	<b>GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS</b>		<b>CÓDIGO</b>	FO-GS-15
			<b>VERSIÓN</b>	02
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>		<b>FECHA</b>	03/04/2017
			<b>PÁGINA</b>	1 de 1
<b>ELABORÓ</b>		<b>REVISÓ</b>	<b>APROBÓ</b>	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad	

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): JEFERSON JHOAN APELLIDOS: CHACON AILLON

NOMBRE(S): ANGIE MARCELA APELLIDOS: MARTINEZ AFANADOR

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGEIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): RONI MAURICIO APELLIDOS: JAYA CAMACHO

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN E ILUMINACIÓN EXTERNA PARA LA PLATA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EMPZULIA E.S.P. DEL MUNICIPIO DE EL ZULIA, NORTE DE SANTANDER.

El proyecto tiene como finalidad un estudio detallado del consumo energético que requiere la planta de tratamiento de agua del zulía, con el fin de realizar de manera detallada un diseño eléctrico y de iluminación que cumpla con todo lo establecido en el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE y RETILAP, de la empresa de acueducto del municipio del zulía.

PALABRAS CLAVES: norma, ensayos, cumplimiento, acreditación, diagnostico.

CARACTERISTICAS

PÁGINAS: 109 PLANOS:        ILUSTRACIONES:        CD ROOM:   1

DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN BAJA  
TENSIÓN E ILUMINACIÓN EXTERNA PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUA POTABLE EMZULIA E.S.P. DEL MUNICIPIO DE EL ZULIA, NORTE DE  
SANTANDER

JEFERSON JHOAN CHACON AILLON

ANGIE MARCELA MARTINEZ AFANADOR

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2021

DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN BAJA  
TENSIÓN E ILUMINACIÓN EXTERNA PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE  
AGUA POTABLE EMZULIA E.S.P. DEL MUNICIPIO DE EL ZULIA, NORTE DE  
SANTANDER

JEFERSON JHOAN CHACON AILLON

ANGIE MARCELA MARTINEZ AFANADOR

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO  
ELECTROMECAÁNICO

DIRECTOR: ESP. RONI MAURICIO JAYA CAMACHO.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PLAN DE ESTUDIO DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA  
SAN JOSÉ DE CÚCUTA  
2021

**ACTA DE SUSTENTACIÓN PROYECTO DE GRADO  
MODALIDAD TRABAJO DIRIGIDO**

**FECHA:** 27 de agosto de 2021

**HORA:** 10:00 AM

**LUGAR:** Sustentación Virtual

**PLAN DE ESTUDIOS:** INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

**TÍTULO DEL TRABAJO DE GRADO:** "DISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN E ILUMINACIÓN EXTERNA PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EMZULIA E.S.P. DEL MUNICIPIO DE EL ZULIA, NORTE DE SANTANDER."

**JURADOS:** Ing. JESUS HERNANDO ORDOÑEZ CORREA

Ing. LUIS RODOLFO DAVILA MARQUEZ

**DIRECTOR:** Ing. RONI MAURICIO JAYA CAMACHO

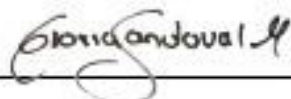
**APROBADA**

<b>NOMBRE DEL ESTUDIANTE:</b>	<b>CÓDIGO</b>	<b>CALIFICACION</b>
JEFERSON JHOAN CHACÓN AILLON	1090835	4.0
ANGIE MARCELA MARTÍNEZ AFANADOR	1090936	4.0

**FIRMA DE LOS JURADOS:**

**VOBO. COORDINADOR COMITÉ CURRICULAR**



*Revisión 01*

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente, a DIOS quien fue el que me guio en las decisiones que debía tomar para cumplir con este paso tan grande en mi vida que es finalizar mis estudios profesionales.

Agradecerles a mis padres Hernan Chacón y María Elcida Aillon Peña por apoyarme durante todo este tiempo y quienes me aconsejaron para nunca decaer y seguir con ese proyecto trazado en mi vida, a mis hermanos Isbelia Chacon, Yeimer Chacon, y Daiver Chacon quienes me han guiado y aconsejado durante todo este tiempo para alcanzar este logro propuesto, a mi compañera incondicional Maryury Yaneth Garnica Alba que a lo largo de todos estos años a estado a mi lado acompañándome, apoyándome e impulsándome para que nunca decayera y lograra esta meta que un día me propuse cumplir.

Agradecerle al Ing. Esp. Rony Mauricio Jaya Camacho por acogerme y guiarme en mi proyecto de grado.

Jeferson Jhoan Chacón Aillon

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito las metas propuestas. Mis logros son resultado de su ayuda, gracias por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mi persona.

Agradezco a mis padres Elcida Afanador y Henry Martínez por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes, gracias a ellos por cada día confiar y creer en mí, por cada consejo y palabras las cuales me guiaron durante mi etapa universitaria.

A mi director de tesis quien con su experiencia, conocimiento y motivación me ayudo en la realización y culminación de mi tesis.

Agradezco a todos los docentes que, con su sabiduría, conocimiento y apoyo, motivaron a desarrollarme como persona y profesional en la Universidad Francisco de Paula Santander.

Angie Marcela Martínez Afanador

## Tabla De Contenido

Introducción	18
1 Problema.	19
1.1 Título	19
1.2 Planteamiento del problema.	19
1.3 Formulación del problema	20
1.4 Justificación.	20
1.5 Objetivos	22
1.5.1 Objetivo general.	22
1.5.2 Objetivos específicos.	22
1.6 Delimitación	23
1.6.1 Delimitación espacial.	23
1.6.2 Delimitación temporal.	23
1.7 Alcance y limitaciones	24
1.7.1 Alcances	24
1.7.2 Limitaciones	24
2 Marco referencial	25
2.1 Antecedentes	25
2.2 Marco contextual.	27

2.3	Marco conceptual	27
2.4	Marco Teórico	29
2.4.1	Sistema de distribución de baja tensión.	29
2.4.2	Redes de distribución aéreas	29
2.4.3	Redes de distribución secundarios	31
2.4.4	Tableros de distribución de energía eléctrica BT	32
2.4.5	Componentes de un tablero de distribución	33
2.4.6	Disposiciones técnicas para los tableros de distribución	35
2.4.7	Iluminación en Exteriores	37
2.4.8	Selección de luminarias y fuentes luminosas	37
2.4.9	Proceso de diseño de iluminación	38
2.5	Marco legal.	41
2.6	Glosario	41
3	Diseño metodológico	43
3.1	Tipo de investigación	46
3.2	Población y Muestra	46
3.2.1	Población	46
3.2.2	Muestra	46
4	Memorias del cálculo del diseño eléctrico	47
4.1	Diseño detallado de las instalaciones eléctricas	47



4.2	análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.	47
4.3	Cálculo de la demanda máxima y proyectada	49
4.4	Análisis de carga y factor de potencia	50
4.5	Análisis de armónicos	52
4.6	Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.	55
4.7	Análisis de cortocircuito y falla a tierra.	56
5	Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.	57
6	Evaluación del riesgo eléctrico	62
6.1	Señalización de seguridad	68
6.2	Análisis del nivel tensión requerido.	69
7	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 21	69
7.1	Cálculo y selección de la capacidad de potencia nominal (Burden) para el Transformador de corriente TC's y PT's	70
7.2	Error porcentual de conductores por fase de medida	72
8	Cálculo de transformadores incluyendo los efectos de los armónicos y factor de potencia en la carga.	74
9	Cálculo del sistema de puesta a tierra.	75

10	Cálculo económico de conductores, teniendo en cuenta todos los factores de pérdidas, las cargas resultantes y los costos de la energía.	78
11	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.	81
12	Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.	81
13	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.	82
13.1	Selección de protecciones termomagnéticas por Baja tensión(BT)	83
14	Cálculos de canalizaciones (tubo, ductos, canaletas y electroductos) y volumen de encerramientos (cajas, tableros, conduletas, etc.).	85
15	cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.	87
16	cálculos de regulación.	87
17	elaboración de diagramas unifilares.	88
18	elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.	91
19	especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.	94
19.1	Tableros de distribución	94
19.2	Salidas para dispositivos (tomas, interruptores, portalámparas)	96

19.3	Medidores de energía	97
20	Presupuesto listado de materiales construcción de diseño eléctrico planta zulía	100
21	establecer las distancias de seguridad requeridas.	102
22	Conclusiones	104
23	Recomendaciones	105
	Anexos	106
	Referencias Bibliográficas	108

Lista de figuras	Pág.
figura 1 Tablero de distribución BT	32
figura 2 Cuadro de cargas y selección de transformador	47
figura 3 cuadro de cargas cuarto de bombeo	48
figura 4 cuadro de cargas fontanería	48
figura 5 cuadro de cargas oficina	49
figura 6 cuadro de cargas luminarias	49
figura 7 análisis de corto circuito y falla a tierra	56
figura 8 subestación eléctrica aérea 112.5 kva	74
figura 9 detalle de SPT	75
figura 10 análisis de sistema de puesta a tierra	77
figura 11 Curva selección de protección termomagnética	82
figura 12 curva C selección de protección termomagnética	83
figura 13 Selección de protección termomagnética para conductores	83
figura 14 selección de conductor por BT	84
figura 15 selección de DPS	84
figura 16 selección de cortocircuito	84
figura 17 detalles de cortacircuitos	85
figura 18 triángulo de potencia	87
figura 19 diagrama unifilar general planta acueducto zulía	88
figura 20 diagrama unifilar caseta de bombeo	89
figura 21 diagrama unifilar oficinas	89
figura 22 diagrama unifilar fontanería	90

figura 23 diagrama unifilar alumbrado publico	90
figura 24 planta salidas de luminarias oficina	91
figura 25 planta salida de tomas oficina	92
figura 26 planta caseta de bombeo	93
figura 27 planta caseta de bombeo	93
figura 28 detalle gabinte general y sus protecciones	95
figura 29 gabinete para motores y sus protecciones	96
figura 30 Distancias de seguridad en construcciones	103
figura 31planta general alumbrado publico	106

## Lista de tablas

	Pág.
tabla 1 Suministro de redes de distribución eléctrica	31
TABLA 2 Tipos de medida	31
Tabla 3 maxima corriente armónica	53
Tabla 4 cálculo de BIL	55
Tabla 5 SELECCION DEL BIL POR NIVEL DE TENSION	56
Tabla 6 Evaluación de riesgo eléctrico	62
Tabla 7 Valores límites de exposición a c-electromagnético	70
Tabla 8 calculo del burden del trasformador de corriente	71
Tabla 9 calculo del burden trasformador de tension	71
Tabla 10 error poncertual en seleccion de medidor	73
Tabla 11 calculo económico de conductores	79
Tabla 12 Factor de seguridad cálculo de estructuras	81
Tabla 13 espesor de ductos metálicos y no metálicos	85
Tabla 14 dimensiones de ductos	86
Tabla 15 alturas mínimas para tomas y alumbrado	97
Tabla 16 Clasificación del punto de medición	97
Tabla 17 selección de medidor	98
Tabla 18 tabla de medida	98
Tabla 19 seleccion de CT en BT	99
Tabla 20 Presupuesto materiales y mano de obra planta acueducto el zulia	100
Tabla 21 Distancias mínimas de seguridad	102



## **Resumen**

El proyecto tiene como finalidad realizar un estudio detallado del consumo energético que requiere la planta de tratamiento del zulia , con el fin de realizar de manera detallada un diseño eléctrico que cumpla con todo lo establecido el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE,de la empresa de acueducto del municipio del zulia , para ello se elabora un proyecto en la modalidad de Trabajo dirigido con el fin de hacer una investigación documental con las fuentes suministradas por el personal de mantenimiento de la planta de tratamiento de agua . Inicialmente se elaboró un análisis del consumo total que demanda todo los equipos utilizados para el proceso de tratamiento de agua, con los datos obtenidos se dará inicio al diseño eléctrico que inicia desde la subestación eléctrica de 112.5 kva ,redes de BT ,cárcamos y selección de ductos ,tablero principal y protecciones .

Aplicando las normatividades vigentes tales como las normas RETIE ,NTC 2050 ,y las normas de diseño de centrales eléctricas del norte de Santander la cual es la encargada de realizar una revisión y a su vez da el dictamen de aprobado dicho proyecto ,validando los cumplimientos RETIE Y NTC 2050.



## **Abstract**

The purpose of the project is to carry out a detailed study of the energy consumption required by the treatment plant in Zulia, in order to carry out in a detailed way an electrical design that complies with all the provisions of the technical regulation of electrical installations RETIE, of the company of Aqueduct of the municipality of Zulia, for this a project is developed in the Directed Work modality in order to do a documentary investigation with the sources provided by the maintenance personnel of the water treatment plant. Initially, an analysis of the total consumption demanded by all the equipment used for the water treatment process was prepared, with the data obtained, the electrical design will start from the 112.5 kva electrical substation, LV networks, sumps and

## **Introducción**

Actualmente la electricidad está inmersa en todas las actividades que desarrolla el hombre, por ende, en todos los lugares donde se encuentre hará uso de la electricidad para realizar sus funciones diarias, es por eso que todo establecimiento debe contar con una adecuada instalación para el correcto uso de la electricidad.

Los tableros eléctricos constituyen uno de los componentes más importantes de las instalaciones eléctricas, por lo tanto, están siempre presentes, destinados a cumplir las funciones de medición, control, maniobra y protección.

Por consiguiente uno de los propósitos a cumplir en el presente proyecto es realizar el diseño del tablero de distribución de energía eléctrica, ya que, esta es la etapa más importante en la ejecución de las instalaciones eléctricas de baja tensión, donde se dimensionan todos los equipos de protección en la cual se debe garantizar la continuidad del servicio y la protección de los equipos, instalaciones y de las personas, de tal manera que pueda evitar accidentes de electrocución y sobre todo para evitar incendios que en muchas ocasiones ha causado las más grandes tragedias en nuestro país.

Así mismo se busca restablecer las redes de baja tensión de modo que se cambie de red abierta a red trenzada para mejorar el servicio eléctrico domiciliario y por último realizar el diseño de un sistema de iluminación en exterior que supla las necesidades requeridas por la PTAP EMZULIA E.S.P.

El proyecto se realizará bajo el cumplimiento de las normas NTC 2050, RETIE y RETILAP, con estándares de calidad necesarios para este tipo de proyectos que contarán con una buena calidad y eficiencia, garantizando el uso de buenos materiales y equipo, a fin de que operen de manera eficiente y segura, tomando como prioridad la preservación de las vidas humanas y el medio ambiente.

## **1 Problema.**

### **1.1 Título**

Diseño del sistema de distribución de energía eléctrica en baja tensión e iluminación externa para la planta de tratamiento de agua potable emzulia e.s.p. del municipio de el zulia, norte de Santander.

### **1.2 Planteamiento del problema.**

Actualmente la PTAP EMZULIA E.S.P. cuenta con un sistema de distribución con redes aéreas abiertas de BT, de donde alimenta sin ningún tipo de protección los motores eléctricos de las bombas centrífugas, adicionalmente, el sistema de iluminación exterior además de estar conectado directamente a la red abierta de BT de donde se alimentan los motores, no establece la iluminancia requerida en el exterior de la planta de tratamiento de agua potable.

Basado en estas características, es de establecer que no se cumple con la normatividad colombiana vigente NTC 2050, RETIE ni RETILAP, lo cual genera riesgos latentes en las instalaciones de la PTAP, que atentan con la integridad del recurso humano y de la maquinaria instalada.

En Colombia, el organismo encargado de verificar todas las instalaciones eléctricas de BT y MT cumplan con toda la normativa exigida por la ntc 2050 las cuales deben dar cumplimiento con los más altos estándares de calidad es el RETIE , los elementos aislantes tienen que mantener sus propiedades, la cuales son aislar el paso de corriente que fluye por un conductor eléctrico cuando el operario se encuentra manipulando dichos elementos .

### 1.3 Formulación del problema

¿Cuál sería el diseño óptimo del sistema de distribución de energía eléctrica en baja tensión e iluminación externa, que permita mejorar las características técnicas del mismo, basados en la NTC 2050, RETIE y RETILAP para la planta de tratamiento de agua potable EMZULIA E.S.P.?

### 1.4 Justificación.

Debido al gran avance tecnológico que está viviendo el planeta, el cual va creciendo de una manera exponencial, cada día más se ha visto la necesidad de estandarizar y crear normas que rijan en cualquier parte del mundo, con el fin de que las personas se les faciliten las cosas y no tengan que adaptarse y fundamentarse en normas locales o regionales, debido a lo anterior surgen la norma NTC 2050,RETIE , Normas de diseño de cens ,CREG ,las cuales aportando nuevos requisitos en los aspectos de diseño ,selección de conductores ,distancias de seguridad poniendo mayor énfasis en la mejora continua, con el fin de garantizar la integridad física y preservar la vida de las personas ,animales.

Por eso es importante que el diseño eléctrico cumpla con cada uno de los ítem establecidos en el retie ,retilap ,ntc 2050 y CREG ,normatividad de cens , con esto la planta tendrá unas

adecuadas instalaciones que cumplan con las respectivas normas y así poder hacer un correcto uso de la electricidad, a partir, de los diseños de tablero de distribución, de redes eléctricas y de iluminación, ya que estos tienen como objetivo solventar los problemas que se presentan en la plata actualmente.

Por lo tanto, el presente proyecto asegura el cumplimiento total de las necesidades y garantiza la seguridad de las personas, la vida animal y la preservación del medio ambiente, disminuyendo los riesgos de origen eléctrico, además de la confiabilidad y buen funcionamiento de los equipos e instalaciones eléctricas.

## 1.5 Objetivos

### 1.5.1 Objetivo general.

Diseñar un sistema de distribución de energía eléctrica en baja tensión e iluminación externa que permita mejorar el sistema existente en la PTAP EMZULIA E.S.P.

### 1.5.2 Objetivos específicos.

- Recolectar Información sobre el actual sistema de distribución en baja tensión e iluminación externa de la PTAP EMZULIA E.S.P.
- Establecer criterios de diseño para el mejoramiento del sistema de distribución en baja tensión e iluminación de la PTAP EMZULIA E.S.P.
- Diseñar el tablero de distribución principal requerido en baja tensión para el sistema e iluminación externa.
- Diseñar el sistema de redes eléctricas en baja tensión para mejorar el sistema existente.
- Diseñar un sistema de iluminación exterior requerido para la PTAP EMZULIA E.S.P.
- Generar un análisis del costo total de la instalación del sistema.

## **1.6 Delimitación**

En el proyecto del diseño eléctrico para la planta de acueducto del zulía , se desarrollará todo lo que abarca la norma, con el propósito de mantener el estándar con el cual se rigen los diseños eléctricos presentados ante el operador de red Centrales eléctricas del norte de Santander CENS , La limitación presente es el software AutoCAD para la realización del diseño del sistema eléctrico e iluminación de exteriores e igual forma puede ser limitantes el factor humano debido a las medidas adquiridas por parte de la gobernación .

### **1.6.1 Delimitación espacial.**

Espacio geográfico: PTAP EMZULIA E.S.P., ubicada en el municipio de El Zulia, Norte de Santander. Departamento de Electricidad y Electrónica de la Universidad Francisco de Paula Santander

### **1.6.2 Delimitación temporal.**

El proyecto se llevará a cabo durante un periodo de 4 meses, una vez cuente con la aprobación por parte del Comité Curricular.

## 1.7 Alcance y limitaciones

### 1.7.1 Alcances

- ❖ Presentar y analizar los requerimientos descritos en la norma NTC 2050, para dar cumplimiento al diseño eléctrico .
- ❖ Facilitar información para los estudiantes de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Francisco de Paula Santander ,con el fin de conocer las normativas que rigen los diseños eléctricos en Colombia , para su proceso de formación como futuros Ingenieros, que sea de ayuda para una posterior investigación sobre tal clase de proyectos.

### 1.7.2 Limitaciones

- ❖ La información sobre los proyectos de diseños eléctricos,es escasa ya que no se explica de manera detallada el proceso que se implementa durante el estudio energético y de ingeniería .
- ❖ Los datos suministrados para el respectivo estudio son suministrados por la planta de acueducto del zulía .



## 2 Marco referencial

### 2.1 Antecedentes

Para la realización del proyecto es necesario apoyarse en documentos y proyectos ya realizados, que brinden conocimiento y confianza, tales como, tesis de grado, artículos de revistas, papers, entre otros.

**Título:** “Diseño de un sistema de iluminación exterior selectivo para una urbanización de viviendas unifamiliares.”

**Autor:** Oriana González Lemus(2017)

**Resumen:** Este proyecto fue presentado para la universidad de la laguna (España) donde su objetivo fue un diseño del sistema de iluminación de una urbanización y su instalación eléctrica, el cual creo un sistema de control basado en el encendido automático de luces y el encendido selectivo según las necesidades de cada zona y en donde se agregó un limitador de flujo para disminuir el voltaje y el consumo eléctrico, el cual nos ayudara para crear el diseño automático de iluminación a exteriores.

**Título:** “Proyecto de diseño de redes de distribución y centros de transformación para una urbanización de viviendas.”

**Autor:** Dmytro Zhornyk Andriovich .(2016)

**Resumen:** Este proyecto fue presentado para la universidad politécnica de Cartagena donde su objetivo es determinar las características técnicas y de seguridad del suministro eléctrico de las diferentes parcelas que componen el polígono residencial, se realizó el cálculo y diseño del

sistema de baja tensión para la alimentación de las cargas de cada una de las residencias así como la valoración y justificación de los materiales empleados en lo mismo, nos guiara para diseñar el sistema de distribución de las redes.

**Título:** “Diseño de redes de distribución eléctrica de media y baja tensión para la normalización del barrio el piñoncito de campo de la cruz.”

**Autor:** Yonathan E. Narváez López, Kieferd D. Prado Linero.(2015)

**Resumen:** Este proyecto fue presentado para universidad de la costa cuc donde su objetivo principal dio una solución de mejora en el diseño del sistema eléctrico con el que contaba el barrio el piñoncito, nos aportara en el diseño de distribución en baja tensión.

