



Diseño y Puesta En Marcha De Instalación Eléctrica Para Máquina Hielera

AV400CR En Piscícola Berlín

Andrew Jordy Pérez Jaramillo

Código: 21131411205

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Electro Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Neiva-Huila, Colombia

2021

Diseño y Puesta En Marcha De Instalación Eléctrica Para Máquina Hielera AV400CR En
Piscícola Berlín

Andrew Jordy Pérez Jaramillo

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Electromecánico

Director (a):

Esp. Jenny Duran Torrejano

Codirector (a):

Mg. Martha Lucia Solano Moreno

Línea de Investigación:

Eficiencia Energética.

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Electro Mecánica

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Neiva-Huila, Colombia

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado
Diseño y Puesta En Marcha De Instalación Eléctrica Para
Máquina Hielera AV400CR En Piscícola Berlín,
Cumple con los requisitos para optar Al título de
Ingeniero Electromecánico.

Firma del Tutor: Martha Lucia Solano

Primer Jurado: Carlos Alberto Avendaño Avendaño

Segundo Jurado: Elcy Patricia Prado Fajardo

Neiva, Septiembre 03 del 2021.

Contenido

	Pág.
Preliminares	13
Resumen	16
Abstract.....	17
Introducción	18
Objetivos.....	24
1. Capítulo 1	25
1.1 Estado del arte	25
1.2 Marco teórico	29
1.2.1 Introducción a la física	29
1.2.1.1 Electricidad	29
1.2.1.2 Voltaje	30
1.2.1.3 Tipos de voltaje.....	30
1.2.1.4 Corriente eléctrica	33
1.2.1.5 Tipos de corriente eléctrica.....	35
1.2.1.6 Fuentes de energía.....	36
1.2.1.7 Electricidad para consumo.....	36
1.2.2 Reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE.....	37

1.2.2.1	Definición de RETIE.....	37
1.2.2.2	Aplicación de RETIE	38
1.2.2.3	Reglamento RETIE	38
1.2.2.4	Aplicación del RETIE a productos de mayor uso	40
1.2.2.5	Diseño de las instalaciones eléctricas.....	41
1.2.3	AutoCAD	43
1.2.4	Máquina hielera.....	44
1.2.4.1	Hielo en escamas	44
1.2.4.2	Hielo troceado o agrietado	46
1.2.4.3	Máquina Hielera AV400CR.....	47
1.2.5	Estructuras para redes de distribución.....	48
2	Capítulo 2	49
2.1	Diseño ingenieril.....	49
2.2.1	Definición punto de conexión operador de red.....	49
2.2.2	Toma de puntos satelitales	50
2.2.3	Informe general de obra.....	70
2.2.3.1	Redes de baja tensión y huso final.	71
2.2.3.2	Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico	74
2.2.3.3	Análisis de corto circuito y falla a tierra	81
2.2.3.4	Análisis nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos.....	83
2.2.3.5	Análisis de riesgo origen eléctrico y medidas para mitigarlos.....	90
2.2.3.6	Análisis de nivel de tensión requerido.....	98

2.2.3.7	Cálculo de campos electromagnéticos.	98
2.2.3.8	Cálculo de transformadores.	98
2.2.3.9	Cálculo del sistema puesta a tierra.	98
2.2.3.10	Cálculo económico de conductores.	102
2.2.3.11	Verificación de los conductores.	103
2.2.3.12	Cálculo mecánico de estructuras y de elementos de sujeción de equipos.	104
2.2.3.13	Cálculo y coordinación de protecciones contra sobrecorrientes.	104
2.2.3.15	Cálculos de pérdidas de energía.	106
2.2.3.16	Clasificación de áreas.	107
2.2.3.17	Elaboración de diagramas unifilares.	107
2.2.3.18	Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.	107
2.2.3.19	Establecer distancias de seguridad requeridas.	107
2.2.3.20	Justificación técnica de desviación de la NTC 2050 cuando sea permitido, siempre y cuando no comprometa la seguridad de las personas o la instalación.	110
2.2.3.21	Estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.	110
2.2.4	Instalación de posteria, herrajería de las estructuras y red en media tensión.	110
2.2.5	Obra civil.	113
2.2.6	Instalación y montaje de transformador, protecciones y equipo de medida.	115
2.2.7	Instalación tablero de distribución en baja tensión y cableado en baja tensión.	118

2.2.8	Instalación máquina hielera AV400CR.....	121
2.2.9	Verificación de funcionamiento, carga y normatividad RETIE.	127
2.2.10	Puesta en marcha.	129
3	Capítulo 3	131
3.1	Resultados.....	131
3.1.1	Objetivo Específico 1	131
3.1.2	Objetivo Específico 2	134
3.1.3	Objetivo Específico 3	134
3.1.4	Objetivo Específico 4	136
	Conclusiones y recomendaciones.....	139
	A. Anexo: Diagrama unifilar tablero de distribución principal y tableros compresores de la maquina hielera.....	141
	Referencias Bibliográficas.....	142

Lista de figuras

	Pág.
Figura 0-1: Distancia recorrida entre PNY y PB.....	21
Figura 0-2: Diagrama de bloques del proyecto.	23
Figura 1-1: Plano Instalación Eléctrica.....	26
Figura 1-2: Generador de hielo tubular.	27
Figura 1-3: Monofásica – En Volado – Doble Retención.....	28
Figura 1-4: cargas eléctricas (positiva y negativa).	29
Figura 1-5: Representación de la tensión en voltaje inducido.....	31
Figura 1-6: Representación de la tensión en voltaje alterno.....	32
Figura 1-7: Representación de la tensión en corriente continua.	32
Figura 1-8: Núcleo de un átomo.	33
Figura 1-9: Flujo de electrones por medio de un conductor.....	33
Figura 1-10: Elementos conductores, semiconductores y aislantes.....	34
Figura 1-11: Tensión en las fases de un sistema trifásico equilibrado.....	35
Figura 1-12: AutoCAD.	43
Figura 1-13: Hielo en escama.	46
Figura 1-14: Máquina hielera AV400CR.....	47
Figura 2-1: Conexión SAN ALFONSO.....	51
Figura 2-2: Trazado de la nueva línea de distribución eléctrica.	53
Figura 2-3: Trazado de la nueva línea de distribución eléctrica.	54
Figura 2-4: Trazado de la nueva línea de distribución eléctrica.	54
Figura 2-5: Trazado de la nueva línea de distribución eléctrica y circuito San Alfonso.....	55
Figura 2-6: circuito existente San Alfonso.....	55

