorias de cálculo son los procedimientos descritos de forma detallada de cómo se realizaron los cálculos de las ingenierías que intervienen en el desarrollo de un proyecto. (MinMinas, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas , 2013)

F.P – Factor de potencia

El factor de potencia, indica la razón de desfase entre voltaje y la corriente.

Las diferentes maquinas poseen internamente diferentes elementos que provocan que el voltaje y la intensidad se desfasen, estos elementos se clasifican en tres tipos:

- Resistivos
- Inductivos
- Capacitivos

El desfase que existe entre la tensión y la intensidad ideal debe ser nulo.

Si los elementos que poseen internamente son resistivos, estos elementos no provocan desfase. Es decir, si representamos la curva de tensión e intensidad en un gráfico temporal ambas estarán sincronizadas (cuando haya un máximo de tensión abra un máximo de intensidad y cuando haya un mínimo de tensión abra un mínimo de intensidad. (Caldas, 2006)

Tensión

El voltaje o tensión eléctrica es una medida de la energía por unidad de carga que se pone en juego cuando los electrones se mueven entre los extremos de un hilo conductor. Para que exista una corriente eléctrica en un hilo conductor es preciso que se establezca entre sus extremos una diferencia de potencial o voltaje. Es, por tanto, el desnivel eléctrico existente entre dos puntos de un circuito.

Es la fuerza de la corriente eléctrica. Cuando mayor es, más deprisa fluyen los electrones. La unidad de medida es el voltio (V). (Caldas, 2006)

Resistencia

Oposición que ofrece el medio conductor al paso de la corriente eléctrica. La unidad de medida es el ohmio (Ω).

Cada material posee una resistencia específica característica que se conoce con el nombre de resistividad.

Otro parámetro importante relacionado con la resistencia es la influencia de la temperatura. A que aumenta la temperatura también lo hace la resistencia del material conductor. (Caldas, 2006)

Intensidad

Es la cantidad de electricidad que atraviesa un conductor en la unidad de tiempo (1 segundo). Su unidad es el ampere o amperio (A). Es una medida del número de electrones excitados que podemos encontrar en un conductor.

La intensidad eléctrica está en estrecha relación con el voltaje disponible y con la resistencia del circuito. La relación es simplemente: Intensidad eléctrica = voltaje/resistencia (Caldas, 2006)

Conductividad

La conductividad de un material mide la facilidad con que permite el paso de la corriente eléctrica. Depende de la cantidad de electrones libres disponibles en una sección determinada del material. Se mide en unidades Siemens (S) por metro. (Caldas, 2006)

Potencia (P)

Es la cantidad de corriente eléctrica que absorbe un dispositivo eléctrico en un tiempo determinado. La potencia es la cantidad de trabajo desarrollado en una unidad de tiempo. Por lo tanto, la potencia es la instantánea y no debe confundirse con el termino energía, la cual la unidad de medida de la potencia es el vatio – Watts (W). (Caldas, 2006)

Energía

La energía es una medida de la cantidad de trabajo realizado durante un tiempo determinado. La unidad de energía es el julio (J), que es la energía consumida por un circuito de un vatio de potencia durante un segundo. (Caldas, 2006)

Corriente eléctrica

La electricidad que proviene de una batería es corriente continua (CC), es decir, los electrones circulan en una única dirección. Sin embargo, la mayoría de las redes eléctricas del mundo son de corriente alterna (CA).

Una de las razones para el uso de corriente alterna es que resulta muy económico aumentar o disminuir su voltaje. Y precisamente uno de los factores que más ha influido en el hecho de que la mayoría de las instalaciones sean CA es el hecho de posibilitar su transporte a grandes distancias con las menores pérdidas posibles. (Caldas, 2006)

Frecuencia de red

Con una corriente alterna en la red eléctrica la corriente cambia de dirección muy rápidamente, tal como se ilustra en el gráfico de abajo: la corriente doméstica en casi todo el mundo es una corriente alterna de 230 voltios y 50 ciclos por segundo= 50 Hz.

Al número de ciclos por segundo también se le llama frecuencia de la red. En América la corriente es de 130 v con 60 ciclos por segundo (60Hz).

En un sistema a 50 Hz un ciclo completo dura 20 milisegundos (ms), es decir, 0,020 sg. En ese tiempo la tensión recorre realmente un ciclo completo entre +325 V hasta -325V.

La razón por la que decimos que es un sistema a 230 voltios es que la energía eléctrica por segundo (potencia) en promedio es equivalente a la que se obtendría de un sistema de CC a 230 voltios. (Caldas, 2006)

Corriente alterna trifásica

La potencia de la corriente alterna (CA) fluctúa. Para uso doméstico esto no supone un problema, dado que el cable de la bombilla permanecerá caliente durante el breve intervalo de tiempo que dure la caída de potencia. De hecho, los tubos de Leoni (y la pantalla de su ordenador) parpadearan, aunque más rápidamente de lo que el ojo humano es capaz de percibir.

Para que un motor funcione es necesario crear una fuerza electromotriz, que se consigue mediante la conversión de la intensidad en magnetismo. Esto es solo posible con corrientes continuas. De hecho, los motores de corriente continua funcionan internamente como motores de corriente alterna, haciéndolo fluctuar. (Caldas, 2006)

Caída de tensión

La caída de tensión es el efecto de pérdida de tensión, y por tanto de potencia, debida a la longitud de una línea, en función de la sección escogida y de la potencia demandada. A mayor longitud mayor perdida. A menos sección mayor perdida. Para corrientes monofásicas y trifásicas, las caídas de tensión se cuantifican como respectivamente: La caída de tensión es el efecto de pérdida de tensión, y por tanto de potencia, debida a la longitud de una línea, en función de la sección escogida y de la potencia demandada.

A mayor longitud mayor perdida. A menos sección mayor perdida. (Caldas, 2006)

Red de distribución eléctrica

Las redes de distribución de energía se encuentran en áreas urbanas y rurales, pueden ser aéreas, o subterráneas (estéticamente mejores, pero más costosas). La red de distribución está formada por la red en AT(suele estar comprendida entre 6.000 a 23.000 Voltios) y en BT (400/230 V). (Caldas, 2006)

Acometida eléctrica

Es la parte de la instalación de la red de distribución que alimenta la caja o cajas generales de protección. Es propiedad de la compañía suministradora y hay una por edificio excepto casos excepcionales. (Caldas, 2006)

Conductores desnudos

Se denominan conductores desnudos cuando el conductor no dispone de recubrimiento aislante. Son los conductores típicos del transporte en alta tensión. También se utilizan como tomas de tierra. (Caldas, 2006)

Conductores aislados

Se denominan conductores aislados cuando el conductor está cubierto por algún material aislante. Se utiliza en instalaciones donde por su configuración y seguridad es muy difícil utilizar conductores desnudos. (Caldas, 2006)

Cables flexibles

Son los formados por muchos conductores sin aislar de muy pequeño diámetro, enrollados entre sí. (Caldas, 2006)

Cables rígidos

Pueden estar constituidos por un solo conductor (hilo), con una sección máxima de 4 mm², o por varios hilos (de mayor diámetro que el de los cables flexibles) enrollados sin aislamiento entre ellos (el conjunto de estos hilos suele tener una sección superior a los 6 mm²). (Caldas, 2006)

Cables no propagadores del incendio

Son aquellos cables que no propagan el fuego a lo largo de la instalación, incluso cuando ésta consta de un gran número de cables, ya que se auto extinguen cuando la llama que les afecta se retira o apaga. (Caldas, 2006)

Cables resistentes al fuego

Son aquellos cables que, además de no propagar el fuego a lo largo de la instalación, mantienen el servicio durante y después de un fuego prolongado, a pesar de que durante el fuego se destruyan los materiales orgánicos del cable en la zona afectada. (Caldas, 2006)

Cables multipolares

El Cable posee dos capas de protección: la primera denominada “aislamiento” y la segunda “cubierta”. La primera suele ser de PVC o Polietileno reticulado y la segunda es PVC o Poliolefina Termoplástica. (Caldas, 2006)

Diseño Detallado

El Diseño detallado debe ser ejecutado por profesionales de la ingeniería cuya especialidad esté relacionada con el tipo de obra a desarrollar y la competencia otorgada por su matrícula profesional, conforme a las Leyes 51 de 1986 y 842 de 2003. Las partes involucradas con el diseño deben atender y respetar los derechos de autor y propiedad intelectual de los diseños. (Caldas, 2006)

RETIE (Reglamento Técnico de las Instalaciones Eléctricas)

Reglamento técnico para las instalaciones eléctricas en Colombia. El Reglamento debe ser observado por las personas que de una u otra manera estén involucradas con estas instalaciones, tales como los fabricantes y quienes comercialicen dichos productos, diseñen, dirijan, construyan, hagan interventoría o emitan dictamen de inspección de las instalaciones; las empresas que prestan el servicio de energía eléctrica, los organismos de certificación de productos o de inspección de las instalaciones. (MinMinas, ANEXO GENERAL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE), 2013)