**Título:** “Diseño y fabricación de tableros de distribución en baja tensión – proyecto subestación edificio banco agrario dirección general”

**Autor:** Stephany Parra Alemán (2016)

**Resumen:** fue presentado para la universidad distrital francisco José de caldas donde la búsqueda del objetivo general permitió las adecuaciones de las instalaciones eléctricas para el diseño de los tableros de baja tensión alimentados en la subestación permitiendo que la instalación eléctrica funcione en cumplimiento con la normatividad vigente para calidad operación y seguridad de las de las instalaciones y las personas, el cual nos ayudara para el diseño del tablero de distribución.

## 2.2 Marco contextual.

El proyecto se desarrollará dentro de las instalaciones de la planta de acueducto del municipio del zulia .

## 2.3 Marco conceptual

A continuación, se definen algunos conceptos, que el lector no este familiarizado, que facilitaran el entendimiento del proyecto.

RETIE: (Reglamento técnico de instalaciones eléctricas) es un documento técnico-legal para Colombia expedido por el ministerio de Minas y energía.

CREG: La Comisión de Regulación de Energía, Gas y Combustibles es la entidad colombiana adscrita al Ministerio de Minas y Energía encargada de regular los servicios de electricidad y gas según se establece en la ley 142 y 143 de 1994.

Certification: es el acto por el cual un organismo (RETIE) adopta y hace público el reconocimiento que los pares académicos realizan la comprobación que efectúa una institución sobre la calidad de sus programas académicos, y su funcionamiento.

**NTC 2050:** Este reglamento busca garantizar que las instalaciones, equipos y productos usados en la generación, transmisión, transformación, distribución y uso final de la energía eléctrica, cumplan con los siguientes objetivos legítimos: – La protección de la vida y la salud humana. – La protección de la vida animal y vegetal.

**Aislante:** es aquel elemento que, debido a los electrones de su átomo están fuertemente unidos a sus núcleos, prácticamente no permiten sus desplazamientos y por ende, el paso de la corriente eléctrica cuando se aplica a una diferencia de potencial entre dos puntos del mismo.

**Diferencia de potencial:** es el impulso que necesita una carga eléctrica para que pueda fluir por el conductor ‘un cable’ de un circuito eléctrico, esta corriente cesara cuando ambos puntos igualen su potencial eléctrico.

**Requisito:** Un requisito es una circunstancia o condición necesaria para algo, puede emplearse en muy diversos ámbitos.

**Energía eléctrica:** La energía eléctrica es una fuente de energía renovable que se obtiene mediante el movimiento de cargas eléctricas, electrones positivos y negativos, que se produce en el interior de algún material conductor.

**Red media tensión (MT):** Se considera media tensión cuando la instalación eléctrica consta de tensión nominal entre 1 kV (1 000 voltios) y 36 kV (36 000 voltios).

**Red media tensión (BT):** Las líneas de baja tensión son aquellas que distribuyen la energía eléctrica con una tensión asignada de 400V entre fases y 230V entre fase y neutro.

## 2.4 Marco Teórico

### 2.4.1 Sistema de distribución de baja tensión.

La acreditación es la autorización que emite el organismo encargado de acreditación nacional o internacional, el cual permite a empresas y instituciones, encargadas de realizar ensayos o calibraciones, reconocerle competencias técnicas en la realización de tales labores. Las certificaciones solo pueden emitirlas las entidades acreditadas para productos o para sistemas de gestión de la calidad, tales entidades están autorizadas a evaluar la conformidad.

Es conveniente aclarar que en el presente proyecto solo se hará énfasis en la red de distribución de baja tensión (red secundaria). De igual modo se busca profundizar más en el contenido referente a tableros de distribución e iluminación en exteriores.

### 2.4.2 Redes de distribución aéreas

En esta modalidad, el conductor que usualmente está desnudo va soportado a través de aisladores instalados en crucetas, en postes de madera o concreto. Las partes principales que conforman un sistema aéreo según RETIE (2013):

Postes: que pueden ser de madera, concreto o metálicos y sus características de peso, longitud y resistencia a la rotura son determinadas por el tipo de construcción de los circuitos. Son

utilizados para sistemas urbanos postes de concreto de 14, 12 y 10 metros con resistencia de rotura de 1050, 750 y 510 kg respectivamente.

Conductores: son utilizados para circuitos primarios el Aluminio y el ACSR desnudos y en calibres 4/0, 2/0, 1/0 y 2 AWG y para circuitos secundarios en cables desnudos o aislados y en los mismos calibres. Estos circuitos son de 3 y 4 hilos con neutro puesto a tierra. Paralelo a estos circuitos van los conductores de alumbrado público.

Crucetas: son utilizadas crucetas de madera inmunizada o de ángulo de hierro galvanizado de 2 metros para 13.2 kV. y 11.4 kV. Con diagonales en varilla o de ángulo de hierro (pie de amigo).

Aisladores: Son de tipo ANSI 55.5 para media tensión (espigo y disco) y ANSI 53.3 para baja tensión (carretes).

Herrajes: todos los herrajes utilizados en redes aéreas de baja y mediana tensión son de acero galvanizado. (Grapas, varillas de anclaje, tornillos de máquina, collarines, uest, espigos, etc.).

Equipos de seccionamiento: el seccionamiento se efectúa con cortacircuitos y seccionadores monoplares para operar sin carga (100 A - 200 A).

Transformadores y protecciones: se emplean transformadores monofásicos con los siguientes valores de potencia o nominales: 3 - 5 -10 - 15 -25 - 37.5 - 50 - 75 - 100 kVA y para transformadores trifásicos de 30 - 45 - 75 -112.5 y 150 kVA protegidos por cortacircuitos, fusible y pararrayos tipo válvula de 12 kV.

### 2.4.3 Redes de distribución secundarios

En Colombia existen varios voltajes de diseño para circuitos secundarios. Los siguientes son los voltajes de diseño de redes urbanas y rurales que permiten abastecer al servicio residencial, comercial, a la pequeña industria y al alumbrado público cuando estos 2 últimos son alimentados por la red secundaria (Lopez & Linero, 2012)

tabla 1 Suministro de redes de distribución eléctrica

NIVEL DE TENSIÓN	TIPO DE SISTEMA	TIPO DE CONEXIÓN	FASES	TENSIÓN NOMINAL EN VOLTIOS (V) TOLERANCIA (+5%; -10%)
Baja tensión	Monofásico trifilar	Monofásico bifilar	FN	120 V
		Monofásico trifilar (bifásico)	FFN	120 / 240 V
	Trifásico tetrafilar	Monofásico bifilar	FN	120 V
		Monofásico trifilar	FFN	120 / 208 V
		Trifásico tetrafilar	FFFN	120 / 208 V

fuelle: norma CENS S.A. E.S.P. Capítulo 2, pág.32 Para los sistemas industriales y de alumbrado público grandes, que requieren un transformador propio independiente de la red secundaria.

TABLA 2 Tipos de medida

TIPO DE CONEXIÓN	FASES	TENSIÓN NOMINAL EN VOLTIOS (V) TOLERANCIA (+5%; -10%)
Monofásico trifilar (bifásico)	FFN	120 / 240 V
Trifásico tetrafilar	FFFN	127 / 220 V
Trifásico tetrafilar	FFFN	254 / 440 V
Trifásico tetrafilar	FFFN	277 / 480 V

Fuente: Tabla tomada de la norma CENS S.A. E.S.P. Capítulo 2, pág.33

#### 2.4.4 Tableros de distribución de energía eléctrica BT

En una instalación eléctrica, un tablero de distribución es la parte principal. En términos generales los tableros son gabinetes que contienen los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, que cumplen una función específica dentro de un sistema eléctrico

Su principal función es proteger cada uno de los distintos circuitos en los que se divide la instalación. Deben también soportar los niveles de corrientes de cortocircuito. Los tableros de distribución de baja tensión deben cumplir con la norma RETIE.



*figura 1 Tablero de distribución BT*

Fuente: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/tableros-electricos/>



#### 2.4.5 Componentes de un tablero de distribución

**Gabinete:** parte exterior que se encarga de proteger a todos los componentes de un circuito de control, principalmente los podemos encontrar de metal aunque en algunas ocasiones y depende de su aplicación los encontramos de plástico.

**Rieles metálicos:** estos rieles sirven como base para poder montar todos los componentes que se van a utilizar para el control del sistema.

**Barras colectoras:** Estas barras son de un material conductor y se utilizan para suministrar la corriente eléctrica a los componentes del tablero, por lo regular se utilizan cuando se necesita de una gran cantidad de energía.

**Canaletas:** Son unos canales de plástico en donde se colocan los cables para llevarlos de un lugar del tablero hacia otro.

**Borneras de conexiones:** También se les conoce como conectores de glándula y estos van empotrados en el gabinete eléctrico para poder transportar los cables de una manera segura desde el exterior al interior o viceversa.

**Interruptores termo magnético:** a función a cumplir por este, es la de un interruptor manual, es un interruptor automático que se activa gracias a los cortocircuitos y también por sobre corrientes.

Estos son calibrados, cuando se diseñan, para diferentes valores de intensidad que puede tener la corriente eléctrica. Las conexiones se hacen gracias a los bornes con tornillos, y el montaje se lleva a cabo por el riel DIN.

**Interruptor diferencial:** La función a cumplir es igual a la del interruptor termo magnético (quiere decir entonces, la protección a raíz de un corto circuito y sobre corriente), pero tiene la tarea fundamental de proteger de las temidas descargas eléctricas ocasionadas por algunos equipos.

**Seccionador porta fusible:** Cumple con la función de seccionar un circuito (esto quiere decir abrirlo o cerrarlo), como también, mediante un fusible, proteger. El montaje es realizado gracias a un riel DIN, con un conexionado de cables que dependerán de un tornillo.

**Pulsadores:** Es de las partes de un tablero de control eléctrico que podemos emplear cuando se necesita accionar, o detener, el circuito.

**Parada de emergencia:** En caso de una emergencia, cumplen con la función de parar el circuito.

La norma ISO/IEC 17025 es una normativa internacional que fue desarrollada por la ISO, cual se establece los requisitos que deben cumplir los laboratorios de ensayos y calibraciones. Aplica a cualquier tipo de laboratorio encargado de realizar ensayo o toma de muestra, o calibraciones, con el objetivo primordial de demostrar, que los resultados que se están obteniendo sea técnicamente válidos y competentes, garantizando a los clientes la calidad del ensayo realizado. En el laboratorio LEMAT se llevara a cabo el estudio de la unidad 5 de la norma ISO/IEC 17025:2005 la cual habla de los requisitos técnicos descritos en la tabla 1

#### **2.4.6 Disposiciones técnicas para los tableros de distribución**

Los encerramientos su fabricación de los tableros debe evitar que las partes energizadas peligrosas sean accesibles al contacto . En el caso de haber partes que sí estén expuestas, no deben presentar peligro cuando sean operadas o si fallan, La construcción de tableros de distribución con encerramientos plásticos o una combinación metal y plástico está permitida siempre y cuando sean auto extingüibles.

Las partes conductoras de corriente deben de estar fabricadas de un metal que sea útil para la conducción como plata, aleación de plata, cobre, aleación de cobre o aluminio. En tanto, el hierro y acero están contraindicados. Todas la partes externas del panel deben tener conexión a tierra mediante conductores de protección y sus terminales. Identifíquelos con el símbolo de puesta a tierra.

Las dimensiones en cerramientos y barreras deben permitir espacio suficiente para alojamiento de los terminales y curvaturas de los cables ,las partes fabricadas con materiales aislantes han de resistir calor, fuego y la aparición de caminos de fuga. La puerta que cubre los interruptores automáticos debe facilitar su desmonte solamente mediante el uso de una herramienta.

Rotulación en los tableros de distribución debe tener adherida de manera clara, permanente y visible la siguiente información:

- Tensión(es) nominal(es) de operación.
- Corriente nominal de alimentación.
- Número de fases.
- Número de hilos (incluyendo tierras y neutros).
- Razón social o marca registrada del productor, comercializador o importador.
- Símbolo de riesgo eléctrico.
- Identificación de los circuitos.
- Indicación de posiciones de las palancas de los interruptores.
- Diagrama unifilar actualizado.
- Además, el productor debe proporcionar:
- Grado de protección o tipo de encerramiento.
- Diagrama unifilar original del tablero.
- El tipo de ambiente para el que fue diseñado en caso de ser especial.
- Instrucciones para instalación, operación y mantenimiento.

#### **2.4.7 Iluminación en Exteriores**

Un sistema de iluminación de exteriores tiene como objetivo obtener un alumbrado eficiente, sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

Antes de proceder con un proyecto de iluminación se deben conocer las condiciones físicas y arquitectónicas del sitio o espacio a iluminar, sus condiciones ambientales y su entorno, dependiendo de tales condiciones se deben tomar decisiones que conduzcan a tener resultados acordes con los cumplimiento establecidos en el RETIE y RETILAP.

se deben conocer los requerimientos de luz para los usos que se pretendan, para lo cual se debe tener en cuenta los niveles óptimos de iluminación requeridos en la tarea a desarrollar, las condiciones visuales de quien las desarrolla, el tiempo de permanencia y los fines específicos que se pretendan con la iluminación

#### **2.4.8 Selección de luminarias y fuentes luminosas**

En todos los proyectos de iluminación, se deben elegir las luminarias y fuentes luminosas teniendo en cuenta, la eficacia lumínica, flujo luminoso, características fotométricas, reproducción cromática, temperatura del color de la fuente, duración y vida útil de la fuente, tipo y características de la luminaria, todo esto acorde con las actividades y objetivos de uso de los espacios a iluminar; así como de consideraciones arquitectónicas, ambientales y económicas.

Los criterios que se deben usar para identificar los tipos de luminarias son:

- Su fotometría
- Su uso
- El tipo de fuente de luz o bombilla
- Las dimensiones y forma de la luminaria.
- El tipo de montaje o instalación requerido
- Su cerramiento o índice de protección IP
- El tipo de superficie reflectora de su conjunto óptico

#### 2.4.9 Proceso de diseño de iluminación

En Un diseño de iluminación debe seguir el siguiente procedimiento:

**Análisis del proyecto:** en esta etapa se debe recopilar y analizar la información que permita determinar las demandas visuales en función de los alcances, interese y limitaciones del trabajo o tareas a realizar. La identificación clara y precisa de estas variables es fundamental para el éxito de cualquier proyecto.

**Planificación básica:** A partir del análisis de la información reunida en la etapa anterior, se debe establecer un perfil de las características que debe tener la instalación para satisfacer las distintas demandas del lugar. Lo que se busca aquí es desarrollar las ideas básicas del diseño sin llegar a precisar todavía aspectos específicos. Por lo que en esta etapa se deberá contar con un documento de diseño básico. En este punto se debe definir el sistema de alumbrado,

características de las fuentes luminosas recomendadas, uso de alumbrado natural y la estrategia para su integración con la iluminación artificial.

**Diseño detallado:** El diseño detallado es obligatorio para, alumbrado público, iluminación industrial, iluminación comercial con espacios de mayores a 500 m<sup>2</sup> y en general en los lugares donde se tengan más de 10 puestos de trabajo, iluminación de salones donde se imparta enseñanza, o lugares con alta concentración de personas en un mismo salón (50 o más), durante periodos mayores a dos horas. En función del perfil definido en la fase de diseño básico, se deben resolver los aspectos específicos del proyecto, tales como:

- La selección de las luminarias
- El diseño geométrico y sistemas de montaje
- Los sistemas de alimentación, comando y control eléctricos
- La instalación del alumbrado de emergencia y seguridad, cuando se requiera.
- Análisis económico y presupuesto del proyecto

### **Uso de software para diseño de sistemas de iluminación**

El software debe permitir ingresar la información fotométrica de las fuentes en las coordenadas establecidas en el presente reglamento.

Deberá disponer de rutinas de ingreso para la información del diseño geométrico. De la misma forma deberá permitir ingresar la información relacionada con la identificación del objeto de diseño y del diseñador.

Las unidades de medida para los datos a ingresar al software y las de los resultados deben ser claramente identificables, seleccionables y visibles.

Las rutinas de entrada de datos deben permitir la identificación y/o selección de los parámetros a los cuales corresponde la información en cada instante ingresada.

El software debe permitir el uso de las fotometrías reales de las fuentes y no una modelación puntual de las mismas. En el mismo sentido, y con el objeto de disponer de cálculos más exactos y precisos deberá considerar los efectos de reflexiones, las formas y tamaños de los obstáculos.

El software debe permitir identificar las normas internacionales o de reconocimiento internacional usadas en sus algoritmos de cálculo, tales como (CIE, IESNA., NTC, ANSI, etc).



## 2.5 Marco legal.

Para el diseño y cumplimiento RETIE , se deben tener en cuenta las diferentes normas para evitar contratiempos, asegurar su funcionalidad y evitar daños en los elementos aislantes de la planta de acueducto del zulía . A continuación, se encuentran las normas que se deben tener en cuenta:

- RETIE -Reglamento técnico de instalaciones eléctricas
- Retilap -reglamento técnico de iluminación y alumbrado publico
- NTC 2050-Codigo eléctrico colombiano
- NTC 3475-Electrotecnia tablero eléctricos
- Normas de diseño CENS
- CREG 038 Código de medida

## 2.6 Glosario

Para el diseño y certificación se deben tener en cuenta varios conceptos importantes para culminar el proyecto con éxito.

**Proceso:** conjunto de actividades que siguen una serie de pasos para llegar a culminar la actividad con éxito.

**Carga:** La potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o de potencia que transporta un circuito.

**Elemento dieléctrico:** Es un dispositivo capaz de aislar la corriente que fluye por un conductor del medio que lo rodea con el fin de evitar un contacto directo con una persona, animal etc

**Generador de tensión:** Es el encargado de generar tensiones entre los 220 v a 15 kv, con el fin de someter a esfuerzos los materiales dieléctricos para determinar si soportan o no la tensión aplicada a cada uno de estos.

**DPS(dispositivo contra sobretensiones):** Su principal función es aislar los transformadores de una posible descarga atmosférica, enviando la descarga a tierra ,garantizando que el transformador siga funcionando correctamente y brindando su servicio a la comunidad beneficiada.

**Transformador de tensión:** Su principal función es reducir la magnitud de tensión a un nivel seguro y manejable por los dispositivos de control y protección.

**Pararrayos:** Son dispositivos eléctricos formados por una serie de elementos resistivos no lineales y explosores, que limitan la amplitud de las sobre tensiones originadas por descargas atmosféricas, operación de interruptores o desbalanceo de los sistemas de potencia.

### 3 Diseño metodológico

Para el desarrollo metodológico se tendrá en cuenta 10 puntos basados en el sistema PMI (Project Management Institute) , tal tipo de metodología, define la gestión de proyectos como: la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para satisfacer sus requerimientos.

#### 1. Identificar a los interesados

Identificar a los interesados es el primero proceso que realiza un administrador de proyectos una vez que es nombrado. Los interesados son todas aquellas personas u organizaciones cuyos intereses puedan ser afectados de manera positiva o negativa por el proyecto.

Preguntas para identificar los interesados:

¿Qué personas están involucradas?

¿Quién va sufrir impacto por el proyecto?

¿Quién va ser el usuario del resultado del proyecto?

#### 2. (Planeación) Desarrollar el plan para la dirección del proyecto

Incluye acciones para definir, integrar y coordinar todos los planes de las diferentes áreas de conocimiento.

### **3. Definir el alcance**

Definir el alcance es desarrollar una descripción detallada del proyecto y del producto, lo que se busca es generar el enunciado del alcance detallado (qué).

### **4. Planificar la gestión del cronograma**

Planificar la gestión del cronograma, implica definir las políticas para elaborar y gestionar el cronograma, y los temas relacionados con la gestión de cambios.

Se define cómo se van a gestionar las contingencias, los cambios solicitados en el cronograma y también cómo se van actualizar dichos cambios.

### **5. Definir las actividades.**

Los paquetes de trabajo se descomponen en componentes más pequeños denominados actividades, que representan el trabajo necesario para completar los paquetes de trabajo. Con dichas actividades se define el cronograma, costos, riesgos y recursos requeridos en el plan de dirección.

### **6. Secuenciar las actividades**

Secuenciar las actividades es determinar las dependencias entre las actividades identificadas del proyecto.

## **7. Estimar los recursos de las actividades**

Estimar los recursos de las actividades es en donde se identifica el tipo, cantidad y características de los recursos necesarios para completar las actividades, que permiten estimar el costo y la duración de manera más precisa.

## **8. Estimar la duración de las actividades**

Estimar la duración de las actividades es identificar la cantidad de períodos de trabajo necesarios para finalizar las actividades individuales con los recursos estimados.

## **9. Desarrollar el cronograma**

Desarrollar el cronograma consiste en integrar todas las actividades, secuencias, recursos y duraciones.

Se analizan las secuencias de actividades, las duraciones, los requisitos de recursos y las restricciones del cronograma para crear el modelo de programación del proyecto.

## **10. Cerrar el proyecto o fase**

Cerrar el proyecto o fase, también se conoce como cierre administrativo, en tal proceso se tienen que evaluar los resultados antes de seguir con la siguiente fase (si es que el proyecto fue dividido en fases)

### **3.1 Tipo de investigación**

El tipo de investigación del proyecto es descriptiva y explorativa, la cual se encarga de la toma de datos, para el diseño eléctrico de una planta de acueducto , donde se presentan: principios definiciones, leyes y normas generales, Es descriptivo, ya que consiste en la aplicación de la norma técnica NTC 2050 ,RETIE ,RETILAP ,Normas CENS .

### **3.2 Población y Muestra**

#### **3.2.1 Población**

Para la recolección de datos es necesario contar con los técnicos encargados de realizar la operación de los equipos de bombeo y mezcla ,con el fin de obtener información necesaria de la operación de los equipos .

#### **3.2.2 Muestra**

Para la recolección de los usuarios beneficiados, con la implementación de este diseño se lleva un listado de las personas que reciben diariamente el suministro de agua potable , Sin mencionar que el proyecto beneficia directamente a la planta de acueducto del zulía .