Figura 2-7: circuito existente San Alfonso.....	56
Figura 2-8: circuito existente San Alfonso.....	56
Figura 2-9: Convenciones del diseño en AutoCAD.....	57
Figura 2-10: Diagrama unifilar contador, cortacircuitos y cableado.	61
Figura 2-11: Diagrama unifilar seccionador y transformador seco 150 KVA.	61
Figura 2-12: Diagrama unifilar compresores.....	62
Figura 2-13: Diseño de montaje premoldeados transformador 150KVA.....	62
Figura 2-14: Diseño cajas de paso transformador 150KVA.	63
Figura 2-15: Diseño montaje subestación 150KVA.	65
Figura 2-16: Diseño transformador 150KVA.....	66
Figura 2-17: Diseño celda seccionador.....	66
Figura 2-18: Diseño estructura equipo de medida.	67
Figura 2-19: Diseño estructura tablero equipo de medida.	68
Figura 2-20: Diseño diagrama conexión equipo de medida - 3 elementos.	69
Figura 2-21: Diseño diagrama conexión equipo de medida - 3 elementos.	69
Figura 2-22: Diseño diagrama conexión equipo de medida - 3 elementos.	71
Figura 2-23: Familia de armónicos de corriente en el conductor.	72
Figura 2-24: Familia de armónicos de voltaje en barras.....	73
Figura 2-25: Diagrama unifilar flujo de carga con factor de potencia.	73
Figura 2-26: Datos del sistema, electrificación máquina hielera.	75
Figura 2-27: Tabla selección de aislantes para conductores eléctricos.	80
Figura 2-28: Tabla selección de aislantes para conductores eléctricos.	82
Figura 2-29: Tabla selección de aislantes para conductores eléctricos.	83
Figura 2-30: Matriz de peligro RED BT Y MT.	91
Figura 2-31: Matriz de peligro Gabinete.....	92

Figura 2-32: Matriz de peligro salidas de huso final.....	95
Figura 2-33: Matriz de peligro transformador 150 KVA- 13.8 KV.	96
Figura 2-34: Matriz de peligro cables aislados.	97
Figura 2-35: Calculo de la resistencia de la malla de pues a tierra.....	100
Figura 2-36: Calculo de la tensión de contacto.....	101
Figura 2-37: Cálculo de la tensión de contacto.....	102
Figura 2-38: Calculo de la tensión de contacto.....	104
Figura 2-39: Diagrama que representa las protecciones: tiempo vs corriente de corto.	105
Figura 2-40: Coordinación de protecciones.....	106
Figura 2-41: Distancia mínima de seguridad en zonas con construcción NTC 2050.	109
Figura 2-42: Montaje de posteria 750 kg y 1050 kg de 12 metros.	111
Figura 2-43: Punto de Conexión SAN ALFONSO media tensión.	111
Figura 2-44: Estructura de cortacircuitos internos red de distribución en media tensión.....	112
Figura 2-45: Estructura de paso para red de media tensión.	112
Figura 2-46: Obra civil de cuarto para tablero de distribución en baja tensión.	113
Figura 2-47: Estructura de paso para red de media tensión.	114
Figura 2-48: Obra civil cuarto para tablero de distribución en baja tensión 220 voltios.	114
Figura 2-49: Transformador SIEMENS de 150 KVA en estructura H.	115
Figura 2-50: Transformador SIEMENS de 150 KVA en estructura H.	116
Figura 2-51: Transformador SIEMENS de 150 KVA en estructura H.	116
Figura 2-52: Montaje de varillas COPPERWELD cobre-cobre S.P.T.....	117
Figura 2-53: Caja de Inspección 30x30cm S.P.T con soldadura exotérmica.	118
Figura 2-54: Tablero de distribución principal.	119
Figura 2-55: Tablero de distribución principal.	119
Figura 2-56: Diagrama unifilar Tablero de distribución principal.	120

Figura 2-57: Bajante acometida interna del trasformador de 150KVA.	121
Figura 2-58: Plataforma para máquina hielera y cuarto frio.	122
Figura 2-59: Máquina Hielera AV400CR.	122
Figura 2-60: Ventiladores máquina Hielera AV400CR.	123
Figura 2-61: Compresores Máquina Hielera AV400CR.	123
Figura 2-62: Plataforma cuarto frio y máquina Hielera.	124
Figura 2-63: Tablero compresores maquina Hielera.	124
Figura 2-64: Tablero de compresores conectado maquina Hielera.	125
Figura 2-65: Tablero de compresores conectado maquina Hielera.	125
Figura 2-66: Tablero de compresores conectado maquina Hielera.	126
Figura 2-67: Tablero de compresores conectado maquina Hielera.	126
Figura 2-68: Tensión de las líneas L1-L3.	127
Figura 2-69: Tensión de las líneas L2-L3.	128
Figura 2-70: Tensión de las líneas L1-L2.	128
Figura 2-71: Máquina generando hielo.	129
Figura 2-72: Hielo almacenado.	130
Figura 2-73: Cuarto frio.	130
Figura 3-1: Medida baja tensión 225.7 Voltios.	131
Figura 3-2: Totalizador principal, contactores, temporizador y vigilante de tensión.	132
Figura 3-3: Caja de inspección 30x30 cm para medir la resistencia de la malla a tierra.	133
Figura 3-4: Resisten de puesta a tierra 3.34 ohmios por medio de telurómetro.	133
Figura 3-5: Punto de conexión SAN ALFONSO red media tensión.	134
Figura 3-6: Montaje de la máquina hielera nivel uno y dos.	135
Figura 3-7: Montaje de la máquina hielera nivel uno y dos.	136
Figura 3-8: Montaje de la máquina hielera nivel uno y dos.	137

Figura 3-9: Montaje de la máquina hielera nivel uno y dos.	138
Figura 3-10: Montaje de la máquina hielera nivel uno y dos.	138

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 2-1: Coordenadas satelitales y estructura.....	52
Tabla 2-2: Notas de diseño para red de media tensión.	58
Tabla 2-3: Notas de diseño para proyectos con medida especial.	59
Tabla 2-4: Notas de diseño para caja de inspección en media y baja tensión.	63
Tabla 2-5: Notas de diseño celda de medidor.	65
Tabla 2-6: Notas de diseño para celda seccionador.	67
Tabla 2-7: Línea de media tensión para transformado 150KVA.....	70
Tabla 2-8: cuadro de carga y cálculos trasformador 150 KVA.	76
Tabla 2-9: Cálculos de factor de riesgo por rayos (metodología NTC 4542).....	83

Lista de ecuaciones

	Pág.
Ecuación 2-1: Cálculo selección de fusible transformador 150 KVA.....	77
Ecuación 2-2: cálculos para la protección de los pararrayos.	78
Ecuación 2-3: Ecuación selección bajante del transformador.....	78
Ecuación 2-4: Máxima tensión de contacto admisible.	99

Preliminares

(Dedicatoria)

Con la gracia y la voluntad de Dios puede alcanzar cada sueño, cada meta, cada ilusión, que hacen posible alcanzar las perspectivas éticas y profesionales que me planteo día a día.

Mi progreso ético y profesional se los debo a mis padres que, con una ardua labor, esfuerzo, sacrificio y dedicación me guiaron, me orientaron y me dieron los recursos necesarios para lograr tan deseado título como ingeniero electro mecánico.

Solo me queda resaltar el agradecimiento tan inmenso que siento por Dios y mis padres, sin su apoyo incondicional nada hubiera sido posible. Dios los bendiga.

Andrew Jordy Perez Jaramillo

Agradecimientos

Mediante estos agradecimientos de tesis, quiero exaltar la labor de Dios, de mis padres, de mi esposa, de mis hijos, familiares, amigos y docentes que estuvieron presentes con un granito de arena durante mi proceso educativo, gracias a aquellos que, con dedicación, respeto, cariño y decencia aportaron para culminar mis estudios.

Quiero agradecer a las empresas A&C ELECTRICIDAD INDUSTRIAL S.A.S y a la empresa HAGESA GROUP S.A.S por nombrarme director de obra y permitirme hacer parte de tan profesional y altamente calificado grupo de trabajo, el cual me oriento, apoyo y me dio la oportunidad de crecer ética y profesionalmente junto a ellos; para cumplir de la manera mas profesional y eficiente mi proyecto de grado.