NTC 2050 CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO

Norma técnica para las instalaciones eléctricas en Colombia. (ICONTEC, 1998)

RETILAP

Reglamento técnico de iluminación y alumbrado público. Reglamento basado en requerimientos para una instalación eléctrica basada en la iluminación, pública y privada. (MinMinas, RETILAP, 2010)

CREG

La CREG (Comisión de Regulación de Energía y Gas) es un organismo estatal colombiano, dedicado a regular las actividades de prestación de servicios públicos domiciliarios relacionados con energía eléctrica, gas natural, gas licuado de petróleo (GLP) y combustibles líquidos, con el fin de lograr que tales servicios se presten al mayor número posible de personas, al menor costo y equilibrando la compensación para las empresas prestadoras garantizando así calidad, cobertura y expansión. (CREG, 1994)

UPME

La Unidad de Planificación Minero Energética (UPME) de Colombia es la unidad técnica y administrativa especial encargada del desarrollo sostenible de los sectores de minería y energía del país, incluidos los hidrocarburos. Dependiente del Ministerio de Minas y Energía, los principales objetivos de UPME es planificar, apoyar y evaluar de manera integral el desarrollo de ambas industrias, así como apoyar al ministerio en la formulación de políticas y regulaciones nacionales. (UPME, 1992)

5. Metodología.

Objetivo general

Diseñar una plantilla en Excel con las etapas de formalización técnica para memorias de cálculo eléctrico, lo cual con base a cálculos específicos para los diseños de proyectos eléctricos la cual se formula en una plantilla en la herramienta ofimática “Excel” permitiendo reducir el tiempo en la elaboración de memorias de cálculo para los proyectos eléctricos en baja tensión.

Objetivos Especifico	Actividad	Metodología
a) Definir los componentes que se deben incluir en la elaboración de memorias de cálculo para proyectos eléctricos.	1. Recopilar información para cálculos eléctricos.	- Mediante libros y fuentes bibliográficas en la red (internet) se selecciona la información acerca de memorias de cálculo, y también en la misma red consultando los reglamentos de empresas distribuidoras de energía eléctrica en el país, como son EPM, Codensa, ISA entre otras empresas prestadoras del servicio energético.
b) Unificar los requerimientos esenciales y necesarios de diseño para un proyecto eléctrico.	1. Seleccionar las normas y libros que permitan los adecuados cálculos que son necesarios en un proyecto eléctrico.	- Accediendo a los reglamentos y normas técnicas nacionales que encontramos en internet, tal como lo es el RETIE, NTC2050 y el RETILAP, extraemos la información y los conceptos requeridos para el desarrollo y construcción del proyecto.
c) Detallar los cálculos necesarios en un proyecto eléctrico en Excel.	1. Realizar memorias de cálculo descriptivas para los proyectos de media y baja tensión.	Acogiéndonos al artículo 10.1 (Requerimientos de diseño) del RETIE, en cada hoja de Excel se implementa cada punto necesario según dicho artículo, con fórmulas, cálculos y normas necesarias que son para presentar los proyectos eléctricos en media y baja tensión.
	2. Implementar notas y fórmulas para los cálculos.	Creando una plantilla en Excel que contiene las formulas y los pasos para dar como resultado los

		<p>cálculos eléctricos e información necesaria para requerimientos técnicos y teóricos en las memorias de cálculos de diseños eléctricos. Se anexa apartados que contienen la información sobre cada calculo (formulas) y las normas de seguridad que se debe de tener en cuenta el diseñador al utilizar la plantilla.</p>
--	--	---

Tabla 1. Metodología.

6. Análisis y Resultados.

La ejecución del proyecto nos permite de sobremanera conocer aspectos de la construcción de las memorias de cálculo para presentar proyectos eléctricos según el RETIE y poder llegar de una manera más sencilla a todos los cálculos, normas y metodología para presentar los proyectos eléctricos.

Principalmente es una manera de llegar a los operadores de red y simplificar los trabajos de selección mediante unos cálculos y métodos estandarizados.

En los tipos de metodologías y software encontrados vemos una gran cantidad de falencias ya que estos se limitan en su gran mayoría a presentar los resultados de los cálculos requeridos y no presentan la información adicional que es de gran utilidad para el profesional electricista como lo son las normas y medidas de protección que el profesional debe tener en cuenta en la presentación de su proyecto.

El trabajo realizado en nuestra plantilla de Excel permite acceder a estos mismos parámetros con el plus de que también el diseñador puede acceder directamente a las normas técnicas y a un resumen automático permitiendo analizar y verificar los cálculos paso a paso y su adaptación a las normas nacionales (Colombia) u otros estándares que son solicitados para la presentación de proyectos eléctricos basados en el artículo 10.1 (DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS) del RETIE.

A. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.

Los cuadros de carga son fundamentales para el desarrollo de cualquier proyecto eléctrico, ya que en este se encuentra toda la información detallada referente a las cargas eléctricas, capacidad de las protecciones, calibre de los conductores, número de circuitos y descripción de las cargas que maneja cada uno para un tablero eléctrico o para toda la instalación.

El formato para el desarrollo de los cuadros de carga debe ser incluido en los planos de diseño eléctrico y en las memorias de cálculo del proyecto eléctrico que desarrollemos:

Cargas Generales De Tableros o ML													
Proyecto: <u>Tu proyecto</u>			Dirección:										
Cuadro de Cargas									Alimentación		POTENCIA TOTAL (VA)		
Cto	Descripción	Iluminación	Tomas	Otros	Cant.	Potencia (VA)	Calibre	Protección	Voltios	Sist.	Fase 1	Fase 2	Fase 3
1											0		
2												0	
3													0
4											0		
5												0	
6													0
7											0		
8												0	
9													0
10											0		
11												0	
12													0
13											0		
14												0	
15													0
16											0		
17												0	
18													0
19											0		
20												0	
21													0
22											0		
23												0	
24													0
25											0		
26												0	
27													0
28											0		
29												0	
30													0

DATOS GENERALES												
Ubicación	<u>Terraza</u>		Potencia Instalada (VA)	0		Potencia total (VA)	Fase 1		0		0	
Instalación	<u>Sobrepuesto</u>		Potencia Demandada (VA)	0		Potencia total (VA)	Fase 2		0		0	
Tablero	<u>H</u>	ML: <input type="text"/>	% Regulación	0,64		TOTAL [VA]	Fase 3		0,00		0,00	
Tensión Diseño (V)	208 Voltios		Corriente (A)	0		kVA						
Capacidad - Barras (I)	125 Ampere		Distancia de alimentación (m)	15		Reserva					100,00%	
Voltaje de Tablero (V)	240/120 Voltios		Acometida	ej. 3No.8+1No.8+1No.10		Fase - Neutra - Tierra						
lcc	10 kA		Aislante	AwG-THHN		Ampere (A)						
# Hilos	5		Protección General									
# Fases	3											
Diametro de ducto o tubería	1"											
Viene de	TG-Ppal											

Ilustración 1. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.

Análisis de armónicos.

Este es un fenómeno eléctrico que causa problemas en las redes eléctricas de baja tensión, especialmente en el sector industrial ya que interfiere en el funcionamiento de sistemas electrónicos muy sensibles (como PC's y PLC's) acelerando el deterioro de las instalaciones y el equipamiento eléctrico.

Las principales causas de deterioro eléctrico en sistemas de baja tensión, proviene de las cargas no lineales y dispositivos electrónicos, los cuales absorben las corrientes no sinusoidales provocando la deformación de la onda sinodal de tensión y ocasionando así lo que conocemos como perturbación armónica.

Las corrientes armónicas pueden generar una sobrecarga en los conductores neutros, sobrecalentamiento en los equipos y disparos en los interruptores automáticos, una de las

consecuencias más graves de los armónicos es el aumento de la corriente total, ya que los armónicos pueden provocar que los conductores queden subdimensionados. Además la circulación de corriente por el neutro aumenta el voltaje entre tierra-neutro y como consecuencia afecta el equipamiento sensible, y la quema de los condensadores que pudiesen entrar en resonancia con alguna frecuencia de algún armónico.

B. Coordinación de aislamiento.

Tiene como objetivo determinar la distancia de fuga que manejarán los aisladores conectados a las estructuras de M.T. y B.T, que formen parte del proyecto, cabe resaltar que para tensiones superiores a 1000 V no aplica en el proyecto ya que solo está enfocado en la baja tensión.

C. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.