## 4 Memorias del cálculo del diseño eléctrico

### 4.1 Diseño detallado de las instalaciones eléctricas

Todo diseño de instalaciones eléctricas debe cumplir con ciertos criterios técnicos establecidos en el RETIE ,en el caso de instalaciones de iluminación ya sea para recintos cerrados o abiertos debe cumplir con los criterios técnicos establecidos en el RETILAP .

### 4.2 análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos.

CUADRO DE CARGAS Y SELECCIÓN DE TRANSFORMADOR																			
TABLERO GENERAL	LUM	TOMA	TOMA	TOMA	CARGA WATT	BALANCE DE CARGAS			TOTAL WATT	F.P.	CARGA KVA.	I. MAX	I Dmax.	COND. THHN.	DUCTO	I con	I corr	PROT	DESCRIPCION
		110	220	440		R	S	T											
	2	2	2		86880	29167	28807	28907	23840	0,96	91	237,8	237,8	4/0 AWG	4" PVC	230	220,8	3X(200-240)	TABLERO MOTORES 1 Y 2
	6	6	4		8350	2830	2690	2830	8350	0,96	9	22,9	22,9	8 AWG	1 " PVC	50	39	2X40	TABLERO OFICINAS
	2	2	1		600	100	100	400	600	0,96	1	1,6	1,6	8 AWG	1 " PVC	50,0	39,0	2X40	TABLERO FONTANERIA
			6		1200	600	300	300	1200	0,96	1	3,3	3,3	8 AWG	AEREA	50,0	50,0	2X40	TABLERO ALUMBRADO
<b>TOTAL</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>97030</b>	<b>32697</b>	<b>31897</b>	<b>32437</b>	<b>33990</b>	<b>0,96</b>	<b>101,1</b>	<b>265,6</b>	<b>265,6</b>	<b>300 MCM</b>	<b>4" PVC</b>	<b>320</b>	<b>246</b>	<b>3X300</b>	<b>TABLERO GENERAL</b>
<b>CARGA REQUERIDA</b>											<b>101.1KVA</b>								
<b>CARGA PROYECTADA A 8 AÑOS</b>											<b>112.5 KVA</b>								
<b>FACTOR DE POTENCIA</b>											<b>0,96</b>								
<b>TRANSFORMADOR SELECCIONADO</b>											<b>112.5 KVA</b>								

figura 2 Cuadro de cargas y selección de transformador

fuentes: Propia

CUADRO DE CARGAS TABLERO GENERAL-CUARTO DE BOMBEO 1-2																				
TABLERO TRIFASICO	CIR.	LUM	TOMA	TOMA	TOMA	CARGA WATT	BALANCE DE CARGAS			TOTAL WATT	F.P.	CARGA KVA.	I. MAX	I Dmax.	COND. THHN.	DUCTO	I con	I corr	PROT	DESCRIPCION
			110	220	440		R	S	T											
			1,3,5				1													
2,4,6			1			62580	20860	20860	20860	62580	0,96	66,2	171,3	171,3	3/0 AWG	2" EMT	195	149,76	3X(140-160)	MOTOR 60 HP
7	2					100			100	100	0,96	0,1	0,9	0,9	12 AWG	1/2" EMT	20	15,36	1X20	LUCES CUARTO DE BOMBEO 1-2
8		2				360	360			360	0,96	0,4	3,1	3,1	12 AWG	1/2" PVC	20	15,36	1X20	TOMAS CUARTO MAQUINAS
9,10,11																				RESERVA
12,13,14																				RESERVA
15,16,17,18																				RESERVA
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2,4</b>	<b>0</b>	<b>86880</b>	<b>29167</b>	<b>28807</b>	<b>28907</b>	<b>86880,0</b>	<b>0,96</b>	<b>90,5</b>	<b>237,8</b>	<b>237,8</b>	<b>4/0 AWG</b>	<b>4" PVC</b>	<b>230</b>	<b>220,8</b>	<b>3X(200-240)</b>	<b>TABLERO TRIFASICO DE 18 CIRCUIOS</b>	

OBSERVACIONES: Para la selección de los conductores se utilizaron los factores de correccion por agrupamiento de 0.8 y factor de correccion por temperatura de 0.91

figura 3 cuadro de cargas cuarto de bombeo  
fuente: propia

CUADRO DE CARGAS TABLERO GENERAL-FONTERIA																				
TABLERO BIFASICO	CIR.	LUM	TOMA	TOMA	TOMA	CARGA WATT	BALANCE DE CARGAS			TOTAL WATT	F.P.	CARGA KVA.	I. MAX	I Dmax.	COND. THHN.	DUCTO	I con	I corr	PROT	DESCRIPCION
			110	220	440		R	S	T											
			1,2				1													
3		2				200			200	200	0,96	0,2	1,7	1,7	12 AWG	1/2" EMT	20	15,36	1X20	LUCES
4		2				200			200	200	0,96	0,2	1,7	1,7	12 AWG	1/2" PVC	20	15,36	1X20	TOMAS 110 V
5,6,7,8																				RESERVA
<b>TOTAL</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>600</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>400</b>	<b>600,0</b>	<b>0,96</b>	<b>0,6</b>	<b>1,6</b>	<b>1,6</b>	<b>8 AWG</b>	<b>1" PVC</b>	<b>40</b>	<b>38,4</b>	<b>2X40</b>	<b>TABLERO TRIFASICO DE 12 CIRCUIOS</b>	

OBSERVACIONES: Para la selección de los conductores se utilizaron los factores de correccion por agrupamiento de 0.8 y factor de correccion por temperatura de 0.91

figura 4 cuadro de cargas fontanería  
fuente: propia



CUADRO DE CARGAS TABLERO GENERAL-OFICINAS																				
TABLERO TRIFASICO	CIR.	LUM	TOMA	TOMA	TOMA	CARGA WATT	BALANCE DE CARGAS			TOTAL WATT	F.P.	CARGA KVA.	I. MAX	I Dmax.	COND. THHN.	DUCTO	I con	I corr	PROT	DESCRIPCION
			110	220	440		R	S	T											
	1,3			2		2400	1200	1200		2400	0,96	2,5	11,4	11,4	12 AWG	1/2" EMT	20	15,36	2X20	AA
	2,4			2		280	140		140	280	0,96	0,3	1,3	1,3	12 AWG	1/2" EMT	20	15,36	2X20	TOMAS 220 V
	5		6			600			600	600	0,96	0,6	5,2	5,2	12 AWG	1/2" EMT	20	15,36	1X20	LUCES OFICINAS
	6		6			600			600	600	0,96	0,6	5,2	5,2	12 AWG	1/2" PVC	20	15,36	1X20	TOMAS 110 V OFICINAS
	7,9			1		4470	1490	1490	1490	4470	0,96	4,7	12,2	12,2	10 AWG	1/2" PVC	30	23,04	3X20	MOTOR 6 HP
	TOTAL	0	12	5	0	8350	2830	2690	2830	8350,0	0,96	8,7	22,9	22,9	6 AWG	2" PVC	50	48	2X50	TABLERO TRIFASICO DE 12 CIRCUITOS
OBSERVACIONES: Para la selección de los conductores se utilizaron los factores de correccion por agrupamiento de 0.8 y factor de correccion por temperatura de 0.91																				

figura 5 cuadro de cargas oficina  
fuente: propia

CUADRO DE CARGAS TABLERO GENERAL-LUMINARIAS																				
TABLERO BIFASICO	CIR.	LUM	TOMA	TOMA	TOMA	CARGA WATT	BALANCE DE CARGAS			TOTAL WATT	F.P.	CARGA KVA.	I. MAX	I Dmax.	COND. THHN.	DUCTO	I con	I corr	PROT	DESCRIPCION
			110	220	440		R	S	T											
	1,3,5,7,9,11			3		600	300	300		600	0,96	0,6	2,8	2,8	8 AWG	3/4" PVC	20	15,36	2X40	LUMINARIAS 120 W
	2,4,6,8,10,12			3		600	300		300	600	0,96	0,6	2,8	2,8	8 AWG	3/4" PVC	20	15,36	2X40	LUMINARIAS 120 W
	TOTAL	0	0	6	0	1200	600	300	300	1200,0	0,96	1,3	3,3	3,3	6 AWG	1 1/2" PVC	60	57,6	2X60	TABLERO BIFASICO DE 12 CIRCUITOS
OBSERVACIONES: Para la selección de los conductores se utilizaron los factores de correccion por agrupamiento de 0.8 y factor de correccion por temperatura de 0.91																				

figura 6 cuadro de cargas luminarias  
fuente: propia

### 4.3 Cálculo de la demanda máxima y proyectada

La razón de la demanda máxima del sistema y la carga instalada para este proyecto se asimila de acuerdo con la sección 220 de la NTC 2050. Factor de carga: 100 %. Carga Diversificada: Nivel Comercial tasa de crecimiento vegetativo: La tasa anual para este crecimiento será del 1%.

Los periodos de la demanda son:

Para medidores de energía: 15 años  
 Para redes de distribución: 15 años  
 Para protecciones: 15 años  
 Para transformadores de distribución: 8 años

Con el valor obtenido de la demanda máxima del usuario 101.1 KVA, para un crecimiento vegetativo del 1%, la demanda máxima por unidad proyectada a 8 años será:

$$D. \text{ máx individual proyectada} = 101.1 \text{ KVA} * 1,113 = 112.5 \text{ KVA}$$

#### 4.4 Análisis de carga y factor de potencia

El desplazamiento de fase  $\varphi$  entre la tensión y la corriente fundamentales ambas Sinusoidales, y el factor de potencia  $\lambda$  de los terminales de una carga no lineal se pueden definir como:

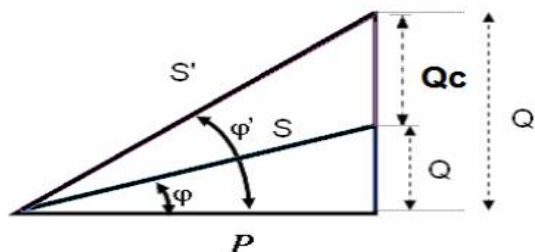
$$\cos\varphi = \frac{P[\text{kW}]}{S[\text{kVA}]} ; \quad \lambda = \frac{P[\text{kW}]}{S'[\text{kVA}]}$$

El factor de distorsión definido en la IEC 60146 se enuncia:

$$v = \sqrt{1 - \text{THDI}^2} = \lambda \cos\varphi$$

La carga no lineal reflejada en los cuadros de carga genera un  $\lambda$  de 0,86.

En los terminales de una carga lineal con una tensión fase-fase  $V$ , una corriente  $I$ , un desplazamiento entre  $V$  e  $I$  como  $\varphi$ , los valores de potencia son:



$$\begin{aligned} \text{Potencia Aparente} &= S = V \cdot I; \text{ [kVA]} \\ \text{Potencia Activa} &= P = S \cdot \cos\phi; \text{ [kW]} \\ \text{Potencia Reactiva} &= Q = \sqrt{S^2 - P^2}; \text{ [kVAR]} \end{aligned}$$

En los terminales de una carga no lineal la ecuación para S y D (potencia de distorsión) se puede expresar como:

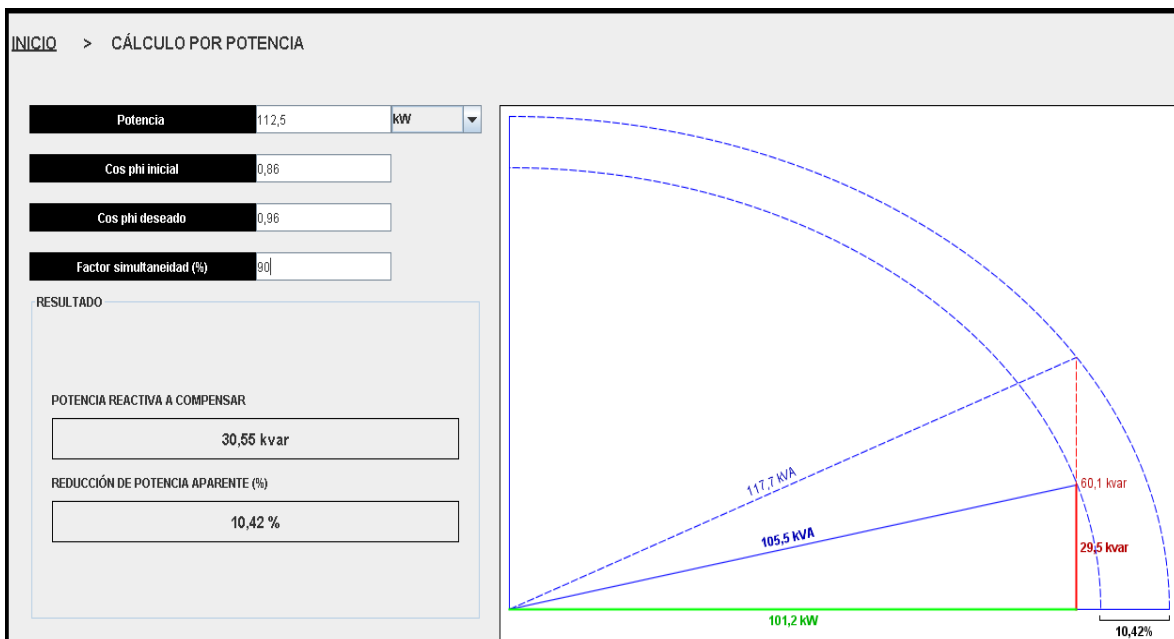
$$S' = P \lambda; \text{ [kVA]}; \quad S' = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}; \text{ [kVA]};$$

$$S'^2 - P^2 = Q'^2 = Q^2 + D^2; \text{ [kVA]}$$

$$S' = 113 \text{ kVA}; \quad P = 100 \text{ kW}$$

$$Q' = \sqrt{Q^2 + D^2} = \sqrt{113^2 - 100^2} = 30 \text{ kVAR}$$

Compensación de energía reactiva, Se requiere de un banco de condensadores de al menos 30 kVAR para elevar el factor de potencia de la instalación de 0,86 a 0,91.



#### 4.5 Análisis de armónicos

Usualmente en la industria y edificios de oficinas encontramos receptores generadores de armónicos que deforman la onda de las corrientes que adsorben y que a su vez deforman la onda de tensión, como:

- Cargas lineales
- Cargas reactivas
- Cargas no lineales

Siendo las cargas no lineales las que producen mayor distorsión de la onda fundamental

tenemos por ejemplo sistemas como:

Los armónicos característicos son los de orden 3 y 5 en edificios de oficinas, y de 5 y 7 en la industria. Para la reducción de armónicos se deben tomar en cuenta los factores económicos y la efectividad del control, ya que la presencia de armónicos en algún punto del sistema es inevitable, la norma IEEE 519 establece límites para ciertos índices de armónicos de corriente y voltaje. Los índices de armónicos recomendados por la IEEE 519 son:

- Distorsión de voltaje total e individual
- Distorsión de corriente total e individual.

Los límites de distorsión de tensión y de corriente recomendados por la IEEE 519 son los siguientes:

Tabla 3 máxima corriente armónica

SCR en el PCC	Voltaje de Frecuencia Armónica Individual Máximo (%)	Asunción Relacionada
10	2.5-3.0%	Sistema dedicado
20	2.0-2.5%	1-2 grandes consumidores
50	1.0-1.5%	Consumidores relativamente grandes
100	0.5-1.0%	5-20 consumidores de tamaño mediano
1000	0.05-0.10%	Consumidores muy pequeños

Tensión nominal	Distorsión Individual de Tensión (%)	THDV Máximo (%)
$V \leq 69\text{kV}$	3.0	5.0
$69\text{kV} < V \leq 161\text{kV}$	1.5	2.5
$V > 161\text{kV}$	1.0	1.5

Máxima corriente armónica en porcentaje de la fundamental						
Orden del armónico (impares)						
$I_{sc}/I_L$	< 11	$11 \leq n < 17$	$17 \leq n < 23$	$23 \leq n < 35$	$35 \leq n$	TDD
<20	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5
20 – 50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8
50 – 100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100 - 1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
> 1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

Fuente: normas de cens tomo 1 ,capitulo 4 codigo de medida ,pag 6

El porcentaje máximo permisible de los armónicos de corriente se calcula de acuerdo con la proporción entre la  $I_{sc}$  del sistema donde se conecta la acometida del consumidor y la corriente máxima instalada.

El tamaño del consumidor es definido por la corriente total de frecuencia fundamental en la carga  $I_L$ , que incluye todas las cargas lineales y no lineales. El tamaño del sistema de abastecimiento es definido por el nivel de la corriente de cortocircuito ISC al PCC. Estas dos corrientes definen el SCR (relación de corto circuito):

$$SCR = \frac{\text{corriente de cortocircuito}}{\text{corriente de carga}} = \frac{I_{sc}}{I_L}$$

$$SCR = ISC / IL = 11194 A / 298 A \cong 17.5$$

Por lo tanto el voltaje de frecuencia armónica individual máximo esta entre 1,0 % y el 1,5%, redes de distribución, el orden de armónico es menor de 11.

Se concluye:

- EL THD MÁXIMO ES DE 1,5 %.
- EL TDD MÁXIMO ES DE 8,0 %.

Existen diferentes tipos de alternativas para solucionar el problema de los armónicos y así eliminarlos, entre estos está:

Filtros pasivos: estos se ajustan a la frecuencia que deben eliminarse o atenúan una banda de frecuencias; sin embargo, presentan desventajas como la eliminación de los armónicos de una manera eficaz en instalaciones específicas, y es difícil de implementar en instalaciones existentes.

Filtros activos: estos cancelan los armónicos inyectando corrientes armónicas exactamente iguales donde surgen en tiempo real.

#### 4.6 Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico.

Coordinación de aislamiento es la selección de la tensión soportada normalizada de los equipos teniendo en cuenta las sobretensiones que pueden aparecer, así como los medios de protección que se pueden instalar y las condiciones ambientales de la zona, para obtener un riesgo de fallo aceptable.

Por tal razón en tenemos sistema de baja tensión. El BIL se calcula con un factor de seguridad  $K_e$  que relaciona el NPR y el BIL.

Para sistemas con tensión nominal inferior a 52 KV, se establece que  $K_e=1,4$  y entonces el BIL calculado es:

Baja tensión:  $BIL=1,4*0,220 \text{ kV}=0,308 \text{ kV}$

Baja tensión:  $BIL=1,4*0,127 \text{ kV}=0,178 \text{ kV}$

Tabla 4 cálculo de BIL

NIVEL DE TENSION DE OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS V	BIL REQUERIDO EN KV			
	CONTADORES Categoría IV	TABLEROS, INTERRUPTORES, CABLES, ETC. Categoría III	ELECTRODOMESTICOS, HERRAMIENTAS, PORTATILES Categoría II	EQUIPO ELECTRONICO Categoría I
120 – 240: 120 - 208	4	2,5	1,5	0,8
254 – 440: 277 - 480	6	4	2,5	1,5

Tensión al impulso que deben soportar los equipos

fuelle: tomo 1 .normas de diseño cens ,capitulo 4 ,pag 2

El BIL requerido según los niveles de tensión del sistema es de:

- 4 kV para contadores.
- 2,5 kV para tableros, interruptores, cables, accesorios, terminales y complementos.
- 1,5 kV para electrodomésticos, herramientas, portátiles.
- 0,8 kV para el equipo electrónico a instalar.

Los materiales a instalar se seleccionarán con el tipo de aislamiento de acuerdo con el nivel de tensión de servicio de la siguiente manera:

En baja tensión, el BIL se especifica para los equipos correspondientes al usuario y están normalizados en la norma NTC 4552 – 1 literal E.5 Información general relacionada con DPS, en la tabla E.3 “tensión al impulso que deben soportar los equipos”.

tabla 5 Selección del bil por nivel de tensión

NIVEL	AISLAMIENTO (Kv)	BIL (Kv)
Baja tensión	0.6	25
Media tensión 13.8 Kv	15.0	95
Media tensión 34.5 Kv	36.0	200
Alta tensión 115 Kv	145.0	600

Fuente: normas de diseño cens ,capitulo 4 ,pag 4

#### 4.7 Análisis de cortocircuito y falla a tierra.

El cálculo del cortocircuito se realiza sobre las impedancias equivalentes desde el generador al punto de defecto, como se ve en las siguientes figuras:

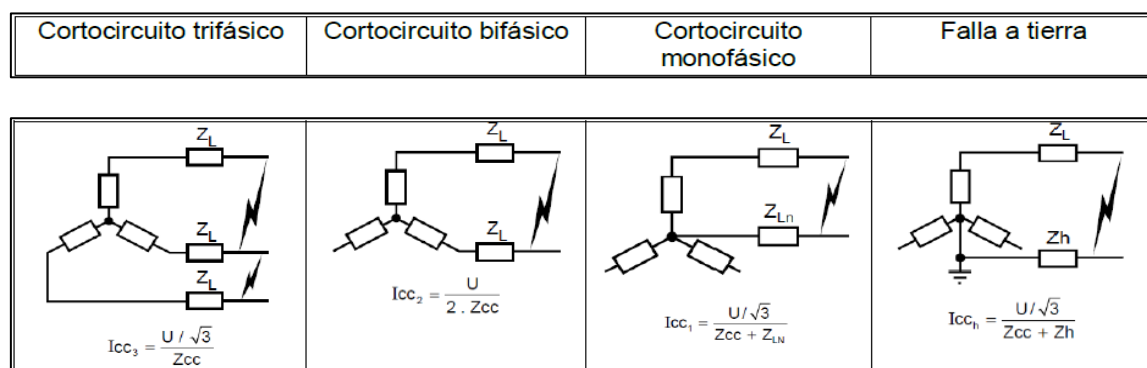


figura 7 análisis de corto circuito y falla a tierra

Fuente: normas de diseño cens ,capitulo 2 ,pag 4



$I_t$  (corriente de falla a tierra) = 0,670 kA \*

$t_c$  (tiempo de despeje de falla a tierra) = 0,15 s

Teniendo en cuenta que la corriente de falla monofásica a tierra dada por el O.R. es de 0.670 kA, (especificaciones de las protecciones dadas por el O.R) para los alimentadores, se usarán todas las protecciones ubicadas aguas abajo del transformador tendrán una capacidad de corto de no menor a 25 KA para un tiempo de despeje de falla de 150 milisegundos.