El desarrollo de esta tesis no lo puedo catalogar como algo fácil, pero lo que sí puedo hacer, es afirmar que durante todo este proceso pude disfrutar de cada circunstancia, cada etapa, cada momento, cada investigación y proyectos que participe en mi formación educativa; aprendí a disfrutar y a aceptar cada etapa de mi formación como algo constructivo para mi vida ética y profesional, no porque simplemente me haya propuesto que así fuera si no porque siempre tuve el acompañamiento de mis padres, mi hogar, mi familia, mis amigos y docentes que siempre estuvieron ahí para apoyarme y por eso la vida misma me demostró que la actitud con la que afronte mis diferentes pruebas así mismo cosecharé los resultados deseados y la recompensa esperada.

Gracias a todos.

Resumen

Para garantizar la cadena de frío en el proceso de producción y transporte de tilapia para la empresa Piscícola Berlín S.A.S Se requirió el apoyo y acompañamiento de las empresas energéticas A&C ELECTRICIDAD INDUSTRIAL S.A.S y HAGESA GROUP S.A.S para el diseño e implemento de un sistema energético como cuenta nueva que garantiza el correcto funcionamiento de una Máquina Hielera tipo AV400CR.

El trabajo se apoya en una comprensión e implementación correcta de todos los parámetros, reglas y normas que rige el RETIE y que se exige como requisito para el suministro de energía por parte del operador de red. La demanda total de energía se calculó a partir de los datos relacionados con la ubicación y la intensidad de corriente requerida junto con el conocimiento de los modos de funcionamiento de este equipamiento. A partir de estos datos, se obtuvo la potencia necesaria de la fuente de alimentación, transformación de carga y el número de elementos necesarios para una adecuada instalación, medición y distribución de energía.

Para la determinación de todos estos parámetros se utilizó una combinación de diferentes herramientas informáticas (EXCELL-AUTO/CAD). Junto al diseño resultante, se realizó la implementación práctica del mismo teniendo como resultado el suministro e instalación de un transformador seco de 150 KVA, la construcción de línea de media tensión 2094 m, 1 subestación de 150 KVA Tensión 13,200/440-254 Voltios para el correcto funcionamiento de la máquina hielera.

Palabras clave: Instalación eléctrica, Gestión energética, Voltaje, Corriente, Temperatura, Piscicultura, RETIE.

Abstract

To guarantee the cold chain in the production and transport process of tilapia for the company Piscícola Berlin S.A.S The support and accompaniment of the energy companies A&C ELECTRICIDAD INDUSTRIAL S.A.S and HAGESA GROUP S.A.S was required for the design and implementation of an energy system as an account New that guarantees the correct operation of an Ice Machine type AV400CR.

The work is based on a correct understanding and implementation of all the parameters, rules and norms that the RETIE governs and that is required as a requirement for the supply of energy by Electrificadora del Huila (Electro Huila). The total energy demand was calculated from the data related to the location and the intensity of current required together with the knowledge of the operating modes of this equipment. From these data, the necessary power of the power supply, load transformation and the number of elements necessary for an adequate installation, measurement and distribution of energy was obtained.

To determine all these parameters, a combination of different computer tools (EXCELL-AUTO / CAD) was used. Together with the resulting design, the practical implementation of the same was carried out, resulting in the supply and installation of a 150 KVA dry transformer, the construction of a 2094 m, medium voltage line, 1 substation of 150 KVA Voltage 13,200 / 440-254 Volts for the correct operation of the ice machine.

Keywords: Electrical installation, Energy management, Voltage, Current, Temperature, Fish farming, RETIE.

Introducción

Antecedentes

El operador energético por medio de las redes de generación, distribución y transporte de la entidad interconexión eléctrica (ISA); es el ente encargado de suministrar en el Huila el flujo energético tanto para el consumo doméstico como para el consumo industrial.

La transmisión es fundamental para la creación de un mercado de energía, al ser el punto de encuentro entre la generación y la demanda. a través de ella, se logra el intercambio físico de la energía eléctrica y se optimiza el uso de los recursos de generación. Los servicios prestados por las empresas de transmisión de energía eléctrica incluyen:

- Diseño, construcción, operación y mantenimiento de sistemas de transmisión de energía eléctrica a alto voltaje.
- Conexión al sistema eléctrico de generadores, operadores de red, transportadores regionales y grandes consumidores.
- Construcción de proyectos de infraestructura para terceros.
- Servicios asociados de mantenimiento, estudios eléctricos y energéticos.

Entre tanto, en la matriz industrial energética, si bien son muchas las empresas que se han modernizado con la actualización de sus equipos como es el gremio piscicultor.

En cuanto a los servicios públicos, la energía eléctrica es el servicio que presenta mayores dificultades para los acuicultores, ya que la cobertura geográfica no es universal y por otro lado, que los costos son demasiado elevados para los productores, pues no existen tarifas diferenciadas

en función de la escala productiva (*Plan-Nacional-para-el-Desarrollo-de-la-Acuicultura-Sostenible-Colombia.pdf*, 2014.).

Con el fin de mejorar el entorno económico y financiero de la actividad, el MADR y la AUNAP, conjunta y coordinadamente con el CNCA y la Organización Gremial Nacional de Acuicultores, adelantarán las siguientes acciones:

Articulación con las empresas de energía eléctrica para la implementación de un sistema de subsidios preferenciales para el uso de la energía en la actividad, de acuerdo con lo estipulado en la Ley 101 de 1993 (*Ley 101 de 1993.pdf*, Ley General de Desarrollo Agropecuario y Pesquero) o Ley general de desarrollo agropecuario y pesquero, que dice que “La Comisión de Regulación Energética establecerá subsidios preferenciales de energía eléctrica para los productores del sector agropecuario y pesquero”.

Planteamiento del Problema

La empresa Piscícola Berlín S.A.S se localiza en la vereda Potosí, 800m al norte del centro poblado del municipio de Villavieja y en unión con la Piscícola New York S.A localizado en Km. 15 vía al Sur Vereda Rio Frio - Rivera Huila, tienen como principal actividad la acuicultura de agua dulce; son líder a nivel nacional en la producción, distribución y exportación de tilapia (*Tilapia Roja | Tilapia Nilótica | PISCICOLA NEW YORK | Colombia, 2019*).

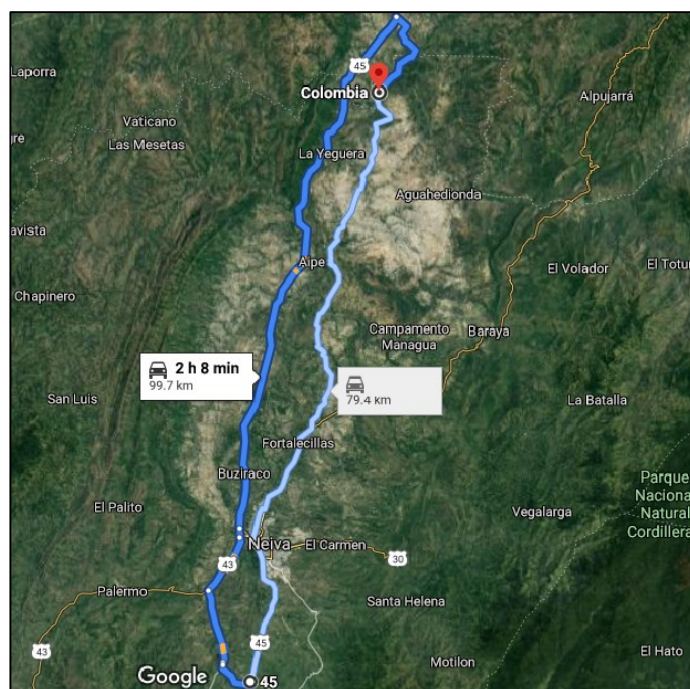
La Reproducción, levante, engorde y comercialización de tilapia roja está dividida en 3 estaciones: reproducción y precria, estación granja de engorde y proceso.