Un cortocircuito es la desaparición intempestiva de la aislación relativa de dos conductores de tensión diferente. Toda instalación eléctrica requiere siempre de una protección contra estos dondequiera que se de esta falla. El cortocircuito monofásico a neutro puede presentarse tanto en redes trifásicas de cuatro hilos como en sistemas monofásicos:

Corto Circuito Monofásico						
Proyecto:				Niveles de Tensión		
Fecha:		26/12/2017		13,2 kV	0,208 kV	0,48 kV
Sistema		Impedancias (Secuencias) en Ohmios (Ω)				
Nivel de tensión (kV)	13,2	positiva		0,953	0,000	0,001259673
Nivel de cortocircuito 3 ϕ (kA)	8	negativa		0,953	0,000	0,001259673
Nivel de cortocircuito 1 ϕ (kA)	4	cero		3,811	0,001	0,005038693
Transformador						
Potencia (MVA)	2	positiva		3,485	0,001	0,004608
Impedancia (Z1)	4%	negativa		3,485	0,001	0,004608
Impedancia (Z0)	4%	cero		3,485	0,001	0,004608
Conexión	Yy					
Barra						
Tensión (kV)	0,208	positiva		4,437	0,001	0,005867673
Nivel de cortocircuito 1 ϕ (kA)	0,00	negativa		4,437	0,001	0,005867673
		cero		1E+20	2,48E+16	1,32231E+17
Circuito						
Z1(Ω)	3	positiva		12082,101	3,000	15,97633136
Z0(Ω)	1,5	negativa		12082,101	3,000	15,97633136
		cero		6041,050	1,500	7,98816568
Barra						
Tensión (kV)	0,208	positiva		12086,538	3,001	15,98219903
Nivel de cortocircuito 1 ϕ (kA)	0,00	negativa		12086,538	3,001	15,98219903
		cero		1E+20	2,48E+16	1,32231E+17
Transformador						
Potencia (MVA)	2	positiva		3,485	0,001	0,004608
Impedancia (Z1)	4%	negativa		3,485	0,001	0,004608
Impedancia (Z0)	4%	cero		3,485	0,001	0,004608
Conexión	Yy					
Barra						
Tensión (kV)	0,48	positiva		12090,023	3,002	15,98680703
Nivel de cortocircuito 1 ϕ (kA)	0,00	negativa		12090,023	3,002	15,98680703
		cero		1E+20	2,48E+16	1,32231E+17

Ilustración 2. Análisis de cortocircuito.

El cortocircuito trifásico solo puede presentarse en las redes trifásicas ya sea de tres o cuatro hilos. Su principal característica es que la línea posee una muy baja impedancia y se opone a la corriente de falla.

<u>Niveles de Corto Circuito en Sistema</u>		
Trifásico		
Proyecto:		
Fecha: 26/12/2017		
Niveles de Tensión		
Sistema		
Nivel de tensión (kV)	13,2	
Nivel de cortocircuito 3φ(kA)	4	
Nivel de cortocircuito 3φ(MVA)	91,45	
Transformador		
Potencia (MVA)	112,5	
Impedancia (Z1)	0%	Conexión
Nivel de cortocircuito 3φ(MVA)	281250,00	YNy
Barra		
Tensión (kV)	0,208	
Nivel de cortocircuito 3φ (MVA)	91,42	
Nivel de cortocircuito 3φ(kA)	253,76	
Circuito		
Z1(Ω)	0,04	
Nivel de cortocircuito 3φ (MVA)	1,08	
Barra		
Tensión (kV)	0,208	
Nivel de cortocircuito 3φ (MVA)	1,07	
Nivel de cortocircuito 3φ(kA)	2,97	
Transformador		
Potencia (MVA)	1	
Impedancia (Z1)	6%	
Nivel de cortocircuito 3φ(MVA)	16,67	YNy
Barra		
Tensión (kV)	0,48	
Nivel de cortocircuito 3φ (MVA)	1,00	
Nivel de cortocircuito 3φ(kA)	1,21	

Ilustración 3. Niveles de cortocircuito en sistemas trifásicos.

Las fallas a tierra suceden cuando una de las fases entra en contacto directo con la tierra o alguna parte metálica de la estructura que se encuentre aterrizada.

Estas pueden originarse de muchas maneras, pero las más comunes son: Daños en los aislamientos de los conductores y la reducción de los aislamientos. Estos problemas tienen origen debido a la humedad, contaminación ambiental, esfuerzos mecánicos y deterioro del aislamiento, aunque todas estas situaciones pueden ser prevenidas y corregidas con un programa de mantenimiento.

<u>Analisis de Corto Circuito Y Falla a Tierra</u>							
Proyecto:							
Fecha:		26/12/2017					
DATOS INICIALES (VOLTAJE - TENSIONES)							
Voltaje Primario	Voltaje Secundario	Potencia Transformador			Zcc (%)	Relacion de Transformacion (Vs/Vp)	
V	V	KVA				#i DIV/0!	
Transformador	Potencia KVA	Tension Primaria	Tension Secundaria	Z cc	Relacion de Transformacion	Icc MT	Icc BT
			0,000	0,000	#i DIV/0!	#i DIV/0!	#i DIV/0!
						In MT	In BT
						#i DIV/0!	#i DIV/0!
<u>CORRIENTES EN MEDIA TENSION</u>				<u>CORRIENTES EN BAJA TENSION</u>			
$I_{cc} (MT) = \frac{I_n (MT)}{Z_{cc}}$				$I_{cc} (BT) = \frac{I_n (BT)}{Z_{cc}}$			
$I_n (MT) = \frac{KVA}{Raiz(3) * V_p}$				$I_n (BT) = \frac{KVA}{Raiz(3) * V_s}$			

Ilustración 4. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.

D. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.

El análisis de riesgo por descargas atmosféricas, es un estudio que se realiza con el fin de definir el nivel de protección en el sistema de protección contra rayos que requerirá la edificación para la cual se esté presentando el proyecto.

Se tienen en cuenta una serie de parámetros que se encuentran estipulados específicamente en la NTC 4552-2 tales como el material de la estructura, sus medidas (largo, ancho y profundidad) y el entorno que rodea la estructura.

Una vez fueron ingresados todos los datos en la plantilla esta se encarga de procesarlos y entregarnos los resultados finales donde podremos determinar si la estructura requiere el sistema de protección o este puede ser opcional.

Riesgo de protección contra rayos				
La evaluación del nivel de riesgo lo realizamos para determinar si se requiere implementar un sistema de protección contra rayos y las acciones que nos permitan disminuir el riesgo a un nivel tolerable el riesgo.				
Frecuencia	Severa	Alta	Moderada	Baja
E	No ha ocurrido en el sector			
D	Ha ocurrido en el sector			
C	Ha ocurrido en la empresa			
B	Sucede varias veces al año en la empresa			
A	Sucede varias veces al mes en la empresa			
Riesgo	Tipo de nivel			
Potencial	Personas	Económicas	Ambientales	Imagen de la empresa
	0	0	0	0
Datos necesarios				
DDT=	Densidad anual promedio de rayos a tierra	1		
Ad=	Área efectiva [m ²]	1000		
L[m]=	Largo de la estructura	15		
W[m]=	Ancho de la estructura	12		
H[m]=	Alto de la estructura	5		
Cd=	Coefficiente del entorno	0,25		
Nc=	Frecuencia tolerable de rayos	0,006		
C=	Producto de los coeficientes C1, C2, C3, Ca.	0,25		
Nd=	La frecuencia anual de impactos de rayo	0		
Coeficiente de la estructura				0,25
CD Seleccionada=				0,25
Estructura				Nc= 0,00606
	Techo metálico	Techo no metálico	Techo inflamable	
Metal	0,5	1	2	
Común	1	1	2,5	
Inflamable	2	2,5	3	
Valor=				1
Contenido de la estructura				
Valor bajo y no inflamable.				0,5
Valor normalizado y no inflamable.				1
Valores altos, moderadamente inflamables.				2
Valor excepcional, inflamable, computadores o electrónicos.				3
Valores excepcionales, bienes culturales irreparables				4
Valor=				0,5
Ocupación de la estructura				
Desocupada				0,5
Normalmente Ocupada				1
Dificultad para evacuar o riesgo de pánico				3
Valor=				0,5
Consecuencias del impacto del rayo				
No requiere continuidad en los servicios de las instalaciones, sin impacto en el entorno.				1
Se requiere continuidad en los servicios de las instalaciones, sin impacto en el entorno.				5
Consecuencias en el entorno				10
Valor=				1
Valor Total=				0,25
RESULTADO TOTAL=		0,141405	Sistema de apantallamiento Opcional	

Nds=	0,0008464300	L=	15
DDT=	2,00	W=	12
Ad=	1636,86	H=	5
Localización	CD		
Objeto rodeado de objetos o árboles más altos	0,25		
Objeto rodeado de objetos o árboles de igual altura o menor	0,5		
Objeto aislado sin objetos alrededor	1		
Objeto aislado en la cima de una colina o elevación	2		
Valor=	0,25		

Ilustración 5. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.

E. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.

El nivel de riesgo es el resultado de la valoración conjunta de la probabilidad de que ocurran estos accidentes, la gravedad de sus efectos y lo vulnerable que es el medio en el que ocurren.