La protección principal tendrá una capacidad de 25 kA (ver anexo)

La protección para los tableros tendrá una capacidad de 15 kA (ver anexo)

## 5 Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos.

Un riesgo es una condición ambiental o humana cuya presencia o modificación puede producir un accidente o una enfermedad ocupacional. Por regla general, todas las instalaciones eléctricas tienen implícito un riesgo y ante la imposibilidad de controlarlos todos en forma permanente, se seleccionaron algunos de los más comunes, que al no tenerlos presentes ocasionan la mayor cantidad de accidentes.

El tratamiento preventivo de la problemática del riesgo eléctrico obliga a saber identificar y valorar las situaciones irregulares, antes de que suceda algún accidente. Por ello, es necesario conocer claramente el concepto de riesgo de contacto con la corriente eléctrica.

A partir de ese conocimiento, del análisis de los factores que intervienen y de las circunstancias particulares, se tendrán criterios objetivos que permitan detectar la situación de riesgo y valorar su grado de peligrosidad. Identificado el riesgo, se han de seleccionar las medidas preventivas aplicables.

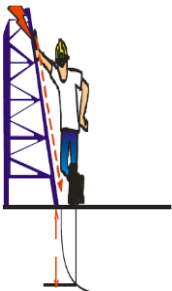
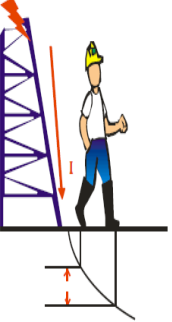
En el numeral 9.3 FACTORES DE RIESGO ELÉCTRICO MÁS COMUNES del RETIE, se establece que:

El tratamiento preventivo de la problemática del riesgo de origen eléctrico, obliga a saber identificar y valorar las situaciones irregulares, antes de que suceda algún accidente. Por ello, es necesario conocer claramente el concepto de riesgo; a partir de ese conocimiento, del análisis de los factores que intervienen y de las circunstancias particulares, se tendrán criterios objetivos que permitan detectar la situación de riesgo y valorar su grado de peligrosidad. Identificado el riesgo, se han de seleccionar las medidas preventivas aplicables.”

Se realiza evaluación de riesgo por contacto directo contacto, sobrecarga y cortocircuito mediante matriz de riesgo eléctrico.

	<p><b>RIESGO: ARCOS ELÉCTRICOS.</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Malos contactos, cortocircuitos, aperturas de interruptores con carga, apertura o cierre de seccionadores.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Utilizar materiales envolventes resistentes a los arcos, mantener una distancia de seguridad, usar gafas de protección contra rayos ultravioleta.</p>
	<p><b>RIESGO: AUSENCIA DE ELECTRICIDAD.</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Apagón, no disponer de un sistema ininterrumpido de potencia, no tener plantas de emergencia, no tener transferencia.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Disponer de sistemas ininterrumpidos de potencia y de plantas de emergencia con transferencia automática.</p>
	<p><b>RIESGO: CONTACTO DIRECTO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Negligencia de técnicos o impericia de no técnicos.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> 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.</p>
	<p><b>RIESGO: CONTACTO INDIRECTO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Fallas de aislamiento, mal mantenimiento, falta de conductor de puesta a tierra.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> 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><b>RIESGO: CORTOCIRCUITO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Fallas de aislamiento, impericia de los técnicos, accidentes externos, vientos fuertes, humedades.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Interruptores automáticos con dispositivos de disparo de máxima corriente o cortacircuitos fusibles.</p>
	<p><b>RIESGO: ELECTRICIDAD ESTÁTICA</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Unión y separación constante de materiales como aislantes, conductores, sólidos o gases con la presencia de un aislante.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Sistemas de puesta a tierra, conexiones equipotenciales, aumento de la humedad relativa, ionización del ambiente, eliminadores eléctricos y radiactivos, pisos conductivos.</p>
	<p><b>RIESGO: EQUIPO DEFECTUOSO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Mal mantenimiento, mala instalación, mala utilización, tiempo de uso, transporte inadecuado.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Mantenimiento predictivo y preventivo, construcción de instalaciones siguiendo las normas técnicas, caracterización del entorno electromagnético.</p>
	<p><b>RIESGO: RAYOS</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Fallas en el diseño, construcción, operación, mantenimiento del sistema de protección.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Pararrayos, bajantes, puestas a tierra, equipotencialización, apantallamientos, topología de cableados. Además suspender actividades de alto riesgo, cuando se tenga personal al aire libre.</p>
	<p><b>RIESGO: SOBRECARGA</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Superar los límites nominales de los equipos o de los conductores, instalaciones que no cumplen las normas técnicas, conexiones flojas, armónicos.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Interruptores automáticos con relés de sobrecarga, interruptores automáticos asociados con</p>

	<p>cortacircuitos, cortacircuitos, fusibles, dimensionamiento adecuado de conductores y equipos.</p>
	<p><b>RIESGO: TENSIÓN DE CONTACTO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de distancias de seguridad.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>
	<p><b>RIESGO: TENSIÓN DE PASO</b></p> <p><b>POSIBLES CAUSAS:</b> Rayos, fallas a tierra, fallas de aislamiento, violación de áreas restringidas.</p> <p><b>MEDIDAS DE PROTECCIÓN:</b> Puestas a tierra de baja resistencia, restricción de accesos, alta resistividad del piso, equipotencializar.</p>

## 6 Evaluación del riesgo eléctrico

Tabla 6 Evaluación de riesgo eléctrico

EVALUACIÓN DEL RIESGO ELECTRICO										
RIESGO A EVALUAR:	Muerte, lesión física. CONTACTO DIRECTO (al) o (en) Tableros de carga, seccionadores, transformadores de corriente y potencial, transformadores, equipos de medida, redes de distribución.									
	EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO			FUENTE			
POTENCIAL: <b>X</b>		REAL: _____			FRECUCENCIA					
<b>CONSECUENCIAS</b>	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		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
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
			<b>CONSECUENCIA</b>	<b>FRECUCENCIA</b>	<b>NIVEL</b>					
1.	EN PERSONAS	5	D	ALTO						
2.	ECONOMICAS	4	D	MEDIO						
3.	AMBIENTALES	3	D	MEDIO						
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMP	3	D	MEDIO						
<b>RIESGO MAS ALTO A EVALUAR ALTO</b>										

Fuente :retie ,evaluación de riesgo ,capitulo 5,pag 14

## SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

- Establecer distancias de seguridad.
- Interposición de obstáculos.
- Aislamiento o recubrimiento de partes activas.
- Utilización de interruptores diferenciales.
- Puesta a tierra.
- Probar ausencia de tensión.
- Doble aislamiento.

- Señalizaciones de seguridad.
- Elementos de protección personal.

EVALUACIÓN DEL RIESGO ELÉCTRICO										
RIESGO A EVALUAR:	Muerte, lesión física. CONTACTO INDIRECTO Tableros de carga, equipos, conductores.									
	EVENTO O EFECTO					FACTOR DE RIESGO			FUENTE	
POTENCIAL: <u>X</u>		REAL: _____				FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL	
1.	EN PERSONAS	4	D	MEDIO
2.	ECONOMICAS	3	D	MEDIO
3.	AMBIENTALES	2	D	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMP	2	D	BAJO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR MEDIO

### SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

- Establecer distancias de seguridad.
- Interposición de obstáculos.
- Aislamiento o recubrimiento de partes activas.
- Utilización de interruptores diferenciales.
- Puesta a tierra.
- Probar ausencia de tensión.
- Doble aislamiento.
- Señalizaciones de seguridad.
- Elementos de protección personal.

EVALUACIÓN DEL RIESGO ELECTRICO										
RIESGO A EVALUAR:	Muerte, lesión física, incendio, explosión.		CORTOCIRCUITO			Redes de distribución, tableros de carga, seccionadores, transformadores, equipos.				
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO			FUENTE				
POTENCIAL: <u>X</u>		REAL: <u>    </u>			FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	5	ALTO
2.	ECONOMICAS	4	MEDIO
3.	AMBIENTALES	3	MEDIO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMP	3	MEDIO

**RIESGO MAS ALTO A EVALUAR ALTO**

### SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

- Establecer distancias de seguridad.
- Interposición de obstáculos.
- Aislamiento o recubrimiento de partes activas.
- Utilización de interruptores diferenciales.
- Puesta a tierra.
- Probar ausencia de tensión.
- Doble aislamiento.
- Señalizaciones de seguridad.
- Elementos de protección personal.



EVALUACIÓN DEL RIESGO ELÉCTRICO										
RIESGO A EVALUAR:	Lesión física leve. ELECTRICIDAD ESTÁTICA Tableros de carga, equipos, conductores.									
	EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO			FUENTE			
CONSECUENCIAS	POTENCIAL: <u>X</u>		REAL: _____			FRECUENCIA				
	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

		CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	2	D	BAJO
2.	ECONOMICAS	1	D	BAJO
3.	AMBIENTALES	2	D	BAJO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMP	2	D	BAJO

RIESGO MAS ALTO A EVALUAR BAJO

### SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

- Sistemas de puesta a tierra.
- Conexiones equipotenciales.
- Aumento de la humedad relativa.
- Ionización del ambiente.
- Eliminadores electricos y radiactivos.
- Pisos conductivos.

EVALUACIÓN DEL RIESGO ELÉCTRICO										
RIESGO A EVALUAR:	Muerte, lesión física, incendio, explosión.		SOBRECARGA			Redes de distribución, tableros de carga, seccionadores, transformadores, equipos.				
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO			FUENTE				
POTENCIAL: <u>X</u>		REAL: _____				FRECUENCIA				
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	5	ALTO
2.	ECONOMICAS	4	MEDIO
3.	AMBIENTALES	3	MEDIO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMP	3	MEDIO

**RIESGO MAS ALTO A EVALUAR ALTO**

### SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

- Uso de Interruptores automáticos con relés de sobrecarga.
- Interruptores automáticos asociados con cortacircuitos.
- Cortacircuitos.
- Fusibles bien dimensionados.
- Dimensionamiento técnico de conductores y equipos.
- Compensación de energía reactiva con banco de condensadores.

EVALUACIÓN DEL RIESGO ELECTRICO										
RIESGO A EVALUAR:	Muerte, lesión física.		TENSIÓN DE CONTACTO			Redes de distribución, sistema de protección contra rayos, equipos, SPT.				
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO			FUENTE				
POTENCIAL: <u>X</u>		REAL: <u>    </u>			FRECUENCIA					
<b>CONSECUENCIAS</b>	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		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
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL
1.	EN PERSONAS	5	ALTO
2.	ECONOMICAS	4	MEDIO
3.	AMBIENTALES	3	MEDIO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMP	3	MEDIO

**RIESGO MAS ALTO A EVALUAR ALTO**

### SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

- Puesta a tierra de baja resistencia.
- Restricción de accesos.
- Alta resistividad del piso.
- Equipotencializar.

EVALUACIÓN DEL RIESGO ELÉCTRICO										
RIESGO A EVALUAR:	Muerte, lesión física.		TENSIÓN DE PASO			Redes de distribución, sistema de protección contra rayos, equipos, SPT.				
	EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO			FUENTE				
POTENCIAL: <u>X</u>		REAL: <u>    </u>				FRECUENCIA				
<b>CONSECUENCIAS</b>	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
						No ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en el sector	Ha ocurrido en la Empresa	Sucede varias veces al año en la Empresa	Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación.	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (> 1 día)	Daños severos. Interrupción temporal.	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción.	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

	CONSECUENCIA	FRECUENCIA	NIVEL	
1.	EN PERSONAS	5	D	ALTO
2.	ECONOMICAS	4	D	MEDIO
3.	AMBIENTALES	3	D	MEDIO
4.	EN LA IMAGEN DE LA EMP	3	D	MEDIO

**RIESGO MAS ALTO A EVALUAR ALTO**

### SISTEMAS DE CONTROL A IMPLEMENTAR:

- Puesta a tierra de baja resistencia
- Restricción de accesos.
- Alta resistividad del piso.
- Equipotencializar.

#### 6.1 Señalización de seguridad

Las señales de seguridad se utilizan para transmitir mensajes de prevención, prohibición o información y de fácil comprensión para todas aquellas personas que operan máquinas, equipos o instalaciones que contengan peligros.

En relación con el presente proyecto se anexan las tablas 6.3, 6.4 y 6.5 (Anexo 1)

Adaptadas del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE):

- Tabla 6.3: Clasificación y colores para las señales de seguridad.
- Tabla 6.4: Principales señales de seguridad.
- Tabla 6.5: Código de colores para conductores.

## 6.2 Análisis del nivel tensión requerido.

Teniendo en cuenta la capacidad de carga requerida para este proyecto, 12.5 KVA, el nivel de tensión requerido es NIVEL 2 (13,2 kV).

**7** 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 21

Este diseño cumple con los valores límites de campo electromagnético, los cuales se adoptaron de los umbrales establecidos por el IRPA, para exposición ocupacional del día completo o exposición del público. Se tienen en cuenta el tiempo y tipo de personas que son expuestas a campos electromagnéticos generados en la instalación eléctrica y la frecuencia de la señal eléctrica.

Para el caso de las instalaciones objeto de este diseño, las personas que por sus actividades están expuestas a campos electromagnéticos o el público en general, no debe ser sometido a campos que superen los valores establecidos en la Tabla 21.

Tabla 7 Valores límites de exposición a c-electromagnético

Tipo de exposición	Intensidad de campo eléctrico (kV/m)	Densidad de flujo magnético (μT)
Exposición ocupacional en un día de trabajo de 8 horas.	10	500
Exposición del público en general hasta 8 horas continuas	5	100

Tabla 21. Valores límites de exposición a campos electromagnéticos.

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.	NO APLICA
Los diseños de edificaciones aledañas a las zonas de servidumbres, deben incluir memorias de cálculo de campos electromagnéticos que se puedan presentar en cada piso. Para esto se deben utilizar los máximos valores de tensión y corriente.	NO APLICA
El campo eléctrico se debe calcular en zonas de servidumbre de líneas de transmisión de tensión igual o mayor a 110 kV	NO APLICA
La densidad de flujo magnético se debe calcular para corrientes mayores a 1000 A.	NO APLICA

Fuente: normas de diseño cens ,capitulo 4 ,pag 3

## 7.1 Cálculo y selección de la capacidad de potencia nominal (Burden) para el Transformador de corriente TC's y PT's

### Capacidad nominal VA TC'S

$$VATCorriente = VAConductor + VAmecedor$$

Reemplazando valores tomados de la tabla para un conductor #10 con una longitud de 6 metros.

Tabla 8 cálculo del burden del trasformador de corriente

CALIBRE CONDUCTOR	RAC ( $\Omega/m$ )	CARGA DEL CONDUCTOR (VA)				CARGA DEL MEDIDOR CLASE 0.2S Y 0.5S [VA]	CARGA TOTAL (VA)			
		Longitud total del conductor (m)					Longitud total del conductor (m)			
		2	6	10	20		2	6	10	20
12	0.0067	0.34	1.01	1.68	3.35	1	1.34	2.01	2.68	4.35
10	0.0042	0.21	0.63	1.05	2.10		1.21	1.63	2.05	3.10
8	0.0027	0.14	0.41	0.68	1.35		1.14	1.41	1.68	2.35
6	0.0017	0.09	0.26	0.43	0.85		1.09	1.26	1.43	1.85
4	0.0011	0.06	0.17	0.28	0.55		1.06	1.17	1.28	1.55

Tabla 17. Cálculo del Burden del transformador de corriente. Medidores clase 0.2S y 0.5S

Fuente: normas de diseño cens ,capitulo 3 ,pag 2

$$VAT_{Corriente} = 1.63 \text{ VA} + 1 \text{ VA}$$

$$VAT_{Corriente} = 2.63 \text{ VA}$$

### Capacidad Nominal VA PT'S

$$VA_{TOTAL} = VA_{MEDIDOR} + VA_{CONDUCTOR} + VA_{DEVANADO}$$

Reemplazando valores tomados de la tabla

Tabla 9 cálculo del burden trasformador de tensión

CALIBRE CONDUCTOR	RAC ( $\Omega/m$ )	CARGA DEL CONDUCTOR (VA)			CARGA DEL MEDIDOR CLASE 0.2S Y 0.5S [VA]	CARGA TOTAL (VA)		
		Longitud total del conductor (m)				Longitud total del conductor (m)		
		2	10	20		2	10	20
12	0.0067	0,00009305	0,00046523	0,00093038	10	10.000	10.000	10.001
10	0.0042	0,00005833	0,00029165	0,00058327		10.000	10.000	10.001
8	0.0027	0,00003750	0,00018749	0,00037497		10.000	10.000	10.000
6	0.0017	0,00002361	0,00011805	0,00023610		10.000	10.000	10.000
4	0.0011	0,00001528	0,00007639	0,00015277		10.000	10.000	10.000

Tabla 23. Cálculo del burden del transformador de tensión

Fuente: normas de diseño cens, capitulo 4 ,pag 3

El valor comercial más próximo para el burden requerido es 15 VA, el cual cubre cualquiera de los conductores (longitudes y calibres) usados en el cálculo.

$$VATOTAL=10VA+10VA$$

VATOTAL=15 Ya que es el límite superior de carga nominal VA

## 7.2 Error porcentual de conductores por fase de medida

“El error porcentual total máximo (en módulo y fase), a un factor de potencia 0.9, introducido en la medición de energía por la caída de tensión en los cables y demás accesorios ubicados entre los circuitos secundarios de los transformadores de tensión y el equipo de medida no debe superar el 0,1%. El cálculo de este error deberá estar documentado en cada sistema de medición, reposar en la hoja de vida de que trata el artículo 30 y estar disponible para las verificaciones de que trata el artículo 39 de la presente resolución”

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Donde

$Z_m$  = Impedancia equivalente del medidor

$S_m$  = Consumo de potencia nominal del medidor

$V_m = V_3$  = Tensión sobre el equipo de medida



<b>Datos generales</b>	
Factor de potencia - FP	0.9
Calibre del conductor de cobre [AWG]	10
Longitud del conductor [Km]	0.01
Tensión nominal secundaria TT [V]	120
Clase del medidor	0.2S
<b>Datos del Conductor</b>	
Impedancia del conductor [ohm/Km]	
rad	0.451
Zc	3.6
Rc	3.240
Xc	1.569
Zc	0,0324+0,0156920361967464i
<b>Datos del Medidor</b>	
Consumo de Potencia nominal [VA]	10

Tabla 10 error porcentual en selección de medidor

<b>Error porcentual [0,1%]</b>		
	<b>Magnitud</b>	<b>Fase</b>
V1	120	0
V3	119,9973	-0,00062
V1-V3	0,0027	0,00062
0.10%	0,12	0,09

Fuente: normas de diseño cens ,capitulo 4 ,pag 4

Se obtiene que el error porcentual está por debajo del descrito por la CREG 038/2014 para el conductor de calibre 10 Cu para el equipo de medida.

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

Para el cálculo del transformador se tuvo en cuenta las cargas nuevas, las cargas existentes si aplica, nivel de tensión requerido. (ver planos).

Se instalara un transformador trifásico 112.5kVA en subestación tipo aérea reducida, su georreferenciación y detalles de derivación de la red de MT se especifican en planos anexos.

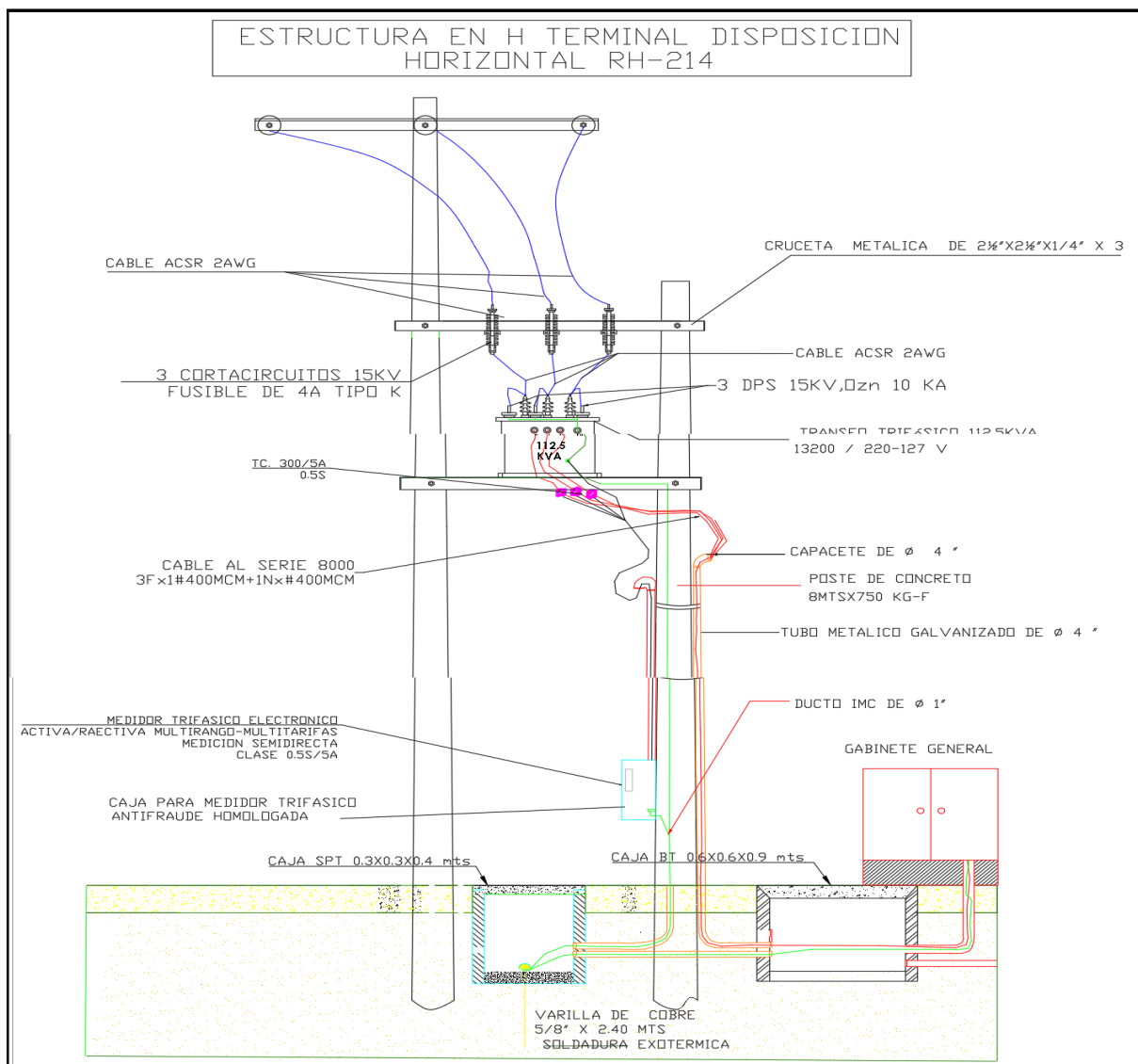


figura 8 subestacion eléctrica aérea 112.5 kva

Fuente: propia

## 9 Cálculo del sistema de puesta a tierra.

Se proyectó un sistema de puesta a tierra de electrodo vertical con 1 electrodo de cobre de 12,7mm x 2.4mts y cable de cobre desnudo 2 AWG , adicional se adicionara hidrosolta para mejoramiento de resistividad del suelo para equipotencializar, los DPS ,el transformador ,el tablero general y demás partes metálicas.