La empresa Piscícola Berlín (PB) es la estación encargada del engorde de tilapia, cuenta con 101 hectáreas de espejo de agua distribuida en 59 estanques. Esta granja de engorde tiene una

capacidad de producción de 4,400 toneladas de tilapia roja por año, el cual es transportado a la estación de proceso Piscícola New York (PNY) en un vehículo isotermo hermético con adaptaciones específicas como oxígeno, hielo, cloro, temperatura, agua y corriente para garantizar la vida y la cadena de frio de los animales cumpliendo con los requerimientos exigidos por el ministerio de transporte y las autoridades sanitarias, que impiden durante su transporte que los alimentos corruptibles no estén expuestos a contaminación, adulteración o alteración y que garantice el cumplimiento de las normas todo vehículo transportador de carne, pescado o alimentos fácilmente corruptibles que manejen una cadena de frio con temperaturas de cero a cuatro grados centígrados (0°C a 4°C) para preservar su integridad y calidad, reduciendo, las alteraciones físicas, bioquímicas y microbiológicas, de tal forma que su temperatura sea superior a la de su punto de congelación para mantener los productos bajo óptimas condiciones.

El transporte de los vehículos isotérmicos requiere de una minuciosa operación la cual consiste en: desde la estación de proceso donde se empieza a acondicionar los vehículos con los diferentes requerimientos de oxígeno, 4 toneladas de hielo por vehículo, cloro, temperatura, agua y corriente para garantizar la vida y la cadena de frio, posteriormente el vehículo se moviliza desde la estación de proceso hasta la estación de engorde, recorriendo alrededor de 99.7 Km en 2 horas con 8 minutos promedio como se observa en la figura 0-1.

Figura 0-1: Distancia recorrida entre PNY y PB.



Fuente: (Autor), Google Maps.

El vehículo estando en la Piscícola Berlín debe hacer espera de la pesca ya que se hace la carga del pescado instantáneamente es retirado de los lagos. La pesca puede tardar alrededor de 4 a 6 horas ya que en una sola pesca pueden cargar entre 10 y 12 toneladas de tilapia para ser transportada a la estación de proceso en la piscícola New York lo que requiere otro tiempo estimado de transporte de 2 a 3 horas de viaje por un total de entre 10 y 12 horas con el hielo empacado en el vehículo lo que permite el derretimiento del hielo ya que la temperatura ambiente habitual entre el trayecto del vehículo es de 30 a 39°C lo que ocasiona una elevación en la temperatura del agua del tanque ocasionando alteraciones en la calidad y conservación de la tilapia.

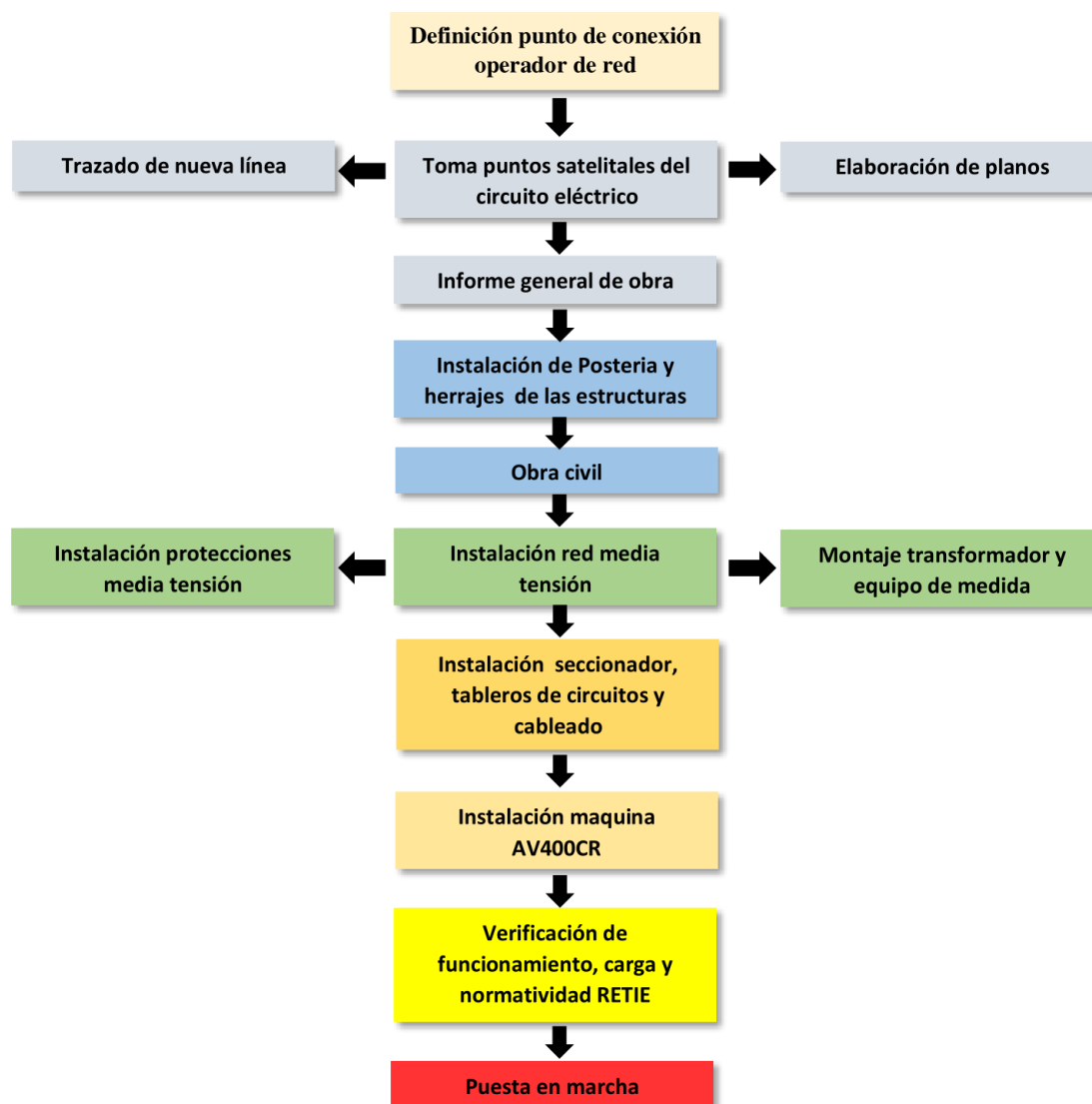
De lunes a domingo diariamente se realizan 2 pescas para distribución de pescado a nivel nacional y de exportación lo cual es necesario que los vehículos de transporte estén en óptimas condiciones con el fin de conservar la calidad e inocuidad de los productos durante la ejecución de los procesos ya que se debe mantener la cadena de frío desde la pesca, transporte y procesamiento para su comercialización a nivel nacional o exportación.