Se hizo una selección de los factores de riesgo más comunes, sus posibles causas y algunas medidas que pueden ser de utilidad para la protección.

Los factores de riesgo más comunes son: Arcos eléctricos, la ausencia de electricidad, contactos directos, contactos indirectos, cortocircuitos, electricidad estática, equipos defectuosos, rayos, sobrecargas, tensiones de contacto y las tensiones de paso.

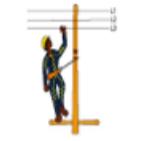
FACTORES DE RIESGO ELÉCTRICO	
	<p style="text-align: center;">ARCOS ELÉCTRICOS</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores con carga, apertura de transformadores de corriente, apertura de transformadores de potencia con carga si utilizar equipo extintor de arco, apertura de transformadores de corriente en secundarios con carga, manipulación indebida de equipos de medida, materiales o herramientas olvidadas en gabinetes, acumulación de óxido o partículas conductoras, descuidos en los trabajos de mantenimiento.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar prendas acordes con el riesgo y gafas de protección contra rayos ultravioleta.</p>
	<p style="text-align: center;">AUSENCIA DE ELECTRICIDAD (EN DETERMINADOS CASOS)</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Apagón o corte del servicio, no disponer de un sistema interrumpido de potencia - UPS, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia. Por ejemplo: Lugares donde se exijan plantas de emergencia como hospitales y aeropuertos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Disponer de sistemas interrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con</p>
	<p style="text-align: center;">CONTACTO DIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Negligencia de Técnicos o impericia de no Técnicos, violación de las distancias mínimas de seguridad.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Establecer distancias de seguridad, interposición de obstáculos, aislamiento o recubrimiento de partes activas, utilización de interruptores diferenciales, elementos de protección personal, puesta a tierra, probar ausencia de tensión, doble aislamiento.</p>
	<p style="text-align: center;">CONTACTO INDIRECTO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallos de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Separación de circuitos, uso de muy baja tensión, distancias de seguridad, conexiones equipotenciales, sistemas de puesta a tierra, interruptores diferenciales, mantenimiento preventivo y correctivo.</p>
	<p style="text-align: center;">CORTOCIRCUITO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Fallos de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades, equipos defectuosos.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortocircuitos fijables.</p>
	<p style="text-align: center;">ELECTRICIDAD ESTÁTICA</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Sistema de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.</p>
	<p style="text-align: center;">EQUIPO DEFECTUOSO</p> <p>POSIBLES CAUSAS: Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p> <p>MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Mantenimiento predictivo, y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.</p>

Ilustración 6. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.

Con el fin de evaluar los niveles de riesgo de tipo eléctrico se desarrolló una matriz donde se reúnen los parámetros más importantes.

Riesgo por arcos eléctricos					
Posibles Causas: En el desarrollo de la instalación eléctrica se pueden presentar quemaduras eléctricas por malos contacto , cortocircuitos.					
Medidas de Protección: Utilizar avisos de precaución, tableros bien cerrados y debidamente rotulados.					
Frecuencia		Severa	Alta	Moderada	Baja
E	No ha ocurrido en el sector				
D	Ha ocurrido en el sector				
C	Ha ocurrido en la empresa				
B	Sucede varias veces al año en la empresa				
A	Sucede varias veces al mes en la empresa				
Riesgo	Tipo de nivel				
	Personas	Económicas	Ambientales	Imagen de la empresa	
Potencial	0	0	0	0	

Ilustración 7. Matriz de riesgos.

Medidas para mitigar el riesgo eléctrico.

En esta sección se debe analizar la manera en la que se va a reducir el riesgo eléctrico en el proyecto.

Existen varias alternativas para reducir el riesgo eléctrico en una instalación, estos son los más comunes:

- La construcción de una Sistema de Puesta Tierra (SPT).
- Instalación de descargadores de sobretensión DPS en los tableros eléctricos principales.
- Se recomienda la implementación de extintores, en todos los cuartos que contienen los diferentes equipos eléctricos.

F. Análisis del nivel de tensión requerido.

Al ser proyectos en baja tensión se conectan a una red pública la cual tiene una tensión de 208/120V y se adopta como el nivel de tensión requerido utilizado para la distribución eléctrica de sus instalaciones internas.

En esta sección de las memorias de cálculo se deberán definir los voltajes nominales del transformador o transformadores que formarán parte de la instalación eléctrica, y que suministrarán energía a todos los equipos conectados, aguas abajo, en el proyecto a construir; alimentados en M.T por la red eléctrica del Sistema Interconectado Nacional, SIN; administrada por el Operador de Red de la región.

<u>Nivel de tensión</u>			
Fecha:			
Nombre del proyecto:			
Tensión nominal del Transformador:			
Nivel de Tensión Aprobado:			
Operador de Red:			
N° de circuito ó nodo en M.T (Media tensión):			
N°	Descripción de equipos	Tensión (V)	Potencia (VA)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Ilustración 8. Niveles de tensión.

G. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que, en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1

El campo electromagnético es una modificación del espacio debida a la interacción de fuerzas eléctricas y magnéticas simultáneamente, producidas por un campo eléctrico y uno magnético que varían en el tiempo, por lo que se le conoce como campo electromagnético variable. Es producido por diferencias de potencial y cargas eléctricas en movimiento y tiene la misma frecuencia de la corriente eléctrica que lo produce. Se ha demostrado que los campos electromagnéticos de bajas frecuencias (0 a 300Hz) no producen efectos nocivos en los seres vivos. Las instalaciones del sistema eléctrico a 60 Hz producen campos electromagnéticos a esta

frecuencia, lo que permite medir o calcular el campo eléctrico y el campo magnético en forma independiente.

Este ítem es especial ya que para nuestro proyecto aplica y a la vez no aplica en algunos casos específicos por lo cual detallamos cada uno de ellos para tener claridad a la hora de ejecutar nuestro proyecto.

APLICA	NO APLICA
<p>La densidad de flujo magnético se debe calcular para corrientes mayores a 1000 A y debe medirse sobre bandejas portacables, buses de barras y otros cables prearmados que transporten estos niveles de corriente y estén ubicados hasta 30 cm de lugares de trabajo o de permanencia de personas. Los diseños de líneas o subestaciones de tensión superior a 57,5 kV, en zonas donde se tengan en las cercanías edificaciones ya construidas, deben incluir un análisis del campo electromagnético en los lugares donde se vaya a tener la presencia de personas. Para lugares de trabajo se debe medir en el lugar asignado por la empresa para cumplir el horario habitual del trabajador. El equipo con el que se realicen las mediciones debe poseer un certificado de calibración vigente y estar sometidos a un control metrológico. Para la medición se pueden usar los métodos de la IEEE 644 o la IEEE 1243.</p>	<p>En el caso de líneas de transmisión el campo electromagnético se debe medir en la zona de servidumbre en sentido transversal al eje de la misma; el valor de exposición al público en general se tomará como el máximo que se registre en el límite exterior de la zona de servidumbre. se debe medir en líneas de transmisión que superen estas corrientes a distancias hasta 1,5 m del conductor para máximos acercamientos de público en general y a 30 cm para personas que laboran en la línea. En ningún caso se debe aceptar la permanencia de personas en distancias menores a las antes señaladas.</p>

Ilustración 9. Casos donde aplica y no aplica el análisis de campos electromagnéticos.

A demás se añade la tabla 14.1 del RETIE para tener claridad sobre los límites de exposición a los campos electromagnéticos.

TIPO DE EXPOSICIÓN	INTENSIDAD DE CAMPO ELÉCTRICO(kV/m)	DENSIDAD DE FLUJO MAGNÉTICO (μT)
Exposición ocupacional en un día de trabajo de ocho horas.	8,3	1000
Exposición del público en general hasta ocho horas continuas	4,16	200

Tabla 14.1 Valores límites de exposición a campos electromagnéticos.

Tabla 2. Límites de exposición a los campos magnéticos.

H. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.

Los transformadores son los enlaces entre los generadores del sistema de potencia y las líneas de transmisión y entre líneas de diferentes niveles de voltaje.

El transformador consiste en dos o más bobinas colocadas de tal forma que están enlazadas por el mismo flujo magnético.

El cambio de voltaje o corriente que hace un Transformador se sucede gracias a que el devanado secundario es inducido por un campo magnético producido por el devanado primario en conjunto con el núcleo. El cambio de voltaje o corriente, que entrega el transformador es inverso, es decir que cuando el transformador aumenta el voltaje, la corriente baja; y cuando el voltaje baja, la corriente sube.

En esta sección deberán especificarse las características técnicas del transformador o transformadores que formarán parte de la subestación eléctrica, y que energizarán el proyecto.

I. Cálculo del sistema de puesta a tierra.

Se debe describir detalladamente las características técnicas del sistema de puesta a tierra y deben verificarse que cumplan con los requerimientos establecidos en la norma ANSI / IEEE Std. 80-2000.

J. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.

La transmisión de energía eléctrica en forma segura y eficiente depende de una correcta selección del calibre del conductor. La capacidad de conducción de corriente de los conductores eléctricos depende de muchos factores, entre los cuales podemos mencionar los siguientes: tipo de instalación (Conduit, charola, ducto subterráneo, etc.), del arreglo de los conductores (plano, trébol, etc.), de la temperatura de operación de los conductores seleccionados, de la longitud del circuito, etc. Debido a lo anterior, se debe realizar un estudio completo de la instalación eléctrica diseñada.

<u>CALCULO ECONOMICO DE CONDUCTORES</u>				
CONDUCTOR PARA EL ALIMENTADOR EN BAJA TENSION				
Fact. De Correccion por Temp.:	1	Alimentador Seleccionado:		ej: 2x(3x4/0+4/0) AWG THHN Cobre
KVA DE DISEÑO	TENSION	CORRIENTE	FACTOR DE SEGURIDAD	TOTAL
1090,6	208	3027,1	1,25	3783,9
Factor mult. de corriente	125 %	Corriente nominal cable	260	A
Corriente de diseño:	3783,9 A	Conductores por fase	2	
Material:	Cobre	Factor de ajuste por agrupamiento	0,8	
Voltaje de Operación Cable:	0-2000	Cap. Total por fase	416	A
Tabla utilizada:	Tabla 310-16 NTC2050	% carga en el cable:	909,6%	
Calibre	4/0 AWG / THHN	% Reserva	-809,6%	
Temp. Operacion.	90°C	Calibre del neutro:	4/0	AWG / THHN
Temp. Ambiente:	26-30 °C	Conductores del neutro:	2	
Nota:				

Ilustración 10. Cálculo económico de conductores.

K. Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente.

La verificación de conductores es una sección de las memorias de cálculo en la que se resumirá el calibre y tipo de conductor seleccionado para cada tramo del proyecto en M.T. y B.T; y donde se compararán los valores de corriente máxima soportada por el conductor seleccionado para cada tramo, y corriente máxima que se podría presentar a través del mismo.

También se incluirá el dato de la capacidad en Amperios de la protección instalada en cada circuito, y el tiempo de disparo en caso de presentarse una falla.

<u>VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES</u>							
Una vez construidas las instalaciones electricas se debe, como parte de la inspección para lograr la certificación, verificar los conductores teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores instalados, la corriente de cortocircuito de la red alimentadora y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC60909, IEEE 242 o equivalente.							
Tramos	Tensión (V)	Longitud - distancia en metros (m)	Corriente (A)	Calibre del conductor	Temperatura del conductor (°C)	Corriente Máxima del conductor (A)	Protección instalada
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Ilustración 11. Verificación de los conductores.

L. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.

El cálculo mecánico de estructuras se realiza con el fin de verificar que los diseños, materiales empleados, forma constructiva y montaje de la estructura garanticen el cumplimiento de los requerimientos mecánicos a los que pueda estar sometida.

El cálculo mecánico de estructuras es un ítem que en su mayoría no cumple con el proyecto ya que para la baja tensión solo aplica en montajes que se realizan en estructuras y se tiene que realizar el cálculo mecánico a la estructura sobre la que va instalada, en baja tensión solo se contempla en la construcción de vanos que requieran de un cálculo.

M. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.

El cálculo y coordinación de protecciones contra sobre corrientes se realiza con el fin de verificar que los tiempos de acción de las diferentes protecciones eléctricas que forman parte del proyecto, se encuentren debidamente coordinados según su posición en la instalación eléctrica.

Para elaborar la coordinación, es necesario contar con las curvas que suministran los fabricantes de cada una de las protecciones a instalar, así como la curva del reconector, otorgada por el operador de red respectivo.

N. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).

En esta sección se debe especificar los diámetros de todas las tuberías a utilizar en el proyecto, así como las dimensiones de los cárcamos para cableado eléctrico, en caso de que apliquen.

<u>Ocupacion de ductos</u>							
Max. Ocupacion	40,00%		Proyecto:				
Total ocupación	20,98%		Fecha: 28/12/2017				
Ubicación			Viene de:			Hasta:	
Cable			Diámetro del cable en mm2			Acometida	
Nº	Calibre	Aislante	Cantidad	Diámetro* mm	Area por cable mm2	Total Grupo mm2	Especificación
1			3	11,52	104,23	312,69	
2			2	4,60	16,62	33,24	
3			1	4,60	16,62	16,62	
4			2	4,60	16,62	33,24	
5			3	4,60	16,62	49,86	
					Area Total	445,64 mm2	
DUCTO							
Tipo de Ducto:			Diámetro:		Pulgadas		
Tubo Metalico Rígido					Diámetro** 52 mm		
Diámetro mínimo recomendado					Area Total 2123,72 mm2		
1 1/2 "							
Nota. Fórmula de la superficie ocupada por los cables:				a) Para calcular el número de conductores permitidos, en las canalizaciones con uniones externas se toma un porcentaje del 40%.			
$N = \frac{CA}{WA}$ N = número de cables CA = superficie del canal en mm2 (pulg2) WA = área de la sección transversal de los cables en mm2 (pulg2) Ref: NTC-2050				b) Para calcular el número de conductores permitidos, en las canalizaciones con uniones internas se toma un porcentaje del 25%.			

Ilustración 12. Cálculos de canalizaciones.

O. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

Las instalaciones eléctricas presentan pérdidas de energía que equivalen a la diferencia entre la energía que se adquiere y la que se vende.

Las pérdidas constituyen una parte de la energía que no es aprovechada y que el sistema requiere para su operación es decir la energía que se pierde en los equipos y elementos que forman parte de las redes.

<u>Pérdidas de Energía</u>								
Proyecto:								
Fecha: 3/01/2018								
Tramo	Longitud en Kilometros	Potencia Consumida KW	Resistencia del conductor Ohm/Km	Voltaje de la Línea	Factor de Potencia	% de Potencia de Perdida		Calibre Conductor Elegido
						Parcial	Acum.	
DESCRIPCIÓN DE CARGA (ej: CIRCUITO 1 Ó ACOMETICA)								
TRANSF.- TG	0,02	981,50	0,1640	208,0	0,90	0,00459	0,00459	
Pérdida de energía por conductor								
Energía disipada (E)	2000	(Ωm)						
Resistencia del conductor (R):	5	(Ω)						
Corriente máxima (I máx)	20	A						
Intervalo de tiempo(Delta de t)	1	1 hora						
$E = R * I_{max}^2 * \Delta t$ $E = \rho * \frac{L}{S} * I_{max}^2 * \Delta t$								
Resistividad electrica del conductor (ρ) en Ohmios (Ω)	25	(Ω)						
Longitud del circuito en (m)	50	m						
Seccion transversal del conductor en mm^2	250	mm^2						
$R = \rho * \frac{L}{S}$								
Pérdidas en dinero (\$) por día	21600000	\$/Wh						
Valor en pesos de cada Wh (Watts x hora) (\$W)	450	Wh						
Energía disipada (E)	2000	(Ωm)						
Día (24 horas)	24	h						

Ilustración 13. Cálculos de pérdidas de energía.

P. Cálculos de regulación.

Una caída de tensión en el conductor se origina debido a la resistencia eléctrica al paso de la corriente. Esta resistencia depende de la longitud del circuito, el material, el calibre y la temperatura de operación del conductor. El calibre seleccionado debe verificarse por la caída de tensión en la línea. Al suministrar corriente a una carga por medio de un conductor, se experimenta una caída en la tensión y una disipación de energía en forma de calor.

<u>Cálculos de Regulación</u>					
3/01/2018					
REGULACION MEDIA TENSION					
Principal M.T.	Constante del conductor	Potencia Instalada		Distancia de la red (metros)	
AWG / ACSR	0,0005619	112,5	KVA	2	
REGA VA	DISTANCIA KM	MOMENTO KVA* MTS	CONSTANTE CONDUCTOR	CAIDA DE TENSION	
				PARCIAL	ACUMULADA
	0,002	0,000225	0,0005619	0,00000013	0,00000013
Conx. _____					
Trafo. _____					
Página 1					
REGULACION O CAIDA DE TENSION BAJA TENSION					
CALCULO DE REGULACION ACOMETIDA GENERAL					
IA. (mts)	CORRIENTE	Resultante (Distancia x Corriente)	# CONDUCT.	K	REGULACIÓN
0	28000,0	560000,0	2	0,243	56,66
	ACUMUL.	CONDUCTOR		VOLTAJE	
	56,66	ej. 2x4/0 Cu		208	
Trafo. _____					
ML/Tablero principal _____					

Ilustración 14. Cálculos de regulación.