Esta puesta a tierra viene del barraje de puesta a tierra dela caja del medidor y baja hasta la varilla en calibre No. 8, de acuerdo a la Tabla 290-54 de la NTC 2050. Se protegerá con un tubo conduit metálico galvanizado de ½ hasta el nivel del terreno y se unirá a la varilla por medio de un conector certificado. (ver planos)

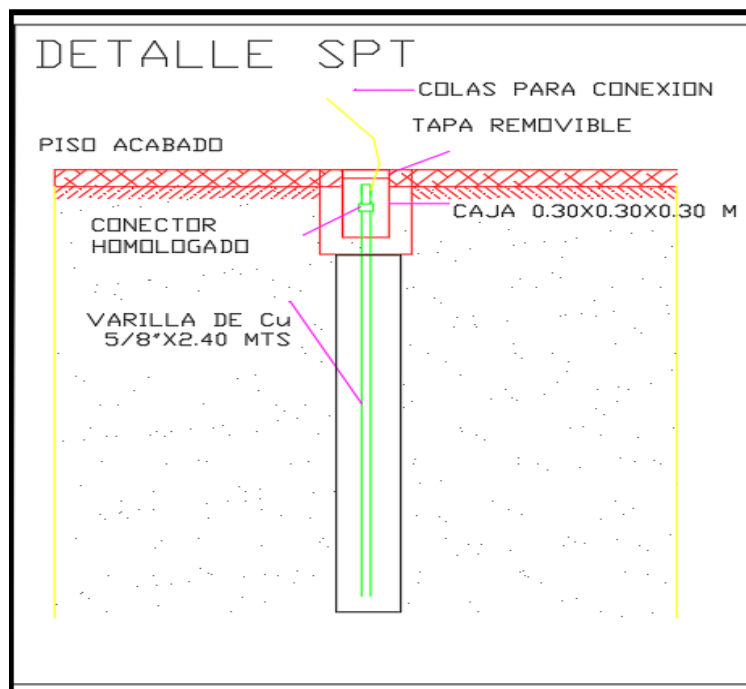


figura 9 detalle de SPT  
Fuente: propia

## Calculo de sistema de puesta a tierra según norma IEEE-80

CALCULO DE MALLA DE PUESTA A TIERRA IEEE - 80			
<b>Datos del Suelo</b>			
$\rho$	80	Ohm/m	(resistividad del suelo con tratamiento)
$\rho_s$	4500	Ohm/m	(resistividad superficial)
$h_s$	0.3	m	(Profundidad de la capa superficial)
<b>Geometría de la malla</b>			
Largo (X):	6	m	
Ancho (Y):	2	m	
Área:	12	$m^2$	
Espacio Vertical (Ey)	2	m	} D
Espacio Horizontal (Ex)	2	m	
Conductores verticales:	4		
Conductores Horizontales:	2		
Lc:	20	m (Longitud total de la malla)	→ Lm: 73.14 m
h:	0.50	m (Profundidad de la malla)	Lt: 46.40 m
			Cantidad de varillas: 11
			Largo: 2.4 m
			Con varillas en las esquinas
			LR: 26.4 m
			↓
			Lm: 73.14 m
			Lt: 46.40 m
<b>Parámetros eléctricos</b>			
Ts:	0.1	s (Tiempo de duración de la falla)	
3I0:	2774.00	A (3XI0 Corriente de falla)	
<b>Conductor de la malla</b>			
Tipo:	Cobre Puro		
Conductividad:	100 % respecto al cobre puro		} IEEE 80-2000 Sec 11.3 Tabla 1 Con temperatura de referencia 20°C
Factor $\alpha$ :	0.00393 @20°C [1/°C]		
K0 a 0°C:	234		
Tm:	1083 [°C] (Temperatura de fusión)		
pr a 20°C:	1.72 [ $\mu\Omega \cdot cm$ ]		
TCAP:	3.42 [J/cm <sup>3</sup> ·°C] Capacidad termica		
Tipo de Union:	Soldada		
Temp Max de la Union:	450 °C		
Ta:	30 °C (temperatura ambiente)		
Akcmil:	6.07 kcmil	} Características mínimas del conductor de tierra	
Area mínima:	3.08 mm <sup>2</sup>		
Diámetro mínimo:	0.0020 mm		
Conductor de diseño:	2/0 AWG		
área:	67.42 mm <sup>2</sup>		
diámetro:	0.0093 mm		

Factores de paso y toque	
K:	-0.97 (factor de reflexión)
Cs:	0.87 (factor de reducción)
Peso de la persona:	70 kg
Es:	12183.99 V (Voltaje de paso Max, para el peso indicado)
Et:	3418.36 V (Voltaje de toque Max)
Resistencia de la malla	
Rg:	10.03 $\Omega$ (Resistencia de la malla)
Corriente de Malla	
IG:	0.96 kA
Incremento de potencial	
GPR:	9639.03 V (Incremento de potencial en la malla)
Voltaje de malla	
Em:	735.13 V (Voltaje de la malla en falla)
Voltaje de paso	
Es:	1045.56 V
El Diseño cumple con la norma	

figura 10 análisis de sistema de puesta a tierra

Fuente: Propia

El sistema eléctrico de toda la instalación debe ser puesto a tierra para la protección y la seguridad de las personas con el fin que en cualquier punto accesible a éstas no queden sometidas a tensiones de paso o contacto superiores a los umbrales soportados por el ser humano.

El conductor de puesta a tierra para las instalaciones internas fue seleccionado teniendo en cuenta que la ductería a utilizar será tipo PVC, para el cual se permite el uso de conductores

desnudos o aislados teniendo en cuenta el color del aislante el cual puede ser verde continuo, verde con franjas amarillas o identificado con marcas verdes en los puntos de inspección y extremos, el calibre del conductor fue seleccionado de acuerdo a la capacidad del interruptor automático del respectivo circuito ramal siendo el calibre mínimo el No 12 AWG dando aplicación a lo establecido en la tabla 250-95 de la norma NTC-2050.

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

En el diseño de las instalaciones eléctricas, excepto en las residenciales de menos de 15 kVA de carga instalable, se debe hacer análisis del conductor más económico en acometida y alimentadores

# ACOMETIDA

Tabla 11 cálculo económico de conductores

DATOS DE ENTRADA VARIABLES ELECTRICAS DEL PROYECTO					
Corriente máxima en el primer año	Longitud del conductor	Número de conductores de fase por circuito	Número de circuitos	Tiempo de operación	Vida Económica
(I <sub>max</sub> ) - [A]	(L)	(N <sub>p</sub> )	(N <sub>c</sub> )	(t) [h/año]	(T) [Años]
1000	10	3	4	8760	15
DATOS DE ENTRADA VARIABLES FINANCIERAS DEL PROYECTO					
Costo de un watt/hora en el nivel de la tensión	Costos totales de Instalacion	Aumento anual de carga	Aumento anual del costo de energía	Tasa de Capitalización	Variación anual de la demanda
(P) - [\$/Wh]	(A) [\$/m <sup>2</sup> ]	(a) - [%]	(b) - [%]	(i) - [%]	(D)
\$ 0,5165	378,42	1	3	6	0
CONSTANTES DE CONDUCTORES					
Resistividad eléctrica del Aluminio a 20°C -	Coficiente de temperatura para la resistencia del Aluminio a 20°C)	Resistividad eléctrica del cobre a 20°C -	Coficiente de temperatura para la resistencia del cobre a 20°C)	Temperatura máxima nominal del conductor para el cable	Temperatura ambiente promedio
$\rho_{20}$ - [ $\Omega$ m]	$a_{20}$ - [K <sup>-1</sup> ]	$\rho_{20}$ - [ $\Omega$ m]	$a_{20}$ - [K <sup>-1</sup> ]	( $\theta$ ) - [°C]	( $\theta_a$ ) - [°C]
3,03E-08	0,0043	1,835E-08	0,0068	75	34
CALCULO DE CANTIDADES AUXILIARES Y SECCION ECONOMICA					
Calculo Cantidad Auxiliar	Cálculo cantidad Auxiliar	Calculo cantidad auxiliar (B=1) (Para cables de MT y BT)	Cantidad Auxiliar	Temperatura de operación promedio del conductor	Sección Económica
r	Q	B	F	$\theta_m$	(Sec) [mm <sup>2</sup> ]
0,991	14,113	1	722880	48	6263
CALCULO DEL CONDUCTOR ECONOMICO					
Calibre Conductor	sección transversal del conductor	Resistencia c.a. aparente del conductor por unidad de longitud [ $\Omega$ /m]	costo Inicial	Costo de operación	costo total
AWG - MCM	[mm <sup>2</sup> ].	R - [mm <sup>2</sup> ].	CI - \$	CJ - \$	CT \$
350	177	0,000123177	\$ 846.000	\$ 890.417.977	\$ 891.263.977
500	253	8,61749E-05	\$ 1.132.000	\$ 622.940.640	\$ 624.072.640
Conductor elegido es el calibre:			500	MCM	Cu

## ALIMENTADORES

DATOS DE ENTRADA VARIABLES ELECTRICAS DEL PROYECTO					
Corriente máxima en el primer año	Longitud del conductor	Número de conductores de fase por circuito	Número de circuitos	Tiempo de operación	Vida Económica
(I <sub>max</sub> ) - [A]	(L)	(N <sub>p</sub> )	(N <sub>c</sub> )	(t) [h/año]	(T) [Años]
500	12	3	2	8760	15
DATOS DE ENTRADA VARIABLES FINANCIERAS DEL PROYECTO					
Costo de un watt/hora en el nivel de la tensión	Costos totales de Instalacion	Aumento anual de carga	Aumento anual del costo de energía	Tasa de Capitalización	Variación anual de la demanda
(P) - [\$/Wh]	(A) [\$/m . mm <sup>2</sup> ]	(a) - [%]	(b) - [%]	(i) - [%]	(D)
\$ 0,5165	378,42	1	3	6	0
CONSTANTES DE CONDUCTORES					
Resistividad eléctrica del Aluminio a 20°C -	Coefficiente de temperatura para la resistencia del Aluminio a 20°C)	Resistividad eléctrica del cobre a 20°C -	Coefficiente de temperatura para la resistencia del cobre a 20°C)	Temperatura máxima nominal del conductor para el cable	Temperatura ambiente promedio
ρ <sub>20</sub> - [Ω m]	a <sub>20</sub> - [K <sup>-1</sup> ]	ρ <sub>20</sub> - [Ω m]	a <sub>20</sub> - [K <sup>-1</sup> ]	(θ) - [°C]	(θ <sub>a</sub> ) - [°C]
3,03E-08	0,0043	1,835E-08	0,0068	75	34
CALCULO DE CANTIDADES AUXILIARES Y SECCION ECONOMICA					
Calculo Cantidad Auxiliar	Cálculo cantidad Auxiliar	Calculo cantidad auxiliar (B=1) (Para cables de MT y BT)	Cantidad Auxiliar	Temperatura de operación promedio del conductor	Sección Económica
r	Q	B	F	θ <sub>m</sub>	(Sec) [mm <sup>2</sup> ]
0,991	14,113	1	361440	48	2214
CALCULO DEL CONDUCTOR ECONOMICO					
Calibre Conductor	sección transversal del conductor	Resistencia c.a. aparente del conductor por unidad de longitud [Ω/m]	costo Inicial	Costo de operación	costo total
AWG - MCM	[mm <sup>2</sup> ].	R - [mm <sup>2</sup> ].	CI - \$	CJ - \$	CT \$
250	127	0,000171671	\$ 798.000	\$ 186.146.435	\$ 186.944.435
300	152	0,000143436	\$ 906.000	\$ 155.530.245	\$ 156.436.245
Conductor elegido es el calibre:			300	MCM	Cu

Fuente: retie ,capitulo 3 ,pag 10



**11** 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.

De acuerdo a lo especificado en los numerales anteriores, los conductores cumplen con la capacidad de corriente, la capacidad de corto en la instalación, indicada por el Operador de Red, cumple con los criterios de selección de las protecciones.(ver anexos)

**12** Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.

Todas las estructuras, postes y elementos de sujeción cumplen con los factores de seguridad numeral 2.13 Norma CENS y fueron seleccionados según cargas a resistir ver planos anexos.

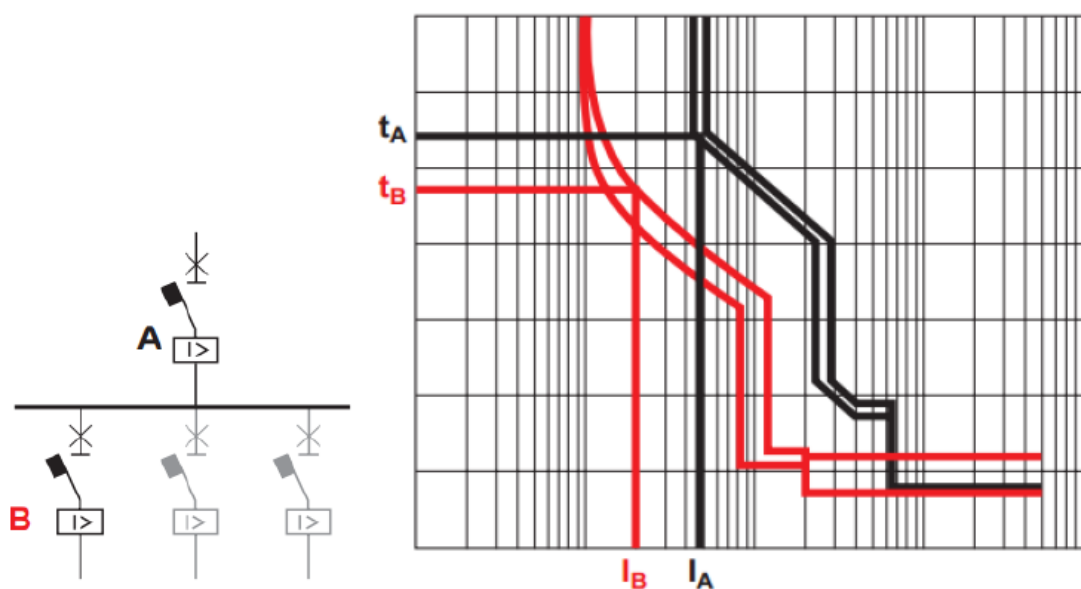
*Tabla 12 Factor de seguridad cálculo de estructuras*

DESCRIPCIÓN.	FACTOR DE SEGURIDAD.
Postería en concreto	2,5
Estructura metálica	1,5
Cables para templetes	2,0
Anclajes para templetes	2,5
Herrajes general.	3
Herrajes para transformadores	5
A la flexión para espigo.	1,5

*Fuente: normas de diseño cens ,capitulo 6 ,pag 5*

- 13 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.

Para la protección se realiza una elección de las protecciones teniendo en cuenta la selectividad para garantizar la continuidad del servicio, la limitación para reducir los esfuerzos y la filiación para optimizar el rendimiento.



### Selectividad interruptores automáticos

figura 11 Curva selección de protección termomagnética

Fuente: normas de diseño cens, capítulo 4, pag 3

La selectividad se consigue por medio de dispositivos de protección automáticos si ocurre una condición de defecto en cualquier punto de la instalación y es eliminada por el dispositivo de protección situado inmediatamente aguas arriba del defecto, de forma que no se vean afectados todos los demás dispositivos de protección; el valor máximo de la corriente de cortocircuito en B no debe superar el ajuste de disparo por cortocircuito del interruptor automático A.

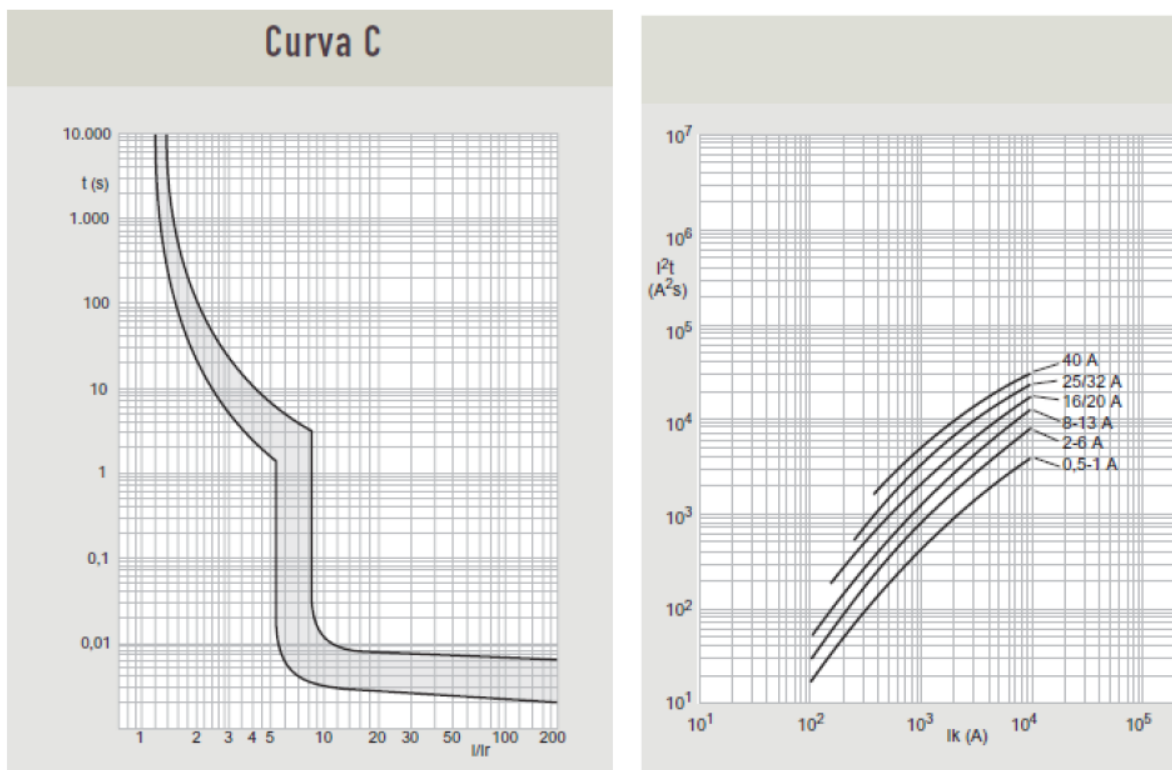


figura 12 curva C selección de protección termomagnética

Fuente: normas de diseño cens ,capitulo 4 ,pag 4

### 13.1 Selección de protecciones termomagnéticas por Baja tensión(BT)

Calibre (AWG)	Capacidad corriente (A) aislamiento THHN-THWN 60 / 75 / 90°C en Cu - 600V a 30 °C	Capacidad corriente (A) aislamiento THHW 90°C en Al - 600V a 30 °C	Dispositivo de protección contra sobre intensidad (A)	
12	25 - 25 - 30	25 *	20	-
10	30 - 35 - 40	35 *	30	20 *
8	40 - 50 - 55	45 *	40	30 *
6	55 - 65 - 75	60 *	50	40 *
4	70 - 85 - 95	75 *	70	50 *
2	95 - 115 - 130	100 *	100	70 *
1/0	125 - 150 - 170	135 *	125	100 *
2/0	145 - 175 - 195	150 *	140	125 *
4/0	195 - 230 - 260	205 *	160	140 *
250KCMIL	215 - 255 - 290	230 *	175	160 *
300KCMIL	240 - 285 - 320	255 *	200	200 *
500KCMIL	320 - 380 - 430	350 *	300	250 *

Nota: \* Conductores en Al: AA-800 600 V 90°C THHW

figura 13 Selección de protección termomagnética para conductores

Fuente: normas de diseño cens ,capitulo 4 ,pag 5

SELECCIÓN DE CONDUCTOR POR BAJA TENSION	
TRANSFORMADOR SELECCIONADO	112,5 KVA
CORRIENTE A PLENA CARGA	300
CONDUCTOR SELECCIONADO	CABLE # 300 MCM Cu thwn
CAPACIDAD DE CORRIENTE	320 AMP
PROTECCION	3X300 A
CONDUTOR DE SPT	CABLE Cu #1/0 THHWN

NOTA: SE REALIZO SELECCIÓN DE CABLE DE Cu CALIBRE 300 MCM, EL CUAL NOS CUMPLE CON LA CAPACIDAD DE CORRIENTE LA REGULACION Y PERDIDA DE POTENCIA , PARA LA CARGA DE 112,5KVA Y SE DEJA UNA CAPACIDAD PROYECTADA PARA FUTURA AMPLIACION DE CARGA.