De acuerdo a todas esas valoraciones y estudios realizados en conjunto, apoyo y acompañamiento por parte de las empresas A&C ELECTRICIDAD INDUSTRIAL S.A.S y la empresa HAGESA GROUP S.A.S, y para garantizar la cadena de frío, bajo las condiciones explicadas, la máquina de hielo debe entregar una producción de 40.000 libras (180181 Kg) o 20 toneladas al día dando un aproximado de 1 T/h obteniendo un grosor de hielo ajustable desde 1/8'' hasta 5/8'' con una temperatura de producción de 5° Fahrenheit (-23° Celsius).

En acompañamiento y apoyo con el grupo de trabajo compuesto por las empresas A&C ELECTRICIDAD INDUSTRIAL S.A.S y HAGESA GROUP S.A.S concluyeron que la Máquina Hielera tipo AV400CR fuera la seleccionada para estos fines. Ella necesita para su funcionamiento un voltaje de 440-460/3/60 V y un servicio de 208-230/1/60 V respectivamente para los controles para un consumo eléctrico de 88 Kwh y un consumo total de agua de 5.180 gal(19.684 Litros)/24 horas como lo referencia su fabricante (A&V Refrigeración, 2020). Es así como nos planteamos el siguiente problema de investigación: ¿Cómo puede el diseño de un sistema eléctrico basado en normas nacionales garantizar el correcto funcionamiento de la Máquina Hielera tipo AV400CR para garantizar la cadena de frío del proceso de producción en la empresa Piscícola Berlín S.A.S, teniendo en cuenta las complejas condiciones de ubicación de dicha empresa?

Metodología

Figura 0-2: Diagrama de bloques del proyecto.



Fuente: (Autor), Word.

Objetivos

Objetivo general

Diseño y Puesta En Marcha De Instalación Eléctrica Para Máquina Hielera AV400CR En Piscícola Berlín.

Objetivo general

- Realizar el estudio de carga necesario para el funcionamiento de la máquina hielera.
- Determinar del circuito eléctrico más cercano de media tensión para conexión y trazado de nueva línea.
- Montaje e instalación del proyecto.
- Puesta en marcha y chequeo del cumplimiento del reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE.

1. Capítulo 1

1.1 Estado del arte

En la universidad politécnica de valencia-España, Ferrán Cremades Gradoli estudiante de ingeniería en tecnologías industriales desarrolla como tesis de grado el estudio de la instalación eléctrica en una fábrica de puertas de madera ubicada en el P.I de Catarroja(*TFG Ferran Cremades Gradoli_2014.pdf*, 2014.).

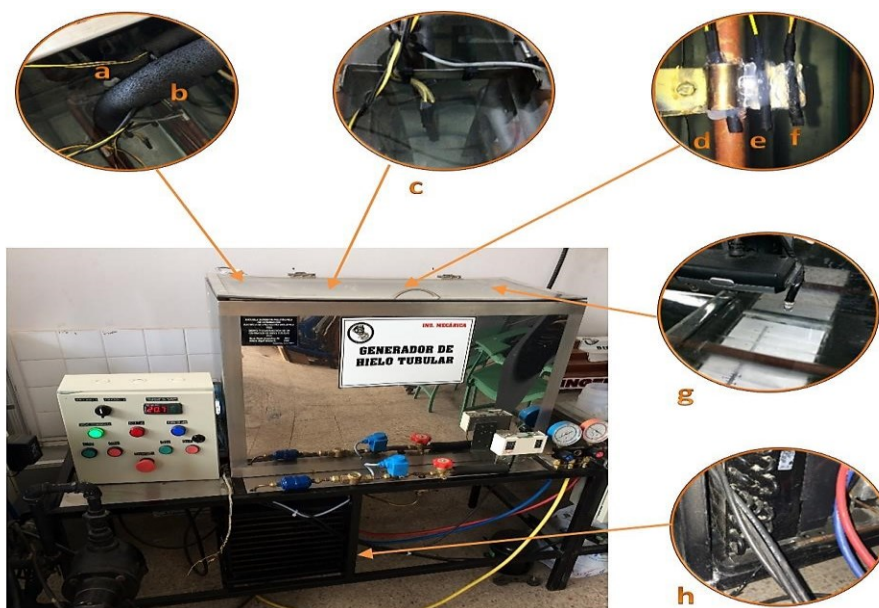
El proyecto consiste en el diseño de la instalación eléctrica de una fábrica de puertas de madera. Aplicando los conocimientos adquiridos durante el grado y la normativa vigente sobre instalaciones eléctricas de baja tensión. La instalación eléctrica incluye, además de las líneas y protecciones de baja tensión, un centro de transformación propio con una capacidad de 400kVA con el fin de abastecer toda la fábrica cuya potencia total instalada es de 334.61kW.

Obteniendo como resultado el diseño industrial de los planos de localización sobre Cartografía Vigente Municipal, Instalación eléctrica como se observa en la figura 1-1, Instalación luminarias, Esquema unifilar cuadro A, B C, D, E, F, G, H, I, J y el centro de transformación y así completando su objetivo de describir la instalación eléctrica de baja tensión, así como desarrollar y justificar las soluciones adoptadas, cumpliendo con todas las normas establecidas por la legislación vigente. Así como una instalación lo más eficiente posible con el fin de establecer un ahorro energético.

Con el fin de mostrar resultados de experiencias realizadas a distintas temperaturas ambientales y cálculos realizados a partir de datos para evaluar la carga térmica necesaria.

Con diseños de sistemas que producen hielo sobre evaporador bombeando refrigerante a través de una bobina sumergida en un tanque como se observa en la figura 1-2; donde se instala también un sistema de agitación de agua, de esta forma se genera formación de hielo densa y uniforme durante cada ciclo de congelación.

Figura 1-2: Generador de hielo tubular.



Fuente: Optimización del Generador de Hielo Tubular del Laboratorio de Energía perteneciente a la escuela de Ingeniería Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. (Maigualema Paola, 2018).

Universidad Católica De Santiago de Guayaquil facultad de educación técnica para el desarrollo. Estudiante de Electrico-Mecanica lleva a cabo el estudio de Análisis técnico económico

para la electrificación del recinto 10 de agosto ubicado en el cantón la troncal, provincia del cañar, utilizando energía convencional trifásica (Colcha Chacón, 2015).

Su trabajo pretende analizar técnica y económicamente la implementación de la nueva línea de tensión 13800 Voltios trifásica para mejorar el sistema de distribución público en el recinto donde su propósito es el beneficio a los habitantes del sector.

En vista de su problemática estudiada, desea proyectar la línea de media tensión del sistema monofásico al sistema trifásico donde plasma información detallada y actualizada en un plano digital del sistema existente y proyectado donde su punto principal el analizar el estado de cargabilidad de los transformadores como se observa en la figura 1-3.

Figura 1-3: Monofásica – En Volado – Doble Retención.



Fuente: Análisis técnico económico para la electrificación del recinto 10 de agosto ubicado en el cantón la troncal, provincia del cañar, utilizando energía convencional trifásica (*Chacon-Andres-T-UCSG-PRE-TEC-IEM-60.pdf,2015.*).