Q. Clasificación de áreas.

Instalaciones especiales, según RETIE 2013, Art. 28.3: Son aquellas instalaciones que por estar localizadas en ambientes clasificados como peligrosos, o por alimentar equipos o sistemas complejos, presentan mayor probabilidad de riesgo que una instalación básica, y por tanto,

requieren de medidas especiales para mitigar o eliminar tales riesgos.

Clasificación de Areas				
Proyecto: _____				
Fecha: 3/01/2018				
N°	Area	Ubicación	Carga (VA)	Especificación de zona
1				Industrial
2				Comercial
3				Residencial
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				

Ilustración 15. Clasificación de áreas.

R. Elaboración de diagramas unifilares.

Los diagramas unifilares son una parte vital de cualquier proyecto eléctrico, en ellos se muestra con claridad cada uno de los elementos que componen la instalación eléctrica, desde la red de M.T, hasta los tableros eléctricos finales.

Convenciones: Es la forma de representar los diferentes elementos que conforman los planos, es necesario incluir todas las convenciones utilizadas; también se deben emplear las convenciones correspondientes a la normativa de cada electrificadora.

Notas: Son utilizadas para especificar información referente al proyecto eléctrico, como número de factibilidad, fecha de vencimiento, plazo de ejecución, nombre del proyecto, entre otros.

Resumen del proyecto: Como su nombre lo indica, en este espacio deberá elaborarse un pequeño resumen de cantidades, en el que se incluirán: Número de cuentas residenciales, número de servicios comunes, total cuentas, carga instalada por apartamento, carga de servicios comunes, total carga instalada, longitud red M.T, longitud redes de B.T por calibre, número de transformadores, total kVA, canalizaciones por diámetro, cámaras de inspección.

S. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.

Siempre que se proyecte una instalación es necesario dibujar un plano que indique los datos necesarios para que los operarios ejecuten correctamente el trabajo y en el menor tiempo posible. El electricista debe estar capacitado, además, para interpretar los deseos y exigencias de sus clientes y para poder plasmar estas ideas en un plano. En estos casos se hace necesario recurrir a la utilización de ciertos símbolos y normas que faciliten la presentación del trabajo y al mismo tiempo, permitan leer o interpretar los planos eléctricos de las casas o edificios.

T. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.

Este ítem que se refiere a que cada que se proyecte una instalación es necesario dibujar un plano que indique los datos necesarios para que los operarios ejecuten correctamente el trabajo y en el menor tiempo posible, no aplica para el proyecto ya que es de cada ingeniero o proyectista especificar lo que recurre esencial para llevar a cabo su proyecto.

U. Establecer las distancias de seguridad requeridas.

Es responsabilidad del diseñador de la instalación eléctrica verificar que en la etapa preconstructiva este requisito se cumpla. No se podrá dar la conformidad con el RETIE a instalaciones que violen estas distancias. El profesional competente responsable de la construcción de la instalación o el inspector que viole esta disposición, sin perjuicio de las

acciones penales o civiles, debe ser denunciado e investigado disciplinariamente por el consejo profesional respectivo. Para la medición de distancias de seguridad, los accesorios metálicos normalmente energizados serán considerados como parte de los conductores de línea y las bases metálicas de los terminales del cable o los dispositivos similares, deben ser tomados como parte de la estructura de soporte. La precisión en los elementos de medida no podrá tener un error de más o menos 0,5%.

- **Nota 1:** En el caso de tensiones mayores a 57,5 kV entre fases, las distancias de aislamiento eléctrico especificadas en las tablas se incrementarán en un 3% por cada 300 m que sobrepasen los 1000 metros sobre el nivel del mar.
- **Nota 2:** Las distancias verticales se toman siempre desde el punto energizado más cercano al lugar de posible contacto.
- **Nota 3:** La distancia horizontal “b” se toma desde la parte energizada más cercana al sitio de posible contacto, es decir, trazando un círculo desde la parte energizada, teniendo en cuenta la posibilidad real de expansión vertical que tenga la edificación y que en ningún momento la red quede encima de la construcción.
- **Nota 4:** Si se tiene una instalación con una tensión diferente a las contempladas en el presente reglamento, debe cumplirse el requisito exigido para la tensión inmediatamente superior.
- **Nota 5:** Cuando los edificios, chimeneas, antenas o tanques u otras instalaciones elevadas no requieran algún tipo de mantenimiento, como pintura, limpieza, cambio de partes o trabajo de personas cerca de los conductores; la distancia horizontal “b”, se podrá reducir en 0,6 m.
- **Nota 6:** Un techo, balcón o área es considerado fácilmente accesible para los peatones si éste puede ser alcanzado de manera casual a través de una puerta, rampa, ventana, escalera o una escalera a mano permanentemente utilizada por una persona, a pie,

alguien que no despliega ningún esfuerzo físico extraordinario ni emplea ningún instrumento o dispositivo especial para tener acceso a éstos. No se considera un medio de acceso a una escalera permanentemente utilizada si es que su peldaño más bajo mide 2,45 m o más desde el nivel del piso u otra superficie accesible fija.

- **Nota 7:** Si se tiene un tendido aéreo con cable aislado y con pantalla no se aplican estas distancias; tampoco se aplica para conductores aislados para baja tensión.
- **Nota 8:** En techos metálicos cercanos o en casos de redes de conducción que van paralelas o que cruzan las líneas de media, alta y extra alta tensión, se debe verificar que las tensiones inducidas no generen peligro o no afecten el funcionamiento de otras redes.
- **Nota 9:** Donde el espacio disponible no permita cumplir las distancias horizontales de la Tabla 13.1 del RETIE para redes de media tensión, tales como edificaciones con fachadas o terrazas cercanas, la separación se puede reducir hasta en un 30%, siempre y cuando, los conductores, empalmes y herrajes tengan una cubierta que proporcione suficiente rigidez dieléctrica para limitar la probabilidad de falla a tierra, tal como la de los cables cubiertos con tres capas para red compacta. Adicionalmente, deben tener espaciadores y una señalización que indique que es cable no aislado. En zonas arborizadas urbanas se recomienda usar esta tecnología para disminuir las podas.
- **Nota10:** En general los conductores de la línea de mayor tensión deben estar a mayor altura que los de la de menor tensión.

V. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.

Este ítem no aplica en el proyecto ya que rara vez se da y depende de condiciones muy adversas en el sitio donde se desarrolla el proyecto, para que el proyectista tenga que desviarse de la norma por ejemplo dejar de acudir al RETIE y recurrir a la NTC2050.

W. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.

Son instalaciones que, al estar localizadas en ambientes precarios, denominados peligrosos o por alimentar equipos complejos, presentan una probabilidad de riesgo mayor a la de una instalación eléctrica básica y, por tanto, requieren de medidas especiales para eliminar o prevenir este riesgo

Conclusiones.

El proyecto realizado contribuye de una manera muy importante para identificar y resaltar los puntos que hay que cubrir y considerar para llevar a cabo una implementación exitosa de la información necesaria para presentar las memorias de cálculo en nuestros proyectos.

Dentro de los puntos que consideramos tiene más importancia dentro de un proyecto de esta naturaleza son las de detectar cuales son las necesidades y requisitos de todos los profesionales electricistas que desarrollan sus proyectos con memorias de cálculo donde se involucran la información necesaria, los cálculos detallados y las normas técnicas colombianas de manera que cada de uno de estas falencias pueda ser resuelta definiendo una manera clara y lo más tangible posible los beneficios económicos y laborales.

Teniendo en cuenta el artículo 10.1 (Instalaciones eléctricas RETIE) se establece que fuera de los parámetros de cálculos otros puntos importantes que deben estar incluidos en las memorias de cálculo de un proyecto eléctrico como lo son las medidas y los estudios para salvaguardar la vida de todos los seres vivos. Seis de cada diez profesionales en diseño eléctrico no se detienen en el análisis de las especificaciones ambientales, locacionales y de infraestructura donde se va a ejecutar el proyecto para tener en cuenta unas normas de seguridad más detalladas.

Conforme fuimos realizando el proyecto nos fuimos percatando de muchas cosas que no habíamos considerado, que ignorábamos. Pudimos percatarnos de la importancia de saber la necesidad de las memorias de cálculo en la presentación de los proyectos y detectar métodos para que estas puedan tener claridad para las personas encargadas de su revisión por lo que se considera que la información es uno de los recursos más importantes y que muchas veces no les damos relevancia por eso fue importante añadir en el trabajo el paso a paso de cada cálculo realizado.

7. Recomendaciones.

El trabajo alcanzaría un mejor resultado si se abarcara la totalidad de proyectos que tiene la rama de la ingeniería eléctrica ya que en el presente trabajo no se tienen en cuenta los diseños eléctricos de coordinación de protecciones, también en proyectos de muy baja, alta y extra alta tensión.

Para la concepción de un buen diseño es necesario tener a la mano un conocimiento detallado de las herramientas necesarias para realizarlos, las normas que rigen el diseño en nuestro país (Colombia) y el manejo de los diferentes softwares disponibles en el campo.