*figura 14 selección de conductor por BT*

*Fuente: propia*

## Los demás cálculos se encuentran resumidos en los cuadros de carga

Selección de Dispositivos de Protección contra Sobre tensiones DPS.  
Se instalarán los DPS en la subestación de M.T.

<b>DPS</b>	Cantidad: 3
	Frecuencia: 60 Hz
	Tensión de servicio: 13,2 KV
	Tensión nominal: 12 KV
	Nivel básico de aislamiento (BIL): 110 KV
	Tensión sostenida: 36 KV
	Capacidad nominal de descarga: 10 KA
	Máxima tensión de cebado: 68 KV
Factor de puesta a tierra: 0,8	
Factor de seg. min. de aislamiento: 1,4	

*figura 15 selección de DPS*

*Fuente: Propia*

SELECCIÓN DE CORTACIRCUITOS, CALCULO FUSIBLE Y SELECCIÓN DE DPS	
CARGA REQUERIDA	101 KVA
CARGA PROYECTADA A 8 AÑOS	112.5KVA
FACTOR DE POTENCIA	0,87
TRANSFORMADOR SELECCIONADO	112.5KVA
NIVEL DE TENSION 2	13200 V
CORRIENTE A PLENA CARGA(AMPERIOS)	6,56
CORTACIRCUITOS SELECCIONADOS (SEGÚN NORMA CNS-NT-11-18)	CORTACIRCUITOS 15KV DE 0-100A
DPS SELECCIONADOS (SEGÚN NORMA CNS-NT-11-20)	DPS SERIE 15KV, CORRIENTE NOMINAL DE DESCARGA 10KA, TENSION DE AISLAMIENTO 50KV
FUSIBLE CALCULADO A PLENA CARGA (NORMA CNS-NT-11-21)	FUSIBLE TIPO K (RAPIDO) DE 7 A, RELACION DE VELOCIDAD 7,0
CARGA APROBADA SEGÚN CERTIFICADO DE FACTIBILIDAD	112.5 KVA
CORRIENTE CARGA APROBADA (AMPERIOS)	6,56
FUSIBLE CALCULADO PARA CARGA APROBADA (NORMA CNS-NT-11-21)	FUSIBLE TIPO K (RAPIDO) DE 7 A, RELACION DE VELOCIDAD 7,0

*figura 15 selección de cortocircuito*

*Fuente: propia*

**Selección de cortacircuitos.** Se utilizarán cortacircuitos en el punto de acometida y subestación de M.T.

<b>Cortacircuitos</b>	Cantidad: 3 Frecuencia: 60 Hz Tensión de servicio: 13,2 KV Tensión nominal: 15 KV Corriente nominal: 100 A Nivel básico de aislamiento (BIL): 110 KV Tensión sostenida: 36 KV Corriente de corto circuito simétrica: 5 KA Corriente de corto circuito asimétrica: 12,5 KA
-----------------------	---

figura 16 detalles de cortacircuitos

Fuente: propia

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

Los espesores mínimos de las paredes d tubos metálicos y no metálicos, aceptados para las instalaciones eléctricas objeto del RETIE deben ser los establecidos en la tabla 20.10.

Tabla 13 espesor de ductos metálicos y no metálicos

TUBOS NO METÁLICOS				TUBOS METÁLICOS			
Diámetro nominal pulgadas y mm	Rigido SCH80 (Tipo pesado)	Rigido SCH40 (Tipo intermedio)	Rigido Tipo liviano	Diámetro nominal Pulgadas y mm	(Tipo pesado)	(Tipo intermedio)	Liviano o EMT
½ - 21	3,73	2,77	1,52	½ - 21	2,64	1,98	1,07
¾ - 26	3,91	2,87	1,52	¾ - 26	2,72	2,10	1,24
1 - 33	4,55	3,38	1,52	1 - 33	3,2	2,35	1,45
1 ¼ - 42	4,85	3,56	1,78	1 ¼ - 42	3,38	2,42	1,65
1 ½ - 48	5,08	6,68	2,03	1 ½ - 48	3,51	2,54	1,65
2 - 60	5,54	3,91	2,54	2 - 60	3,71	2,67	1,65
2 ½ - 73	7,01	5,16	2,80	2 ½ - 73	4,9	3,81	1,83
3 - 88	7,62	5,49	3,18	3 - 88	5,21	3,81	1,83
3 ½ - 101	8,08	5,74	3,68	3 ½ - 101	5,46	3,81	2,11
4 - 114	8,56	6,02	3,80	4 - 114	5,72	3,81	2,11
5 - 141	9,52	6,55	6,55	5 - 141	6,22	NA	NA
6 - 168	10,97	7,11	7,11	6 - 168	6,76	NA	NA

Tabla 20.10. Espesores mínimos de tubos no metálicos y metálicos

Fuente: norma NTC 2050 ,capitulo 6 ,pag 10

Sección comercial, pulg.	Tuberías eléctricas metálicas					Tuberías eléctricas no metálicas				
	Diámetro int., pulg.	Sección total % pulg <sup>2</sup>	Dos fases 31% pulg <sup>2</sup>	Más de dos fases 40% pulg <sup>2</sup>	Una fase 53% pulg <sup>2</sup>	Diámetro int., pulg.	Sección total % pulg <sup>2</sup>	Dos fases 31% pulg <sup>2</sup>	Más de dos fases 40% pulg <sup>2</sup>	Una fase 53% pulg <sup>2</sup>

Tabla 14 dimensiones de ductos

½	0,526	0,217	0,067	0,087	0,115	0,602	0,285	0,088	0,114	0,151
¾	0,722	0,409	0,127	0,164	0,217	0,804	0,508	0,157	0,203	0,269
1	0,936	0,688	0,213	0,275	0,365	1,029	0,832	0,258	0,333	0,441
1 ¼	1,255	1,237	0,383	0,495	0,656	1,360	1,453	0,450	0,581	0,770
1 ½	1,476	1,711	0,530	0,684	0,907	1,590	1,986	0,616	0,794	1,052
2	1,913	2,874	0,891	1,150	1,152	2,047	3,291	1,020	1,316	1,744
2 ½	2,290	4,119	1,277	1,647	2,183	2,445	4,695	1,455	1,878	2,488
3	2,864	6,442	1,997	2,577	3,414	3,042	7,268	2,253	2,907	3,852
3 ½	3,326	8,688	2,693	3,475	4,605	3,521	9,737	3,018	3,895	5,161
4	3,786	11,258	3,490	4,503	5,967	3,998	12,554	3,892	5,022	6,654
5	4,768	17,855	5,535	7,142	9,463	5,016	19,761	6,126	7,904	10,473
6	5,709	25,598	7,935	10,239	13,567	6,031	28,567	8,856	11,427	15,141

*Dimensiones y porcentaje de la sección de los tubos y tuberías, cuadro 4, NTC 2050*

Fuente: norma NTC 2050 ,capitulo 5 ,pag 11

La ducteria a utilizar para la instalación eléctrica nueva será PVC tipo pesado como se indica en planos anexos y su utilización y selección del diámetro se efectúa con base en la tabla .

En planos anexos se muestra el plano de planta, diagrama unifilar. Todos los materiales y equipos a utilizar en la construcción de la totalidad de las instalaciones eléctricas, cumplen con la norma de fabricación aprobada por el ICONTEC y certificación RETIE.

## 15 cálculos de pérdidas de energía, teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia.

Para minimizar las pérdidas por factor de potencia, se instalara un banco de condensadores para corregir el factor de potencia y reducir las pérdidas de energía a continuación se presenta el cálculo del banco de condensadores y la reducción en pérdidas del 9,7% de energía

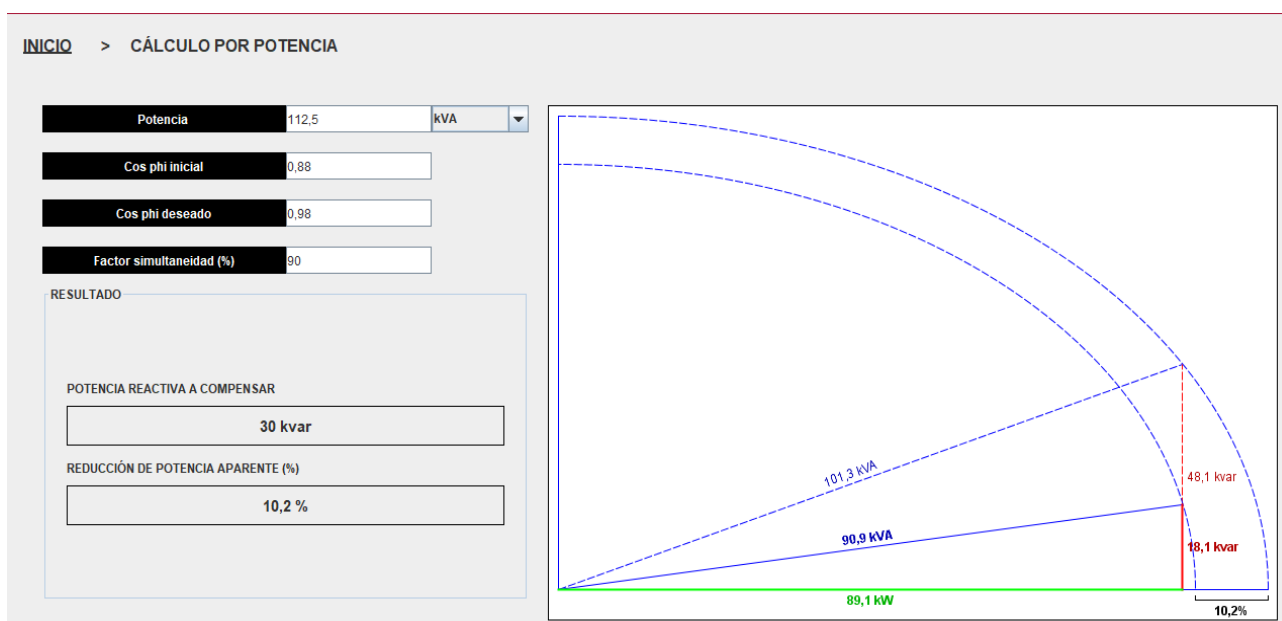


figura 17 triangulo de potencia  
Fuente:propia

## 16 cálculos de regulación.

La regulación se calculará sobre la demanda máxima de diseño, aplicando la siguiente metodología.

$$\text{Regulacion} = F_c * (KG/VL^2) * M = F_c * K * M$$

Dónde:

M = Momento eléctrico = Potencia aparente (kVA) x Longitud del tramo (m).

K = KG/VL<sup>2</sup> = Constante de regulación de cable para distintos valores de Voltaje

KG = (r\*cos $\phi$ +XL\*sen $\phi$ ).

Fc = Factor de corrección.

Los cálculos de regulación, se encuentran en los anexos.

17 elaboración de diagramas unifilares.