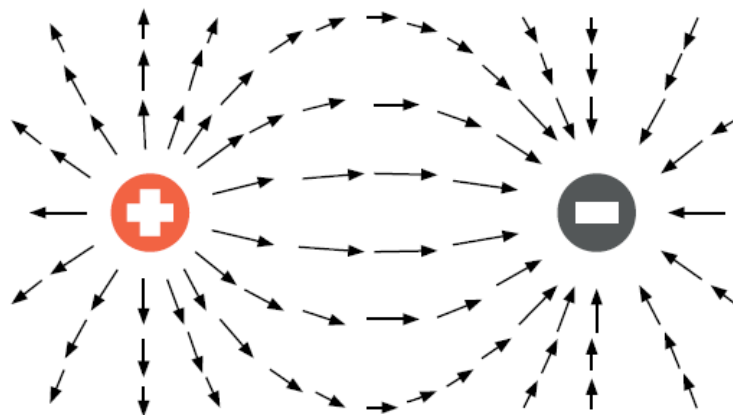
1.2 Marco teórico

1.2.1 Introducción a la física

1.2.1.1 Electricidad

La electricidad es un conjunto de fenómenos producidos por el movimiento e interacción entre las cargas eléctricas positivas y negativas de los cuerpos físicos. La palabra “electricidad” procede del latín *electrum*, y a su vez del griego *élektron*, o ámbar. La referencia al ámbar proviene de un descubrimiento registrado por el científico francés Charles François de Cisternay du Fay, que identificó la existencia de dos tipos de cargas eléctricas (positiva y negativa). Las cargas positivas se manifestaban al frotar el vidrio, y las negativas al frotar sustancias resinosas como el ámbar (Foro Nuclear, 2015).

Figura 1-4: cargas eléctricas (positiva y negativa).



Fuente: Cargas y campos eléctricos (Cargas y campos eléctricos, 2017).

La energía producida puede manifestarse dentro de cuatro ámbitos: físico, luminoso, mecánico y térmico.

1.2.1.2 Voltaje

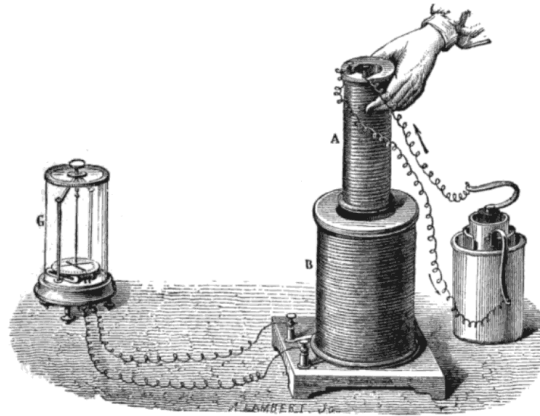
El voltaje es la magnitud que da cuenta de la diferencia en el potencial eléctrico entre dos puntos determinados. También llamado diferencia de potencial eléctrico o tensión eléctrica es una fuente de suministro de energía eléctrica o fuerza electromotriz ejerce sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado. De esta forma, se establece el flujo de una corriente eléctrica con respecto al trabajo por unidad de carga eléctrica que ejerce sobre una partícula un campo eléctrico, para lograr moverla entre dos puntos determinados.

A mayor diferencia de potencial que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica, mayor es el voltaje existente en el circuito al que corresponde ese conductor. La diferencia de potencial se mide en voltios (V), al igual que el potencial. La tensión entre dos puntos de un campo eléctrico es igual al trabajo que realiza dicha unidad de carga positiva para transportarla desde el punto A al punto B. Cabe destacar que la tensión es independiente del camino recorrido por la carga, y depende de forma exclusiva del potencial eléctrico de los puntos A y B en el campo.

1.2.1.3 Tipos de voltaje

Voltaje inducido: Se le denomina así a la fuerza electromotriz o voltaje inducido necesario para generar energía eléctrica dentro de un circuito, es decir, para generar una diferencia de potencial. En un circuito abierto dicha fuerza puede mantener la tensión eléctrica entre dos puntos, en un circuito cerrado, generará un flujo de corriente.

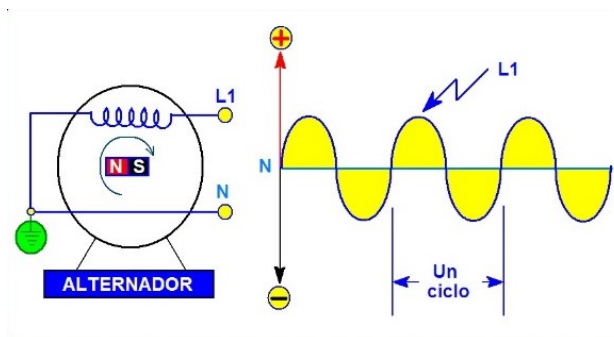
Figura 1-5: Representación de la tensión en voltaje inducido.



Fuente: Curiosoando (*¿Qué es el voltaje inducido?*, 2016).

Voltaje alterno (VA): Se representa por las letras VA o sus siglas en inglés, con valores positivos y negativos en un eje cartesiano, dado que se considera una onda sinusoidal. Es el voltaje más usual porque es el más fácil de generar y transportar. Como su nombre lo indica, es un voltaje con valores alternos, no constante en el tiempo y su frecuencia dependerá del país o de la región específica, ejemplo: En Colombia se maneja una frecuencia de 60 Hz.

Figura 1-6: Representación de la tensión en voltaje alterno.

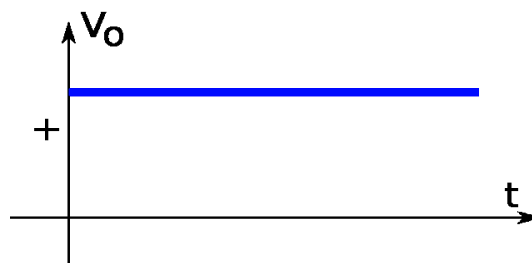


Fuente: Coparoman (Paco, 2017).

Voltaje de corriente directa: Es usual en motores y baterías, y se obtiene de la transformación de la corriente alterna en corriente más o menos continua, con pequeñas crestas, mediante fusibles y transformadores.

Voltaje continuo (VCC): También llamado voltaje de corriente continua (VCC), presente en chips, microprocesadores y otros artefactos que requieren de voltajes continuos y constantes. Suele obtenerse luego de tratamiento con condensadores electrolíticos (*Voltaje - Concepto, tipos de voltaje y cómo medirlo*, 2020).

Figura 1-7: Representación de la tensión en corriente continua.

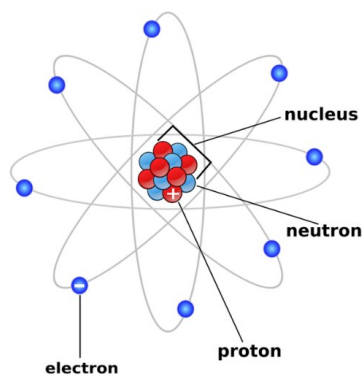


Fuente: Corriente continua («*Corriente continua*», 2020).