Para que el cálculo resulte más ágil se recomienda primeramente hacer un pre diseño del proyecto para que los datos que se introduzcan sean lo más parecidos a los definitivos y evitarse tener que realizar correcciones o concluir que hay un cálculo errado.

8. Bibliografía

- Agroproyectos. (2015). *Agroproyectos*. Obtenido de Agroproyectos:
<http://www.agroproyectos.org/memorias-de-calculo-en-excel/>
- Caldas, U. D. (2006). *Curso Virtual de Redes Eléctricas*. Obtenido de Curso Virtual de Redes Eléctricas:
<http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/grupos/gispud/redeselectricas/site/cap1/c1nivel.php>
- Castaño, S. R. (2004). Redes de distribución de energía . En *Redes de distribución de energía . Manizales .*
- Castaño, S. R. (2004). Redes de distribución de energía . Manizales.
- CREG. (1994). *CREG*. Obtenido de CREG: <http://www.creg.gov.co/>
- Digital, A. (2014). *Arquitectura Digital*. Obtenido de Arquitectura Digital:
<https://perspectivas.jimdo.com/memoria-de-calculo/>
- EADIC. (2017). *EADIC*. Obtenido de EADIC: <http://www.eadic.com/para-que-sirve-la-memoria-de-calculo-estructural-parte/>
- Gaviria, S. I. (2016). *METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE PROYECTOS ELÉCTRICOS DE SUBESTACIONES TIPO LOCAL*. En S. I. Gaviria, *METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE PROYECTOS ELÉCTRICOS DE SUBESTACIONES TIPO LOCAL*. Caldas .
- Gómez, J. R. (2017). *Portafolio*. Obtenido de <http://www.portafolio.co/negocios/ajuste-del-mercado-electrico-colombiano-llegaria-en-2017-502426>
- ICONTEC. (1998). Norma Técnica Colombiana . En ICONTEC, *ICONTEC*. Bogotá .
- MinMinas. (2010). RETILAP. En MinMinas, *MinMinas*. Bogotá.
- MinMinas. (2013). *ANEXO GENERAL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)*. Bogotá.
- MinMinas. (2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas . En MinMinas. Bogotá .
- Moreno, F. (2011). *Calculos Electricos NT*. Maracaibo .
- Pozo, J. C. (2016). *Eadic*. Obtenido de Eadic: <http://www.eadic.com/para-que-sirve-la-memoria-de-calculo-estructural-parte/>
- Proyectos, A. (Septiembre de 2017). *Agro Proyectos*. Obtenido de Agro Proyectos:
<http://www.agroproyectos.org/memorias-de-calculo-en-excel/>

sociedades, S. d. (2016). Desempeño del sector de infraestructura informe. En S. d. sociedades. Bogotá .

UPME. (1992). *UPME*. Obtenido de UPME:

<http://www1.upme.gov.co/Entornoinstitucional/NuestraEntidad/Paginas/Historia-de-la-UPME.aspx>

Upme. (2013). En *Proyección de Demanda de Energía Eléctrica en Colombia*. Bogotá.

Upme. (2013). Obtenido de

http://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Documents/proyeccion_demanda_ee_Abr_2013.pdf

Upme. (2013). Guía de presentación de un proyecto de energía y gas. En Upme. Bogotá.

Upme. (2013). *Upme*. Obtenido de

http://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Documents/proyeccion_demanda_ee_Abr_2013.pdf

Upme. (2017). Obtenido de

http://www.siel.gov.co/Generacion_sz/Inscripcion/2017/Registro_Proyectos_Generacion_Octubre_2017.pdf

Anexos.

Anexo A. Manual del usuario.

**DISEÑO DE LAS MEMORIAS DE CÁLCULO EN EXCEL PARA PROYECTOS
ELÉCTRICOS EN BAJA TENSIÓN**

GUÍA DEL USUARIO

**Por:
Frank Hincapié
Jonathan Bajonero Montoya
Mateo Celis Gallego**

Institución Universitaria Pascual Bravo

Medellín-Colombia

2017

Contenido	
Introducción	57
¿Cómo ayudar?.....	58
Unidades	59
Constantes y Variables	60
Uso del programa	61
Uso de los botones.....	62
Aplica - No aplica	62
Imprimir	62
Regresar al menú anterior	63
Tablas.....	63
Otros botones	63
Descripción de los ítems	65
Tablas generales para los cálculos.....	65
Uso general de las plantillas de cálculos	66
Bibliografía	68

Introducción

Este Proyecto se centra en la realización de hojas de cálculo en Excel para proyectos eléctricos en media y baja tensión, el cual muestra los factores fundamentales que se deben tener en cuenta para la realización de un diseño de redes eléctricas principalmente implementando normas técnicas de instalaciones eléctricas a nivel internacional y nacional, también implementando y haciendo uso directo al reglamento técnico a nivel nacional como lo es el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas- RETIE, dando como finalidad a los diseños detallados según el artículo 10.1 del mismo reglamento.

Será fundamental comprender el funcionamiento de todas las partes internas y externas de una instalación eléctrica y asegurar al usuario el correcto uso de todas sus funciones.

¿Cómo ayudar?

El trabajo alcanzaría un mejor resultado si se abarcara la totalidad de proyectos que tiene la rama de la ingeniería eléctrica ya que en el presente trabajo no se tienen en cuenta los diseños eléctricos de coordinación de protecciones, también en proyectos de muy baja, alta y extra alta tensión

Para la concepción de un buen diseño es necesario tener a la mano un conocimiento detallado de las herramientas necesarias para realizarlos, las normas que rigen el diseño en nuestro país (Colombia) y el manejo de los diferentes softwares disponibles en el campo.

Para que el cálculo resulte más ágil se recomienda primeramente hacer un pre diseño del proyecto para que los datos que se introduzcan sean lo más parecidos a los definitivos y evitarse tener que realizar correcciones o concluir que hay un cálculo errado.

Unidades

A: Amperios

V: Voltios

VA: Voltio - Amperios

VAR: Voltio – Amperios reactivos

W: Vatios o Watts

Constantes y Variables

d	Distancia desde la fuente hasta la carga [m]
n	Cantidad de conductores por fase
Php	Potencia en el eje del motor [hp]
Iaj	Corriente ajustada de la carga [A]
Iajc	Corriente ajustada del conductor [A]
In	Corriente nominal de la carga (calculada) [A]
Ic	Corriente de la carga [A]
Icc	Corriente de cortocircuito [A]
Inc	Corriente nominal del conductor [A]
ITc	Corriente total del conjunto de conductores [A]
Wc	Potencia activa de la carga [W]
	Resistividad del conductor [ohm/m ²]
Sc	Potencia compleja de la carga [VA]
t	Tiempo [s]
T1	Temperatura de operación del cable [°C]
T2	Temperatura Max. De Corto Circuito [°C]
fp	Factor de potencia de la carga (0 hasta 1)
fa	Factor de agrupamiento de conductores por ducto
ft	Factor de temperatura ambiente para conductores
fd	Factor de diseño para alimentadores (100 en adelante)
VI	Voltaje de línea [V] (si es trifásico y voltaje entre línea y neutro si es monofásico)
Vf	Voltaje final de alimentación carga [V]
	Eficiencia del motor eléctrico (hasta 100%)
R	Resistencia del conductor [/m]
X	Reactancia del conductor [/m]
ΔV	Regulación de voltaje en porcentaje

Uso del programa

Al iniciar la plantilla de Excel nos encontraremos con el panel principal, donde podremos tener acceso a la herramienta en particular que necesitamos.

Diseño de instalaciones eléctricas - Las memorias de calculo para baja tensión		TABLAS	
Item	Aplica	No Aplica	
Toda instalación eléctrica a la que le aplique el RETIE, debe contar con un diseño realizado por un profesional o profesionales legalmente competentes para desarrollar esa actividad. El diseño podrá ser detallado o simplificado según el tipo de instalación.			
a. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.	Aplica		
b. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.	Aplica		
c. Análisis de cortocircuito y falla a tierra.	Aplica		
d. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.	Aplica		
e. Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.	Aplica		
f. Análisis del nivel tensión requerido.	Aplica		
g. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1	No Aplica	Aplica	
h. Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.	Aplica		
i. Cálculo del sistema de puesta a tierra.	Aplica		
j. Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.	Aplica		
k. Verificación de los conductores, teniendo en cuenta el tiempo de disparo de los interruptores, la corriente de cortocircuito de la red y la capacidad de corriente del conductor de acuerdo con la norma IEC 60909, IEEE 242, capítulo 9 o equivalente.	Aplica		
l. Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.	No Aplica	Aplica	
m. Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes. En baja tensión se permite la coordinación con las características de limitación de corriente de los dispositivos según IEC 60947-2 Anexo A.	Aplica		
n. Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).	Aplica		
o. Cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.	Aplica		
p. Cálculos de regulación.	Aplica		
q. Clasificación de áreas.	Aplica		
r. Elaboración de diagramas unifilares.	Aplica		
s. Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.	Aplica		
t. Especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.	No Aplica		
u. Establecer las distancias de seguridad requeridas.	Aplica		
v. Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o de la instalación.	No Aplica		
w. Los demás estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.	No Aplica		
ANEXOS AL PROYECTO (CALCULOS DE ILUMINACION BAJO SOFTWARE, CALCULO DE COO	ANEXOS	DNES)	

En este panel principal podremos encontrar una serie de menús desplegables correspondientes a cada uno de los ítems del artículo 10.1 (Diseño de las instalaciones eléctricas).