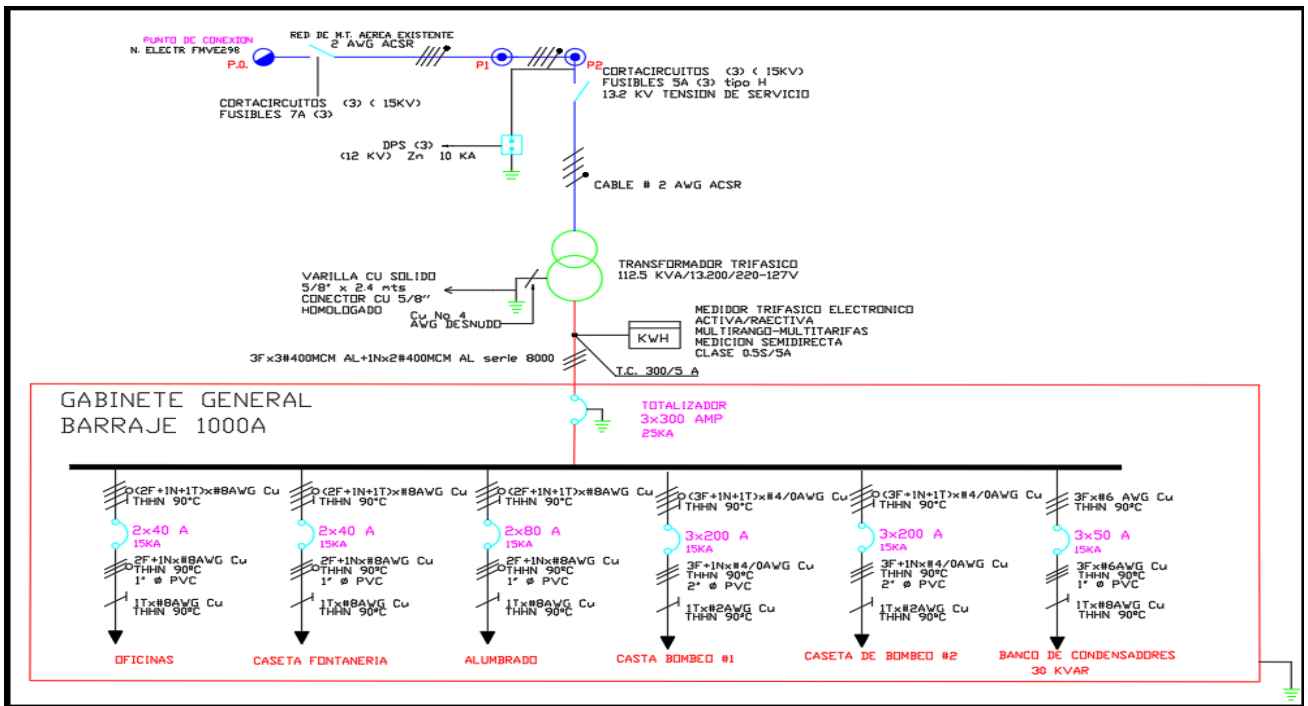


figura 18 diagrama unifilar general planta acueducto zulia

Fuente: propia



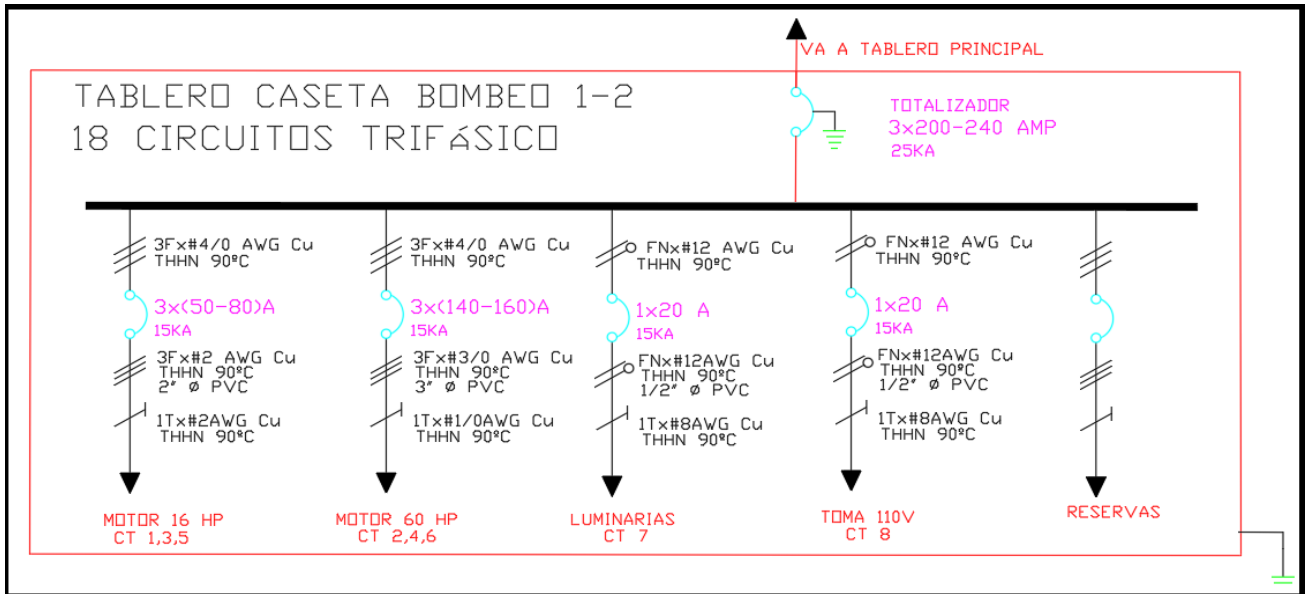


figura 19 diagrama unifilar caseta de bombeo  
Fuente: propia

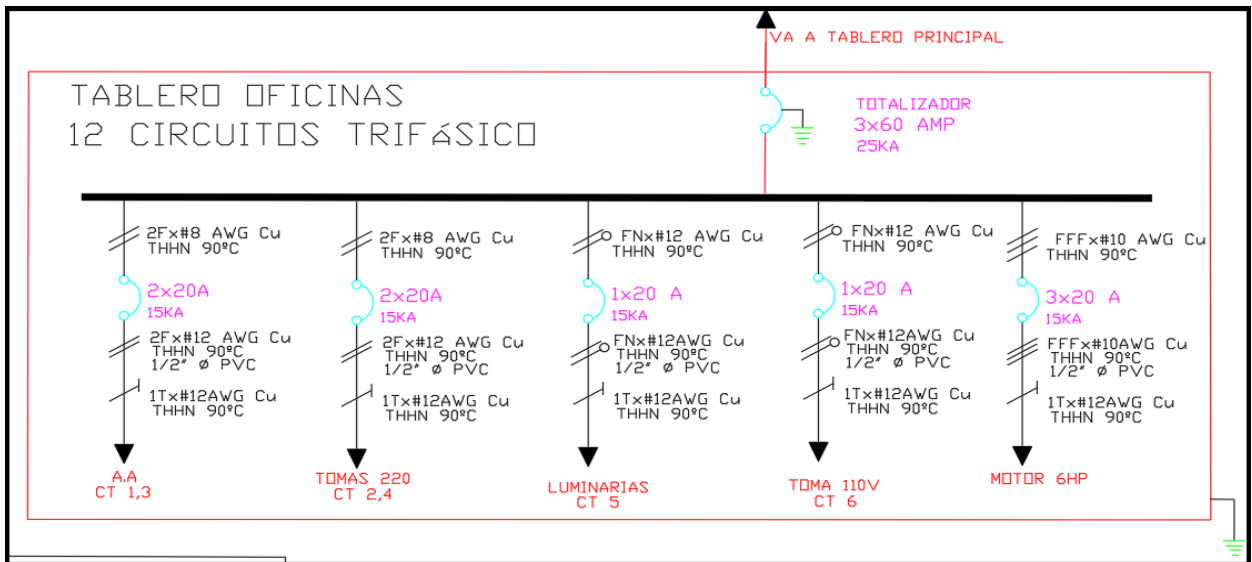


figura 20diagrama unifilar oficinas  
Fuente: propia

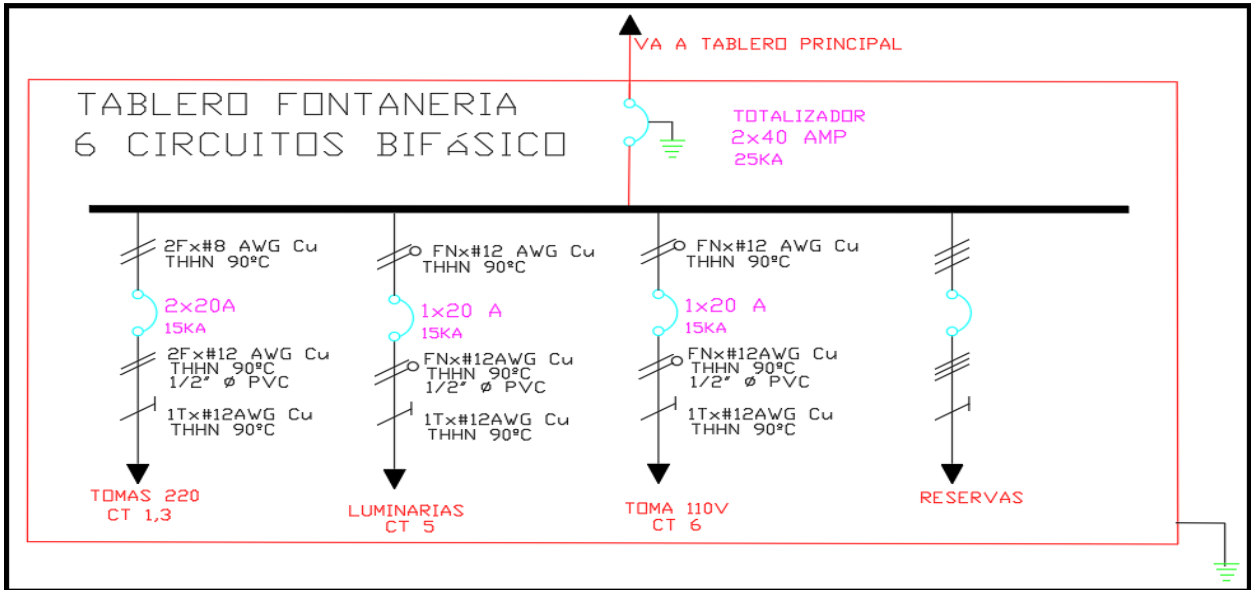


figura 21 diagrama unifilar fontaneria

Fuente: propia

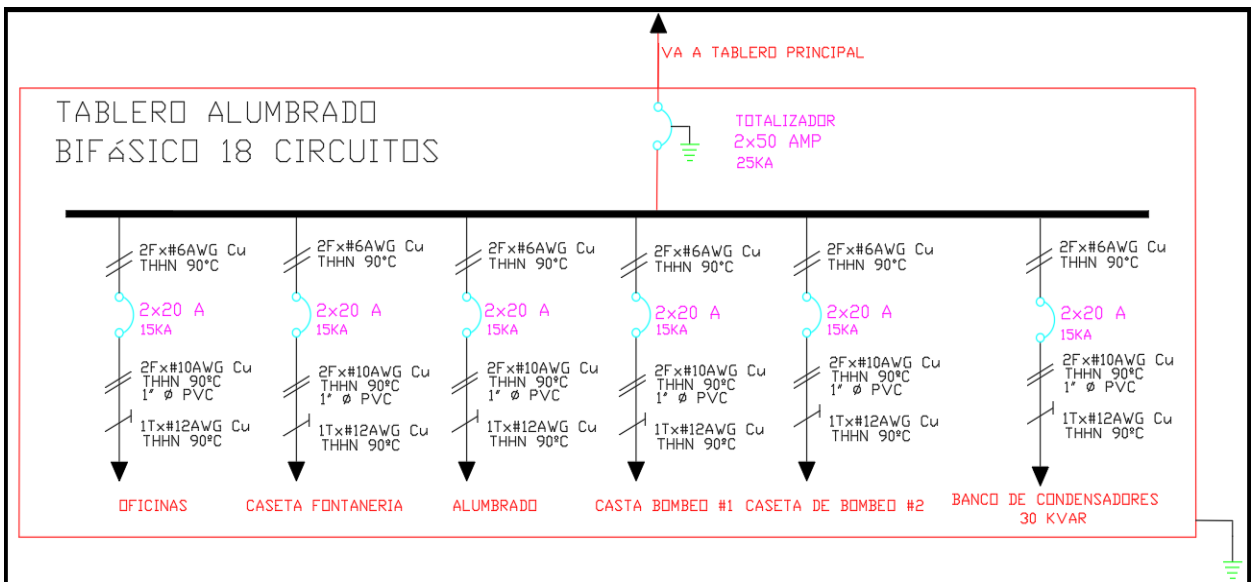


figura 22 diagrama unifilar alumbrado publico

Fuente: propia

## 18 elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.

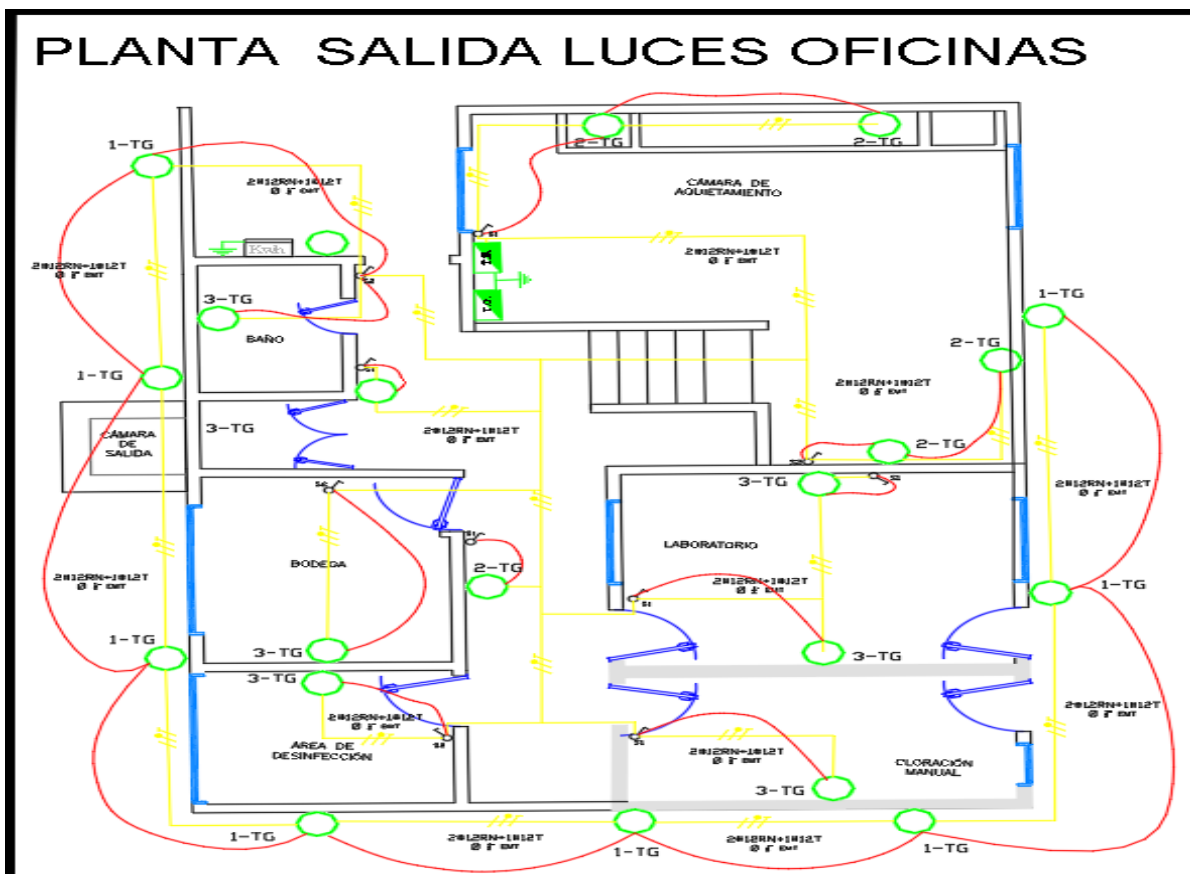


figura 23 planta salidas de luminarias oficina

Fuente: propia

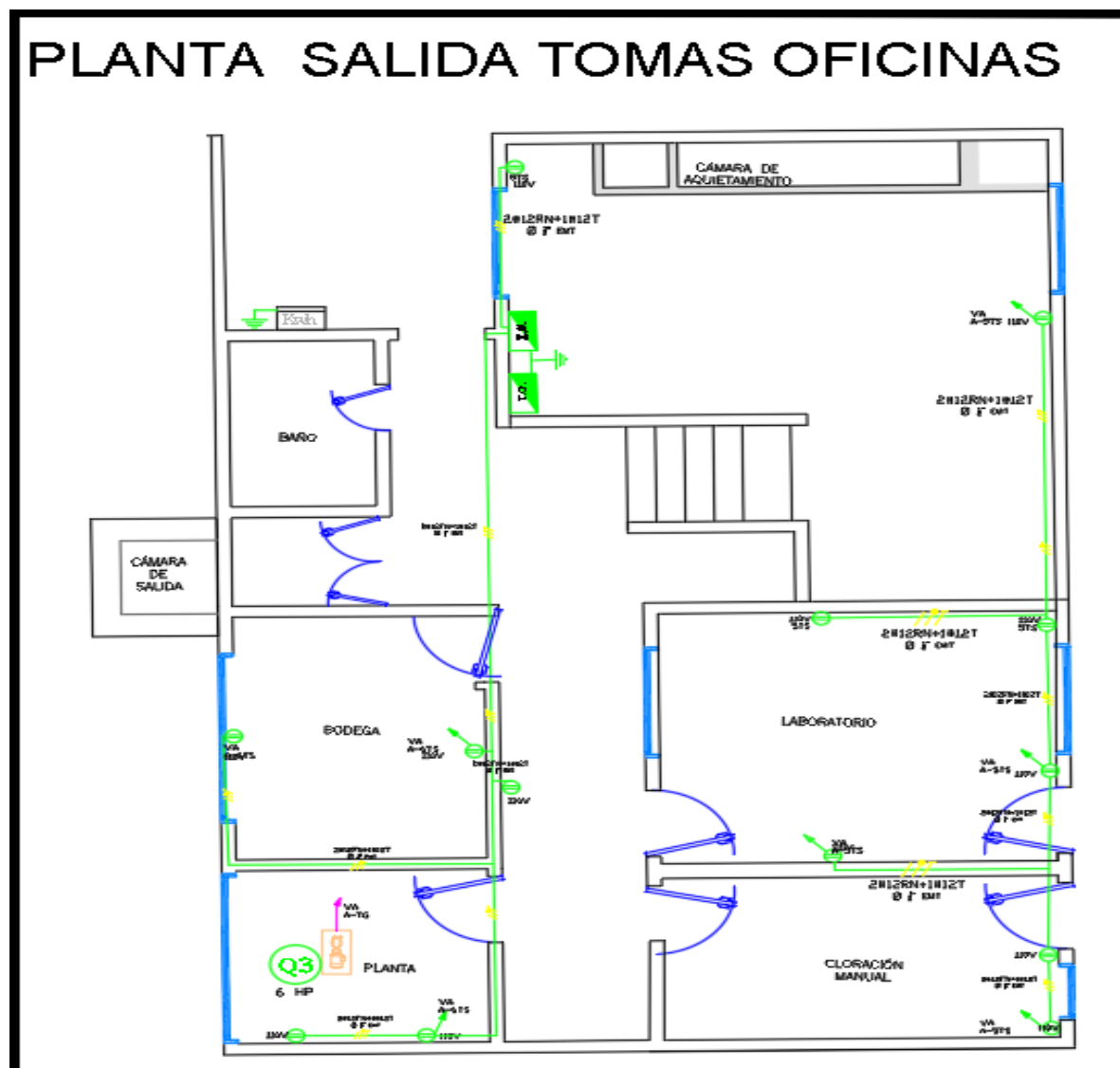


figura 24 planta salida de tomas oficina

Fuente: propia

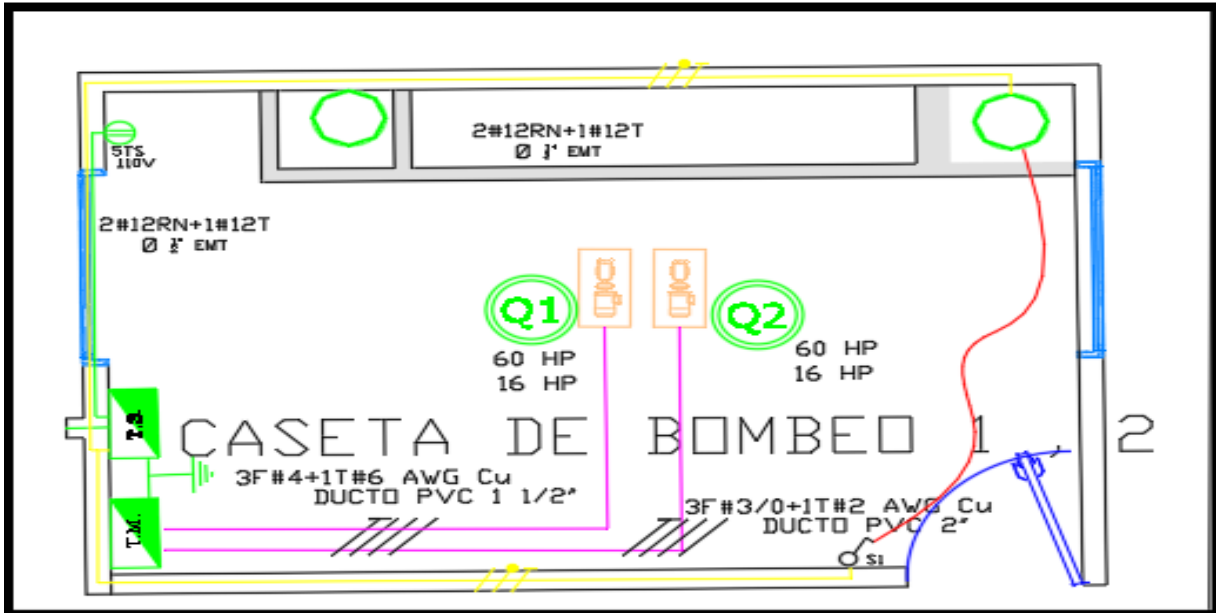


figura 25 planta caseta de bombeo  
Fuente: propia

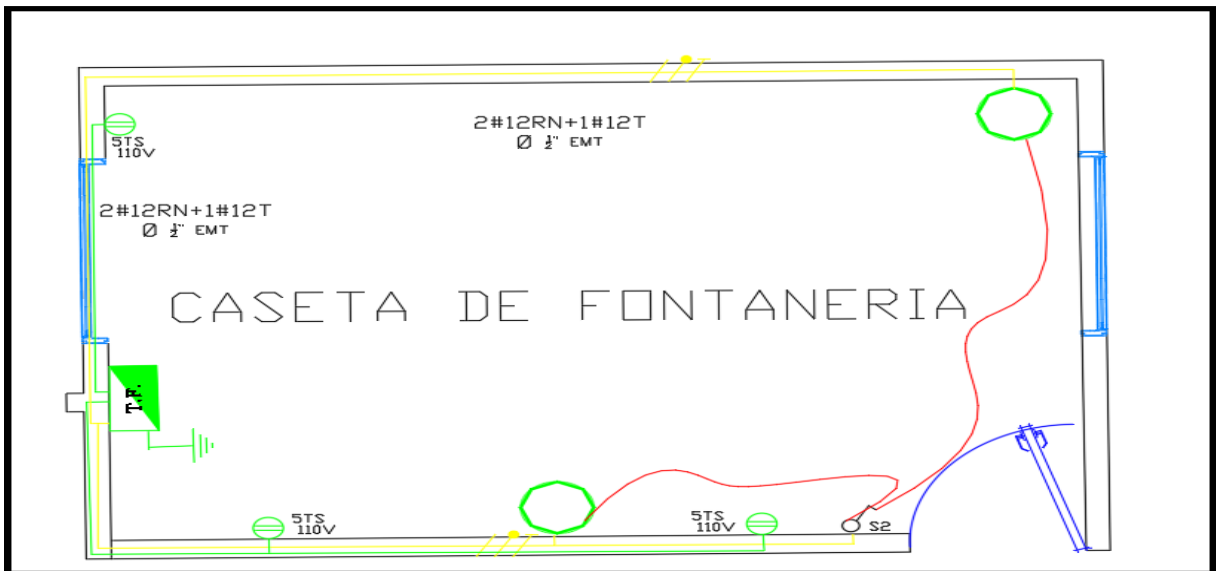


figura 26 planta caseta de bombeo  
Fuente: propia

- 19** especificaciones de construcción complementarias a los planos, incluyendo las de tipo técnico de equipos y materiales y sus condiciones particulares.

### **19.1** Tableros de distribución

Los tableros de distribución se seleccionaron de forma tal que soportaran la totalidad de los circuitos ramales derivados de ellos y dejando un margen de capacidad para futuras ampliaciones.

El fabricante debe poner a disposición del usuario la siguiente información:

- Grado de protección o tipo de encerramiento.
- Diagrama unifilar del tablero.
- El tipo de ambiente para el cual fue diseñado.
- Rotulado para la identificación de los circuitos individuales.
- Instrucciones para la instalación, operación y mantenimiento.
- Debe indicar, de forma visible la posición que deben tener las palancas de accionamiento de los interruptores, al cerrar o abrir el circuito.

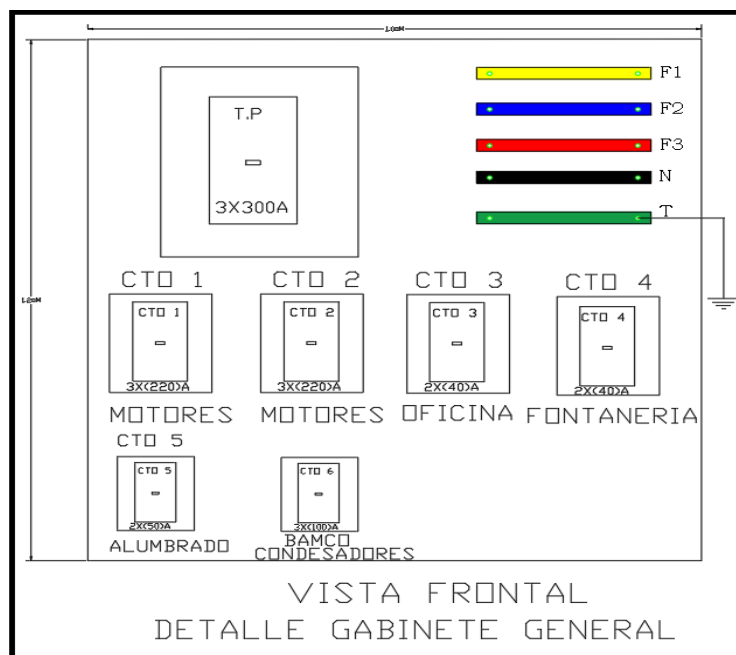
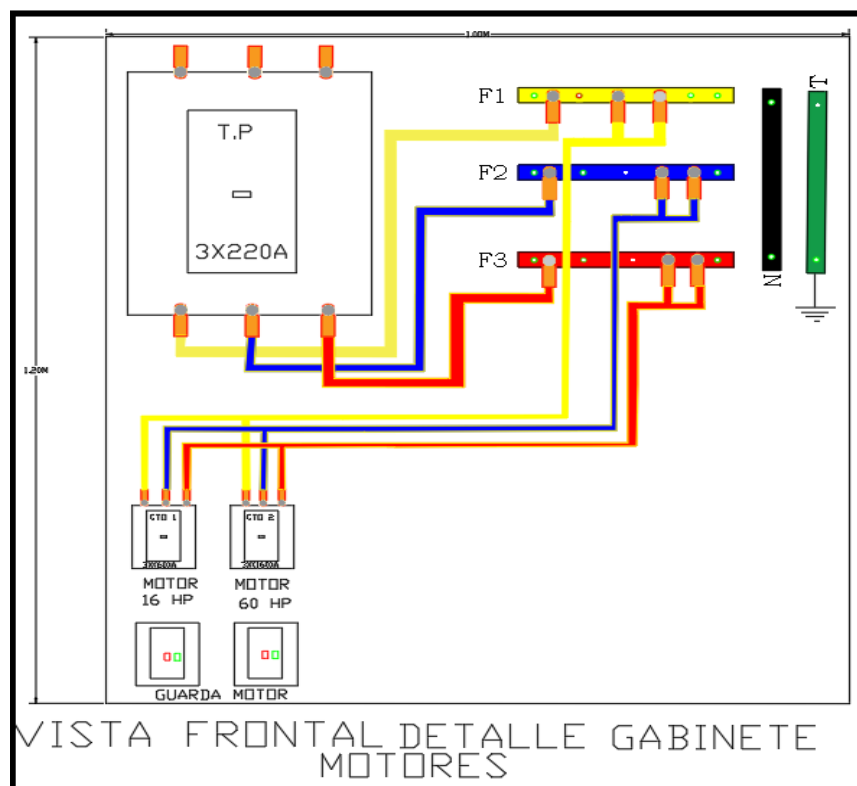


figura 27 detalle gabinete general y sus protecciones  
fuente: propia



*figura 28 gabinete para motores y sus protecciones*  
fuente: propia

## 19.2 Salidas para dispositivos (tomadas, interruptores, portalámparas)

Siempre debemos tener en cuenta los siguientes puntos para la correcta instalación de salidas para dispositivos:

- Los interruptores se deben instalar siempre al conductor de fase, nunca al neutro.
- En la conexión del portalámparas, el neutro se debe instalar en la rosca.
- Para interruptor sencillo el encendido será arriba y el apagado abajo.
- Para el interruptor doble o triple, el encendido será hacia la izquierda y el apagado a la derecha.



- En los tomas en posición horizontal, el neutro ira en la parte superior.

Salida para cada dispositivo se debe instalar como se indica a continuación, según la superficie del piso y la base del dispositivo a instalar (Tabla 8, numeral 8.2.10 CENS):

Tabla 15 alturas mínimas para tomas y alumbrado

Salida	Ubicación	Cuartos de baño	Cocina-Patio	Otras áreas
Toma normal	Horizontal	1,2m	1,1m	0,25
Interruptor	Vertical	1,2	1,1	0,75
Interruptor y toma	Vertical	1,2	1,1	1,1
Luz de aplique	-	1,9	2,0	2,0
Timbre	Vertical	-	-	1,1

*Alturas mínimas para salidas de tomacorrientes y alumbrado.*

Fuente :NTC 2050 CAP-4 ,PAG 21

### 19.3 Medidores de energía

Según norma CENS capítulo 6 y 2: sistemas de medición de energía seleccionamos el tipo y sistema de medida:

Tabla 16 Clasificación del punto de medición

Tipo de puntos de medición	Índice de clase para medidores de energía activa	Índice de clase para medidores de energía reactiva	Clase de exactitud para transformadores de corriente	Clase de exactitud para transformadores de tensión
1	0,2 S	2	0,2 S	0,2
2 y 3	0,5 S	2	0,5 S	0,5
4	1	2	0,5	0,5
5	1	2	--	--

**Tabla 1 Requisitos de exactitud para medidores y transformadores de medida**

Tipo de puntos de medición	Consumo o transferencia de energía, C, [MWh-mes]	Capacidad Instalada, CI, [MVA]
1	$C \geq 15.000$	$CI \geq 30$
2	$15.000 > C \geq 500$	$30 > CI \geq 1$
3	$500 > C \geq 50$	$1 > CI \geq 0,1$
4	$50 > C \geq 5$	$0,1 > CI \geq 0,01$
5	$C < 5$	$CI < 0,01$

**Tabla 2 Clasificación de puntos de medición**

Fuente: norma cens cap-2 y 6 ,pag 45,12

Tabla 17 selección de medidor

TIPO DE MEDIDOR	CAPACIDAD DE CORRIENTE. (A)
Monofásicos.	1x5/60
Bifásicos.	2 x 5/100
	2 x 1/10
	2 x 5/10
Trifásico	3 x 5/100
	3 x 1/10
	3 x 5/10

**Tabla 4 Tipo de medidores de acuerdo a la corriente**

Fuente :norma cens ,capitulo 6 ,Pag 10

Tabla 18 tabla de medida

Tipo de medida	Carga (valores enteros)
Directa - Monofásico bifilar 120 V	Menor a 6.6 kVA
Directa - Bifásico trifilar 120/240 V	Entre 6.6 y menor 12 kVA
Directa - Trifásico tetrafilar 127/220 V	Entre 15 kVA y menor a 45 kVA
Semidirecta B.T. (TC's)	Entre 45 kVA y menores o iguales a 1250 kVA
Indirecta M.T. y A.T. (TC's y TP's)	Superior a 630 kVA

**Tabla 13. Tipos de medida por límite de carga**

Fuente :norma cens ,capitulo 6 ,Pag 10

Tabla 19 selección de CT en BT

Relación del CT	Capacidad instalada (KVA) Circuitos a			
	3x 120/208 V	3x 127/220 V	3 x 254/440 V	120/240 V
100/5	30 a 45	30 a 45	61 a 91	24 a 28
150/5	46 a 64	46 a 68	92 a 137	29 a 43
200/5	65 a 86	69 a 91	138 a 182	44 a 57
300/5	87 a 129	92 a 137	183 a 274	58 a 86
400/5	130 a 172	138 a 182	275 a 365	87 a 115
500/5	173 a 216	183 a 228	366 a 457	N.A.
600/5	217 a 259	229 a 274	458 a 548	N.A.
800/5	260 a 345	275 a 365	549 a 630	N.A.
1000/5	346 a 432	366 a 457	732 a 914	N.A.
1200/5	433 a 518	458 a 548	915 a 1097	N.A.
1500/5	519 a 630	549 a 630	1098 a 1250	N.A.