1.2.1.4 Corriente eléctrica

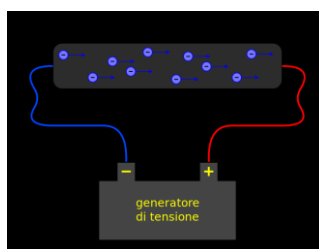
Se llama corriente eléctrica al flujo de carga eléctrica a través de un material conductor, debido al desplazamiento de los electrones que orbitan el núcleo de los átomos que componen al conductor como se observa en la figura 1-8. Este movimiento de partículas se inicia una vez que en los extremos del conductor se aplica una tensión externa. Esta tensión genera un campo eléctrico sobre los electrones que, al poseer carga negativa, se ven atraídos hacia la terminal positiva (*Corriente Eléctrica - Concepto, intensidad, tipos y efectos, 2020*).

Figura 1-8: Núcleo de un átomo.



Fuente: Partes del átomo (*Partes del átomo, 2020*).

Figura 1-9: Flujo de electrones por medio de un conductor.



Fuente: Corriente eléctrica («*Corriente eléctrica*», 2020).

Para transmitirse, la corriente eléctrica requiere de materiales que dispongan de una gran cuota de electrones libres, es decir, ubicados en su última órbita alrededor del núcleo y, por lo tanto, susceptibles de moverse al estar menos fuertemente atraídos por éste. En ese sentido puede distinguirse entre materiales conductores, semiconductores y aislantes figura 1-10, de acuerdo a su capacidad de transmitir la corriente eléctrica (buena, poca y nula, respectivamente).

Figura 1-10: Elementos conductores, semiconductores y aislantes.



Fuente: pngwing(*Guante de líneas de trabajo schutzhandschuh amazon.com cuero, guantes, cuero, electricidad, guante de seguridad png | PNGWing, 2020*).

La intensidad de corriente se mide normalmente en Culombios por segundo (C/s), lo que equivale a un amperio (A), unidad básica en el campo de la electricidad y de uso común. Una unidad de Coulomb se define como la cantidad de carga que transporta una corriente eléctrica de un amperio por un conductor eléctrico en un segundo. Un amperio corresponde a $6,242 \times 10^{18}$ electrones libres(*Corriente Eléctrica - Concepto, intensidad, tipos y efectos, 2020*).

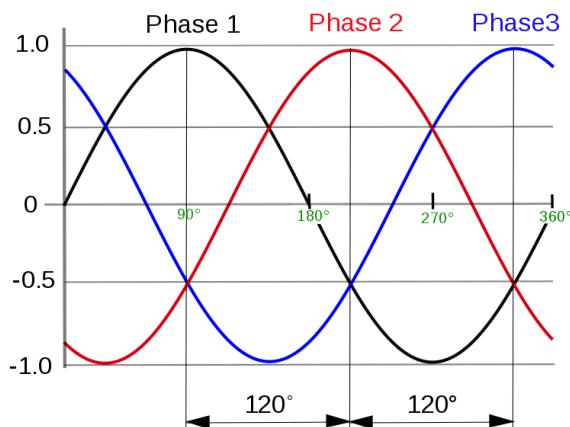
1.2.1.5 Tipos de corriente eléctrica

Corriente continua (CD): También llamada corriente directa, consiste en un flujo de cargas eléctricas que no cambia su sentido en el tiempo, es decir, que se produce por una diferencia de potencial eléctrico (voltaje) cuyos terminales de mayor y menor potencial no son intercambiables. Dicho de otro modo, su sentido de circulación es siempre el mismo.

Corriente alterna (CA): corriente eléctrica cuyo sentido y dirección varía cíclicamente. Esta corriente se describe matemáticamente por ondas senoidales y en términos energéticos es mucho más eficiente que la corriente continua, razón por la cual la reciben los hogares y las empresas.

Corriente Trifásica: La corriente trifásica es la forma de electricidad más comúnmente generada y consiste en tres corrientes alternas de idéntica frecuencia y amplitud, dadas en un orden determinado y llamadas fases.

Figura 1-11: Tensión en las fases de un sistema trifásico equilibrado.



Fuente: Sistema trifásico («Sistema trifásico», 2020).

Corriente monofásica: Se obtiene tomando una sola fase de la corriente trifásica y un cable neutro, lo cual permite aprovechar la transmisión de energía en una tensión baja (*Corriente Eléctrica - Concepto, intensidad, tipos y efectos, 2020*).

1.2.1.6 Fuentes de energía

Energía primaria: Se denominan energías primarias las que se obtienen directamente de la naturaleza: solar, hidráulica, eólica, geotérmica, biomasa, petróleo, gas natural o carbón.

Energía secundaria: Las energías secundarias provienen de la transformación de energía primaria con destino al consumo directo, o a otros usos: gasolina, electricidad, gasoil, fuel oil...

1.2.1.7 Electricidad para consumo

La electricidad se produce mediante sistemas eléctricos que garantizan su disponibilidad (Foro Nuclear, 2015). Un sistema eléctrico es el conjunto de elementos que operan de forma coordinada en un determinado territorio para satisfacer la demanda de energía eléctrica de los consumidores. Los sistemas eléctricos se pueden clasificar básicamente de la siguiente manera:

Centros o plantas de generación: Donde se produce la electricidad (centrales nucleares, hidroeléctricas, de ciclo combinado, parques eólicos, etc.).

Líneas de transporte eléctrico: Líneas de transporte y distribución de la energía eléctrica de alta tensión (AT).

Estaciones transformadoras (subestaciones): Reducen la tensión o el voltaje de la línea (alta tensión / media tensión, media tensión / baja tensión).

Centro de control eléctrico: Donde se gestiona y opera el sistema de generación y transporte de energía.

Líneas de distribución: Líneas de transporte y distribución de media y baja tensión que llevan la electricidad hasta los puntos de consumo industrial o urbano.

La electricidad es una fuente de energía imprescindible. En cualquier hogar existen todo tipo de aparatos y electrodomésticos que funcionan con corriente eléctrica, además del sistema de iluminación. En la industria, casi la mitad de la energía que se consume es eléctrica. La electricidad se utiliza tanto como fuente impulsora de los motores eléctricos de las máquinas y aparatos de cada sector, como para calentar los contenidos de tanques, depósitos y calderas. Al igual que en el sector doméstico, la electricidad también es la principal fuente de iluminación, y permite obtener calor y frío con equipos de climatización.

1.2.2 Reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE

1.2.2.1 Definición de RETIE

EL RETIE establece las medidas que garanticen la seguridad de las personas, la vida animal y vegetal, y la preservación del medio ambiente, previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico; Estas prescripciones parten de que se cumplan los requisitos civiles, mecánicos y de fabricación de equipos (RETIE, 2013).

Los objetivos legítimos que se pueden proteger mediante Reglamentos Técnicos son:

- Protección de la vida y salud humana
- Protección de la vida animal y vegetal

- Protección del medio ambiente
- Prevención de prácticas que puedan inducir a error al usuario
- Seguridad Nacional

1.2.2.2 Aplicación de RETIE

El RETIE se aplica a toda instalación eléctrica nueva, ampliación y remodelación de la misma que se realice en los procesos de Generación, Transmisión, Transformación, Distribución y Utilización de la energía eléctrica, así como a algunos productos de mayor utilización en las instalaciones eléctricas para la Protección de la vida y los bienes materiales.