Cada uno de estos parámetros está enlazado con un botón el cual nos dice si el ítem al que vamos a ingresar aplica o no aplica para proyectos eléctricos en baja tensión.

Uso de los botones

Aplica - No aplica



Cada uno de estos botones que encontramos en la portada del proyecto tienen 2 funciones:

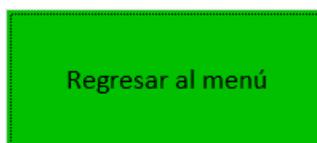
1. Asegurar al usuario que el proyecto que busca desarrollar en la plantilla aplique para esta.
2. Si el ítem aplica encontraremos un botón verde dirigiéndonos a ese ítem con una información de porque aplica para el proyecto. De lo contrario encontraremos un botón rojo el cual al clicarlo nos dirigiara a una pantalla con información de porque no aplica para este proyecto.

Imprimir



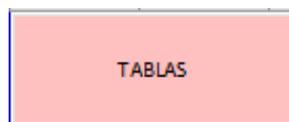
Este botón lo encontramos en cada una de las páginas de la plantilla y tiene la función de imprimir la hoja que necesitamos con los cálculos y la información solicitada.

Regresar al menú anterior



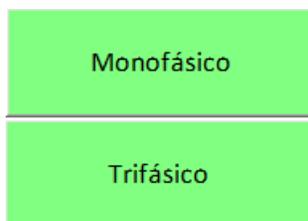
Este botón lo encontramos en cada una de las páginas de la plantilla y tiene la función de llevarnos a la ventana del panel principal.

Tablas



Este botón se encuentra en el panel principal y está vinculado a una ventana la cual contiene cada una de las tablas y convenciones utilizados en

Otros botones



Ver riesgos de origen eléctrico

Estos botones los podemos encontrar en cada una de las páginas de la plantilla y tienen la función de llevarnos a la página donde podemos desarrollar los cálculos.

Descripción de los ítems

Tablas generales para los cálculos

Tablas Generales Para Los Cálculos			
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
Convenciones de las Tablas			
Tabla	Descripción	Fabricante/ Extraído de:	
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

Esta hoja de la plantilla nos permite ver las tablas utilizadas en la construcción, desarrollo de los cálculos y su respectivo fabricante; además los botones con los cuales podemos ir a la tabla que deseamos consultar.

Uso general de las plantillas de cálculos

Cálculos Eléctricos Para Transformador

Nombre del Proyecto:	_____	Fecha 15/12/2017	Regresar al menú
Dirección (ubicación):	_____		Cargas del Transformador
Código:	_____		ICC
Nombre del transformador:	_____		
Color de la pintura:	_____		
Tipo de medida:	_____		
Operador de Red:	_____		
Instalado en <input checked="" type="radio"/> Interior <input type="radio"/> Exterior			
Datos Eléctricos			
Potencia Demandada:	59,84	Clase del transformador :	Página 4
Potencia del Transformador comercial:	75 kVA		
Tipo de alimentación:	Trifasico	Tipo de enfriamiento:	
Impedancia base:	3,07 mΩ		
Frecuencia:	60 Hz		
Relación de Trans.:	1:1		

Cada una de las plantillas de cálculos están desarrolladas de manera similar por lo que su manejo es el mismo.

Potencia Demandada:	59,84	Clase del transformador :	Página 4
Potencia del Transformador comercial:	75 kVA		
Tipo de alimentación:	Trifasico	Tipo de enfriamiento:	
Impedancia base:	2,00 mΩ		
Frecuencia:	60 Hz		
Relación de Trans.:	1:1		
Primario		Secundario	
Tipo de conexión:		Tipo de conexión:	
Hilos:	2	Hilos:	3
Voltaje de línea:	0,48 kV L-L	Voltaje de línea:	0,48 kV L-L (480 V)
Voltaje de fase:	0,48 kV	Voltaje(s) de fase:	0,48 kV (480 V)
Corriente de línea:	156,25 A	Corriente de línea:	156,25 A
Corriente de Fase:	156,25 A	Corriente de Fase:	156,25 A
Conexión del neutro:	a tierra con baja impedancia	Conexión del neutro:	Flotante

La introducción de los datos la podemos hacer de forma manual y también en algunos casos más específicos tendremos un menú desplegable para poder elegir el parámetro.

Factor mult. de corriente	125 %
Corriente de diseño:	195,31 A
Material:	COBRE
Voltaje de Operación Cable:	0 - 2000 V
Tabla aplicada:	
Calibre	8 AWG / MCM
Temp. Op.	105°C
Fact. Temp	36-40
Corriente nominal cable	36-40
Conductores por fase	41-45
Cap. Total por fase	46-50
% carga en el cable	51-55
% Reserva	56-60
Calibre del neutro:	61-70
Conductores por neutro:	71-80
	1

Página

Bibliografía

- Agroproyectos. (2015). *Agroproyectos*. Obtenido de Agroproyectos:
<http://www.agroproyectos.org/memorias-de-calculo-en-excel/>
- Caldas, U. D. (2006). *Curso Virtual de Redes Eléctricas*. Obtenido de Curso Virtual de Redes Eléctricas:
<http://gemini.udistrital.edu.co/comunidad/grupos/gispud/redeselectricas/site/cap1/c1nivel.php>
- Castaño, S. R. (2004). Redes de distribución de energía . En *Redes de distribución de energía . Manizales .*
- Castaño, S. R. (2004). Redes de distribución de energía . Manizales.
- CREG. (1994). *CREG*. Obtenido de CREG: <http://www.creg.gov.co/>
- Digital, A. (2014). *Arquitectura Digital*. Obtenido de Arquitectura Digital:
<https://perspectivas.jimdo.com/memoria-de-calculo/>
- EADIC. (2017). *EADIC*. Obtenido de EADIC: <http://www.eadic.com/para-que-sirve-la-memoria-de-calculo-estructural-parte/>
- Gaviria, S. I. (2016). *METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE PROYECTOS ELÉCTRICOS DE SUBESTACIONES TIPO LOCAL*. En S. I. Gaviria, *METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE PROYECTOS ELÉCTRICOS DE SUBESTACIONES TIPO LOCAL*. Caldas .
- Gómez, J. R. (2017). *Portafolio*. Obtenido de <http://www.portafolio.co/negocios/ajuste-del-mercado-electrico-colombiano-llegaria-en-2017-502426>
- ICONTEC. (1998). Norma Técnica Colombiana . En ICONTEC, *ICONTEC*. Bogotá .
- MinMinas. (2010). RETILAP. En MinMinas, *MinMinas*. Bogotá.
- MinMinas. (2013). *ANEXO GENERAL REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)*. Bogotá.
- MinMinas. (2013). Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas . En MinMinas. Bogotá .
- Moreno, F. (2011). *Calculos Electricos NT*. Maracaibo .
- Pozo, J. C. (2016). *Eadic*. Obtenido de Eadic: <http://www.eadic.com/para-que-sirve-la-memoria-de-calculo-estructural-parte/>
- Proyectos, A. (Septiembre de 2017). *Agro Proyectos*. Obtenido de Agro Proyectos:
<http://www.agroproyectos.org/memorias-de-calculo-en-excel/>

sociedades, S. d. (2016). Desempeño del sector de infraestructura informe. En S. d. sociedades. Bogotá .

UPME. (1992). *UPME*. Obtenido de UPME:

<http://www1.upme.gov.co/Entornoinstitucional/NuestraEntidad/Paginas/Historia-de-la-UPME.aspx>

Upme. (2013). En *Proyección de Demanda de Energía Eléctrica en Colombia*. Bogotá.

Upme. (2013). Obtenido de

http://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Documents/proyeccion_demanda_ee_Abr_2013.pdf

Upme. (2013). Guía de presentación de un proyecto de energía y gas. En Upme. Bogotá.

Upme. (2013). *Upme*. Obtenido de

http://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Documents/proyeccion_demanda_ee_Abr_2013.pdf

Upme. (2017). Obtenido de

http://www.siel.gov.co/Generacion_sz/Inscripcion/2017/Registro_Proyectos_Generacion_Octubre_2017.pdf

Anexo 1. Manual del Usuario.