**Tabla 14. Selección de los CT's en BT**

Fuente :norma cens ,capitulo 6 ,Pag 10

## 20 Presupuesto listado de materiales construcción de diseño eléctrico planta zulía

Tabla 20 Presupuesto materiales y mano de obra planta acueducto el zulía

Descripción 1	Descripción 2	Unidad de Medida	Cantidad	Costo Unitario	Valor Total Inventario
AISLADOR CARRETE PORC 0.6KV	3" ANSI C29.3 CL 53-3	UN	8,00	\$ 1.606,50	\$ 12.852,00
AISLADOR PIN PORC 15KV	7"ANSI C29.5 CL 55-5	UN	6,00	\$ 10.912,25	\$ 65.473,50
AISLADOR TENSOR PORC 0.6KV	3 1/2" ANSI C29.4 CL 54-1	UN	8,00	\$ 2.632,98	\$ 21.063,84
ALAMBRE ACERO GALV 10AWG	GRADO COMUN	KG	10,00	\$ 5.920,67	\$ 59.206,70
ALAMBRE CU 12AWG NEGRO	MPOLAR AIS XLPE 600V 90°C	ML	500,00	\$ 996,76	\$ 498.380,00
ALAMBRE CU 8AWG NEGRO	MPOLAR AIS XLPE 600V 90°C	ML	100,00	\$ 2.454,57	\$ 245.457,00
AMARRE PLAST 20x0.46 cm BLANCO		UN	500,00	\$ 40,42	\$ 20.210,00
ARANDELA CUADRADA 4"X4"X1/4"	DIAMETRO 5/8"	UN	8,00	\$ 2.443,59	\$ 19.548,72
BARRAJE 4x10 POSICIONES 140 A		UN	3,00	\$ 168.128,47	\$ 504.385,41
BASE PARA DPS 15KV		UN	3,00	\$ 280.243,37	\$ 840.730,11
BLOQUE ANCLAJE POLIMERICO	400MMX300MMX100MM	UN	8,00	\$ 27.372,16	\$ 218.977,28
CABLE AAC 3X4/0 + AAAC 1X246.9	CPLEX AIS XLPE 600V 90°C	ML	120,00	\$ 21.021,57	\$ 2.522.588,40
CABLE ACERO GALVANIZADO 1/4"	EXTRA ALTA RESISTENCIA	ML	150,00	\$ 1.326,66	\$ 198.999,00
CABLE ACSR 2AWG	MPOLAR DESN SPARROW	ML	50,00	\$ 1.308,47	\$ 65.423,50
CABLE CU 3X8+1X8AWG	CONC AIS XLPE/XLPE 600V 90°C	ML	20,00	\$ 9.391,36	\$ 187.827,20
CAJA DERIVACION ACOMETIDA 3F	4 SALIDAS 140A	UN	2,00	\$ 96.609,38	\$ 193.218,76
CINTA ACERO INOXIDABLE 3/4"		FT	100,00	\$ 608,58	\$ 60.858,00
CINTA AISL CAUCHO AUTOFUN 69KV	AUTOFUNDENTE	RL	2,00	\$ 28.596,93	\$ 57.193,86
CINTA AISLANTE PVC 600V AMARIL	AMARILLO	RL	2,00	\$ 2.461,10	\$ 4.922,20
CINTA AISLANTE PVC 600V AZUL		RL	2,00	\$ 2.591,07	\$ 5.182,14
CINTA AISLANTE PVC 600V ROJO		RL	2,00	\$ 2.655,36	\$ 5.310,72
CINTA AISLANTE PVC 600V VERDE		RL	2,00	\$ 2.592,59	\$ 5.185,18
COLLARIN 140MM 5 1/2"	DOS SALIDAS	UN	4,00	\$ 9.475,03	\$ 37.900,12
COLLARIN 180MM 7"	UNA SALIDA	UN	2,00	\$ 13.251,27	\$ 26.502,54
CONECTOR Cu VARILLA P.T. 5/8"		UN	4,00	\$ 4.427,09	\$ 17.708,36
CONECTOR PERFORACION AIS	2-4/0AWG A 2-4/0AWG	UN	12,00	\$ 7.726,99	\$ 92.723,88
CORTACIRCUITO 100A 15KV	MONOPOLAR 12KA	UN	3,00	\$ 151.772,45	\$ 455.317,35
CRUCETA METALICA 2400MM	2 1/2" X 2 1/2" X 1/4"	UN	2,00	\$ 70.649,30	\$ 141.298,60
DADO ACERO	100MMX70MMX70MMX5MM	UN	6,00	\$ 7.176,71	\$ 43.060,26
DIAGONAL ANGULAR RECTA	2"X2"X1/4"X2.16 ml	UN	3,00	\$ 48.604,00	\$ 145.812,00
DPS POLIMERICO 12KV 10KA	OXIDO DE ZINC	UN	4,00	\$ 96.852,48	\$ 387.409,92
ESPARRAGO 5/8" X 16"	GALVANIZ C/ TUERCA Y ARANDELA	UN	2,00	\$ 4.411,28	\$ 8.822,56
ESPARRAGO 5/8" X 8"	GALVANIZ C/ TUERCA Y ARANDELA	UN	6,00	\$ 2.573,87	\$ 15.443,22
ESPIGO CORTO AISL PIN 5/8"	5"X1 1/2"X5/8" ROSCA 1"	UN	6,00	\$ 4.025,84	\$ 24.155,04
FUSIBLE EXPULSION 10A	TIPO T 15KV	UN	3,00	\$ 2.617,39	\$ 7.852,17
GRAPA RETENCION TIPO PISTOLA	ALUMINIO 4AWG-2/0AWG	UN	6,00	\$ 15.803,20	\$ 94.819,20
HEBILLA ACERO INOXIDABLE 3/4"		UN	100,00	\$ 496,46	\$ 49.646,00

HERRAJE RETENCION CRUCETA PRFV	AUTOSPORTADA 50X100MM	UN	6,00	\$ 113.050,00	\$ 678.300,00
INTERRUPTOR TERMOMAG ATO 2X30A	TERMOMAGNETI ATORNILLABLE 10kA	UN	10,00	\$ 23.934,38	\$ 239.343,80
INTERRUPTOR TERMOMAG ATO 2X40A	TERMOMAGNETI ATORNILLABLE 10kA	UN	10,00	\$ 34.684,00	\$ 346.840,00
KIT SPT ACERO INOXIDABLE	BAJA TENSION	UN	1,00	\$ 110.198,81	\$ 110.198,81
KIT SPT MT DERIVACION DPS	ACERO INOXIDABLE	UN	1,00	\$ 159.051,48	\$ 159.051,48
MEDIDOR 120/208V 5(100)A 3F4H	CL 1/CL 2 BASICO MCPO	UN	2,00	\$ 108.804,92	\$ 217.609,84
PERCHA 3 PUESTOS	ACERO GALVANIZADO	UN	2,00	\$ 15.541,06	\$ 31.082,12
POSTE CONCRETO 12M 750KGF	MONOLITICO	UN	2,00	\$ 858.717,11	\$ 1.717.434,22
POSTE CONCRETO 8M 750KGF	MONOLITICO	UN	5,00	\$ 477.881,72	\$ 2.389.408,60
POSTE PRFV 8M 510KGF	SECCIONADO	UN	3,00	\$ 658.120,23	\$ 1.974.360,69
TORNILLO MAQUINA 1/2" X 1 1/2"	HEXAGONAL ACERO GALVANIZADO	UN	12,00	\$ 720,22	\$ 8.642,64
TUERCA DE OJO 3/4"	ALARGADA ACERO GALVANIZADO	UN	8,00	\$ 5.284,63	\$ 42.277,04
VARILLA DE ANCLAJE ACERO	5/8" X 1800MM	UN	8,00	\$ 16.633,58	\$ 133.068,64
VARILLA PUESTA A TIERRA ACERO	RECUBIERTO COBRE 5/8" 2400MM	UN	4,00	\$ 27.444,76	\$ 109.779,04
COSTO MANO DE OBRA				\$ 15.000.000	
COSTO DISEÑO ELECTRICO Y APOBACION ANTE OPERADOR DE RED				\$ 2.500.000	
CERTIFICACION RETIE DE LAS INTALACIONES ELECTRICAS				\$ 3.500.000	
TOTAL, COSTO DE MATERIALES				\$ 15.518.861	
A.I.U.				\$ 4.655.658	
TOTAL, GLOBAL PROYECTO DE INFRAESTRUCTURA ELECTRICA PLANTA ACUEDUCTO ZULIA				\$ 41.174.520	

*Fuente: propia*

**21** establecer las distancias de seguridad requeridas.

Las distancias mínimas de seguridad que deben guardar las partes energizadas respecto de las construcciones son las establecidas en la Tabla 13.1 del RETIE y para su interpretación se debe tener en cuenta la Figura.

*Tabla 21 Distancias mínimas de seguridad*

<b>DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Tensión nominal entre fases (kV)</b>	<b>Distancia (m)</b>
Distancia vertical "a" sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación (Figura 5).	44/34,5/33	3,8
	13,8/13,2/11,4/7,6	3,8
	<1	0,45
Distancia horizontal "b" a muros, proyecciones, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas. (Figura 5)	115/110	2,8
	66/57,5	2,5
	44/34,5/33	2,3
	13,8/13,2/11,4/7,6	2,3
Distancia vertical "c" sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas, y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura. (Figura 5)	<1	1,7
	44/34,5/33	4,1
	13,8/13,2/11,4/7,6	4,1
Distancia vertical "d" a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular. (Figura 5)	<1	3,5
	500	8,6
	230/220	6,8
	115/110	6,1
	66/57,5	5,8
	44/34,5/33	5,6
	13,8/13,2/11,4/7,6	5,6
<1	5	

**Tabla 15. Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones**

*Fuente :RETIE ,capitulo 6 ,Pag 4*

Tabla 15. Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones

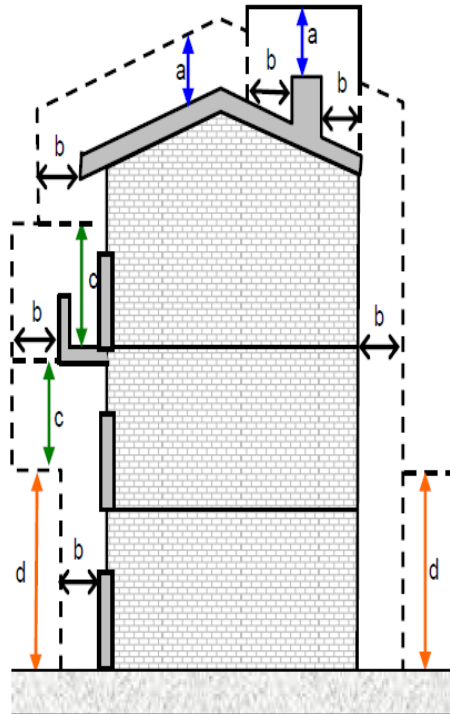


Figura 5. Distancias de seguridad en zonas con construcciones

figura 29 Distancias de seguridad en construcciones

Fuente :RETIE ,capitulo 6 ,Pag 11

Las distancias verticales mínimas en cruces o recorridos paralelos de distintas líneas no podrán ser menores a las establecidas en la Tabla 13.3.

Tabla 22 distancias mínimas de seguridad

		DISTANCIAS EN METROS									
Tensión nominal (kV) entre fases de la línea superior	500	4,8	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,6	5,3	7,1	
	230/220	3,0	2,4	2,4	2,4	2,5	2,6	2,9	3,6		
	115/110	2,3	1,7	1,7	1,7	1,8	1,9	2,2			
	66	2,0	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5				
	57,5	1,9	1,3	1,3	1,3	1,4					
	44/34,5/33	1,8	1,2	1,2	1,3						
	13,8/13,2/11,4/7,6	1,8	1,2	0,6							
	<1	1,2	0,6								
Comunicaciones	0,6										
	Comunicación	<1	13,8/ 13,2/ 11,4/ 7,6	44/ 34,5/ 33	57,5	66	115/ 110	230/ 220	500		
Tensión nominal (kV) entre fases de la línea inferior											

Tabla 13.3. Distancias verticales mínimas en vanos con líneas de diferentes tensiones

Fuente :RETIE ,capitulo 6 ,Pag 11

El diseño considero las distancias de seguridad entre líneas paralelas y zonas de construcción dando cumplimiento articulo 13 RETIE.

## 22 Conclusiones

Tras realizar el planteamiento propuesto en el proyecto, mediante el análisis de la norma NTC 2050 ,RETIE se logró identificar el incumplimiento de cada uno de los ítem de la unidades de las normas ,debido a que la base fundamental para poder lograr la acreditación es estar cumpliendo en todo lo establecido y exigido por la norma ,este diagnóstico permito establecer la validación de cada uno de las instalaciones eléctricas tanto internas como externas ,se contribuyó a la identificación de algunos fallas , por tal motivo se plantea un diseño electrico que cumpla con nada uno de los item de la norma NTC 2050 ,RETIE , y las normas de diseño de cens .

A lo largo de la presente análisis y diseño se logró el objetivo del proyecto el cual fue dar cumplimiento en cada uno de los Item establecidos tanto en el RETIE como en la norma NTC 2050 y los requisitos para solicitar el estudio de proyecto ante cens .

Este proyecto servirá de gran ayuda para los ingenieros encargados del realizar diseños eléctricos y personal operativo de la planta que se encuentran trabajando en dicho lugar ,ya que se busca mejorar la eficiencia energética de los equipos que se encuentran instalados para el uso y distribución del agua potable al municipio del zulia .



### 23 Recomendaciones

Las recomendaciones que se deben tener en cuenta para este proyecto tan importante para la planta de acueducto del zulía como lo es lograr el cumplimiento RETIE en sus instalaciones eléctricas , es mantener actualizados sus equipos e instalaciones en revisiones periódicas con el fin de detectar posibles fallas en el sistema de distribución eléctrica a tiempo, con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de los motores y demás dispositivos eléctricos .

Participar de manera periódica en los mantenimientos de los equipos ya sea diariamente o semanalmente .

Estar atentos ante los cambios que se realizan a las normas internacionales y nacionales que rigen a las instalaciones eléctricas , Cumplir en todo momento con todos los requisitos legales y reglamentarios que se hayan establecido.

Anexos

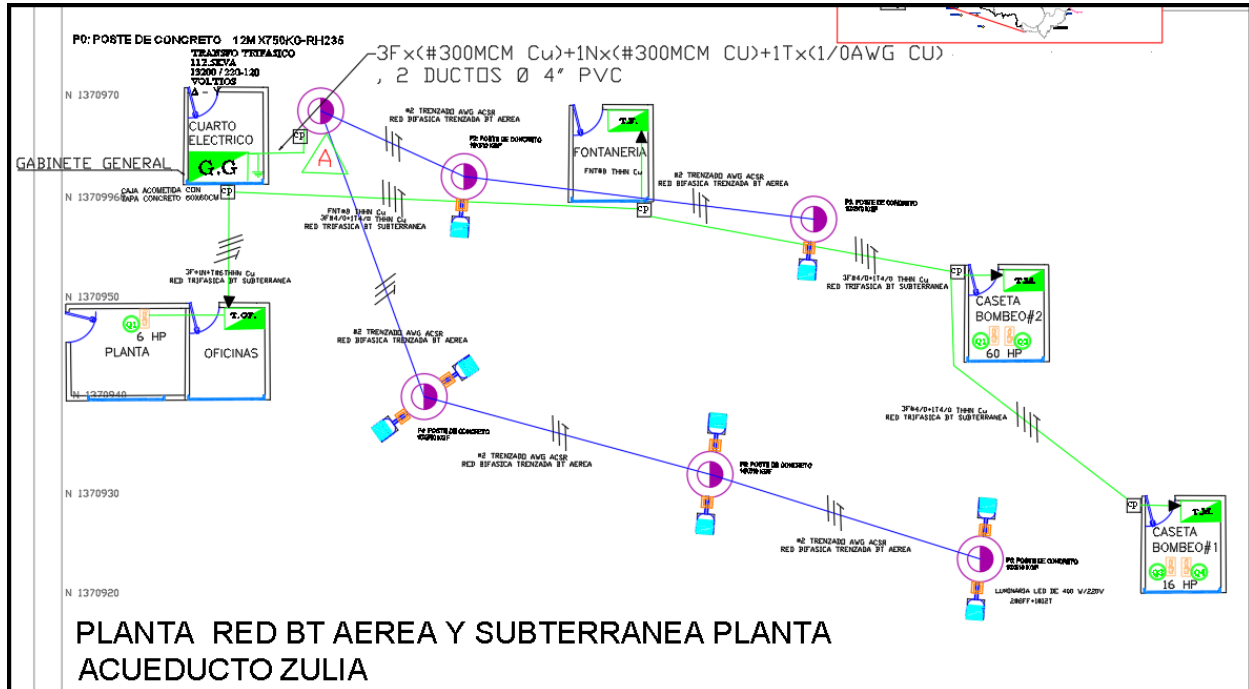


figura 30 planta general alumbrado publico  
fuente: propia

CALCULO DE CAIDA TENSION NORMA CENS									
F.P	P(Kw)	Fc	KG	VL	kVA	Distancia(mts)	M	R%	Vtotal
0,95	11,9	2,25	89,27	230	12,5263158	60	751,578947	2,85369127	223,43651

HP	kW
16	11,9312

<b>Fc</b>	<b>Factor de corrección</b>
<b>M</b>	<b>Momento electrico</b>
<b>VL</b>	<b>Voltaje de linea</b>
<b>KG</b>	<b>Constante de regulaci3n generalizada del conductor</b>

FC

Tipo de Subestaci3n	Monofásica (FN)	Tipo de red bifilar (FF)	Trifilar (FFN)
Monofásica.	8,00	2,00	2,00
Trifásica	6,00	1,732	2,25

## 2.4.3.1. Conductores al aire libre.

Constante $K_0$ para distintos factores de potencia									
Tensión	B.T.			13 200 V			34 500 V		
Calibre (AWG)	0,80	0,90	0,95	0,80	0,90	0,95	0,80	0,90	0,95
6	189,62	212,21	223,11	190,70	213,00	223,67	190,75	213,04	223,69
4	120,32	134,18	140,77	121,40	134,96	141,33	121,45	135,00	141,36
2	76,94	85,35	89,27	78,02	86,14	89,83	78,07	86,17	89,86
1/0	49,44	54,42	56,66	50,52	55,21	57,22	50,57	55,24	57,25

ELABORÓ: P1 CET	REVISÓ: P2 CET	APROBÓ: J.U. PROYECTOS	FECHA DE APROBACIÓN: MARZO DE 2020	VERSIÓN: 4	PÁGINA: 15 de 62
--------------------	-------------------	---------------------------	---------------------------------------	---------------	---------------------

 CENS   Grupo-epm CAPÍTULO 2	CENTRALES ELÉCTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A. E.S.P.	NORMA:
	PARÁMETROS DE DISEÑO	CNS-NT-02

Constante $K_0$ para distintos factores de potencia									
Tensión	B.T.			13 200 V			34 500 V		
Calibre (AWG)	0,80	0,90	0,95	0,80	0,90	0,95	0,80	0,90	0,95
2/0	39,85	43,65	45,31	40,94	44,44	45,87	40,99	44,47	45,90
4/0	26,14	28,26	29,09	27,23	29,04	29,66	27,28	29,08	29,68

Tabla 11. Constantes de regulación  $K_0$  para cables de aluminio aislado.

*Cálculo de regulación de tensión*

### Referencias Bibliográficas

Alemán, S. (2016). Diseño y fabricación de tableros de distribución en baja tensión proyecto subestación edificio banco agrario dirección general (Tesis pregrado). Universidad distrital francisco José de caldas, Bogotá D.C, Colombia.

Andriovich, D. (2015). Proyecto de diseño de redes de distribución y centros de transformación para una urbanización de viviendas (Tesis pregrado). Universidad politécnica de Cartagena, Cartagena, Colombia.

Arias, S. (2015). Iluminación y alumbrado público (Tesis pregrado). Universidad nacional de Colombia, Bogotá D.C. Colombia.

Espinosa y Lara, R. (2000). Sistemas de distribución eléctrica, México: editoriales trillas.

Lemus, O. (2014). Diseño de un sistema de iluminación exterior selectivo para una urbanización de viviendas unifamiliares (Tesis pregrado). Escuela superior de ingeniería y tecnología. Santa Cruz de Tenerife, España.

López, Y, & Linero, K. (2012). Diseño de redes de distribución eléctrica de media y baja tensión para la normalización del barrio el piñoncito de campo de la cruz (Tesis pregrado). Universidad de la costa cuc, Barranquilla, Colombia.

Posada, C. (2016). Diseño de red eléctrica de distribución secundaria (Tesis pregrado). Universidad tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.

Ramírez, S. (2004). Redes de Distribución de Energía. Manizales, Colombia: editorial centro de publicaciones universidad nacional