1.2.2.3 Reglamento RETIE

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas -RETIE para Colombia, vigente desde mayo del 2005 y actualizado mediante la Resolución 90708 del 30 de agosto de 2013 “Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE”. (publicada en el Diario Oficial 48904 del 5 de septiembre de 2013), luego de un ejercicio democrático de discusión con alta participación de todas las partes interesadas, recoge lo más representativo de los estándares de seguridad en la electrotecnia, aplicados a: las instalaciones eléctricas, los productos allí incorporados, las personas involucradas en el diseño, construcción, supervisión, operación y mantenimiento de las instalaciones, los fabricantes o importadores de los productos, las empresas prestadoras del servicio, los entes de la demostración de la conformidad y los usuarios.

En cumplimiento del artículo 2º de la Constitución Nacional, les corresponde a las autoridades de la República proteger a todas las personas residentes en Colombia en su vida, honra

y bienes. En tal sentido el Ministerio de Minas y Energía como máxima autoridad en materia energética, adopta los reglamentos técnicos orientados a garantizar la protección de la vida de las personas contra los riesgos que puedan provenir de los bienes y servicios relacionados con el sector a su cargo(*REGLAMENTO_Retie2013mini.pdf*).

Teniendo en cuenta principios generales que orientan la gestión del riesgo, como son los de: igualdad, protección, solidaridad social, autoconservación, participación, diversidad cultural, interés público o social, precaución, sostenibilidad ambiental, gradualidad, coordinación, concurrencia, subsidiariedad y oportuna información. Esperamos que todos los habitantes del territorio nacional, apoyen una gestión de los riesgos de origen eléctrico y actúen bajo los principios antes señalados

Cualquier análisis que pretenda realizarse en el campo científico y tecnológico, debe obligatoriamente enmarcarse en los parámetros de la globalización establecidos a nivel mundial. Por esta razón, el trabajo que se presenta bajo el contexto de Código Eléctrico Colombiano no puede ser ajeno a esta premisa. ICONTEC entrega al país esta primera actualización de la NTC 2050, Código Eléctrico Colombiano.

Vale la pena resaltar el invaluable valor agregado que representa para el país el Código Eléctrico Colombiano, dado que es la materialización de las necesidades nacionales en aspectos de seguridad para las instalaciones eléctricas en construcciones, basadas en parámetros aplicados y validados mundialmente. Sin lugar a dudas el Código Eléctrico Colombiano será una herramienta fundamental para el sector eléctrico nacional en general y para los profesionales que se desempeñan en esta área, ya que establece los requisitos que unos deben solicitar y otros deben aplicar, brindando transparencia en los procesos de contratación y calidad en la ejecución de los

trabajos, todo enfocado al beneficio de los clientes y usuarios en todos los niveles (*NTC 2050 CODIGO EELCTRICO COLOMBIANO.pdf, 1996.*).

1.2.2.4 Aplicación del RETIE a productos de mayor uso

- Alambre y cable para instalaciones eléctricas, aislados entre 80 y 1000 V
- Aisladores eléctricos
- Balizas utilizadas como señales de aeronavegación
- Bombillas incandescentes de < 200 W
- Cajas de conexión para tensión menor a 260 V
- Clavijas eléctricas para uso general
- Cintas aislantes
- Controladores o impulsores para cercas eléctricas
- Dispositivos de protección contra sobretensiones transitorias
- Electrodo de puesta a tierra
- Estructura de transmisión
- Extensiones eléctricas para tensión menor a 600 V
- Generadores de corriente
- Interruptores automáticos para tensión < a 260 V
- Interruptores manuales de baja tensión
- Motores eléctricos para tensiones nominales menores a 25 V y mayores a 37,5 W
- Multitomas eléctricas para tensión menor a 600 V

- Puestas a tierra temporales
- Tableros, paneles y armarios para tensión inferior o igual a 1000 V
- Tomacorrientes para uso general
- Transformadores de potencia
- Tuberías para instalaciones eléctricas, etc.
- Los productos que se instalen en instalaciones eléctricas especiales,

Capítulos 5, 6 y 7 de la NTC 2050

- Productos usados en redes de lugares con grandes concentraciones de personal

1.2.2.5 Diseño de las instalaciones eléctricas

Toda instalación eléctrica a la que le aplique el RETIE, debe contar con un diseño realizado por un profesional o profesionales legalmente competentes para desarrollar esa actividad. El diseño podrá ser detallado o simplificado según el tipo de instalación.

El Diseño detallado debe ser ejecutado por profesionales de la ingeniería cuya especialidad esté relacionada con el tipo de obra a desarrollar y la competencia otorgada por su matrícula profesional, conforme a las Leyes 51 de 1986 y 842 de 2003. Las partes involucradas con el diseño deben atender y respetar los derechos de autor y propiedad intelectual de los diseños. La profundidad con que se traten los temas dependerá de la complejidad y el nivel de riesgo asociado al tipo de instalación y debe contemplar los ítems que le apliquen de la siguiente lista:

A. Análisis y cuadros de cargas iniciales y futuras, incluyendo análisis de factor de potencia y armónicos. B. Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico. C. Análisis de cortocircuito y falla a tierra. D. Análisis de nivel de riesgo por rayos y medidas de protección contra rayos. E.

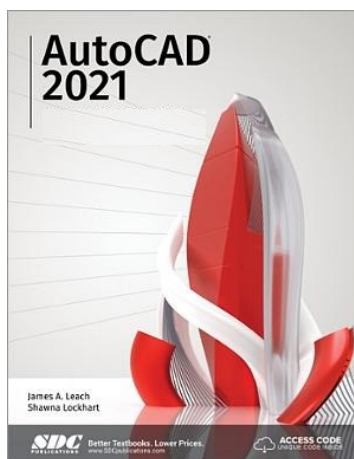
Análisis de riesgos de origen eléctrico y medidas para mitigarlos. F. Análisis del nivel tensión requerido. G. Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que, en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1 H del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

Nota 1. La profundidad con que se traten los ítems dependerá del tipo de instalación, para lo cual debe aplicarse el juicio profesional del responsable del diseño. Nota 2. El diseñador deberá hacer mención expresa de aquellos ítems que a su juicio no apliquen. Nota 3. Para un análisis de riesgos de origen eléctrico, el diseñador debe hacer una descripción de los factores de riesgos potenciales o presentes en la instalación y las recomendaciones para minimizarlos.

1.2.3 AutoCAD

AutoCAD® es un software de diseño asistido por computadora (CAD) en el cual se apoyan tanto arquitectos como ingenieros y profesionales de la construcción para crear planos y dibujos precisos en 2D y 3D. Crea, anota y edita geometría en 2D y modelos en 3D con sólidos, superficies y objetos de malla. Automatiza tareas tales como comparar dibujos, agregar bloques, crear planificaciones y muchas más. Personaliza con las aplicaciones complementarias y las API.

Figura 1-12: AutoCAD.



Fuente: AUTODESK (*AutoCAD for Mac y AutoCAD para Windows | Software CAD 2D/3D | Autodesk, 2020*).

AutoCAD ahora incluye características específicas de la industria y objetos inteligentes para arquitectura, ingeniería mecánica, diseño eléctrico y más.

1.2.4 Máquina hielera

Máquinaria que es capaz de llevar al agua a su punto de congelación; funcionan bajo el fundamento del ciclo de Carnot. El ciclo de Carnot consiste en el traslado de energía calorífica de una cámara de refrigeración al ambiente o exterior, utilizando una serie de conductos con un gas, que eleve su temperatura a base de comprimirlo en el exterior de la cámara, haciendo posible disipar el calor al ambiente exterior. Mientras que una vez enfriado, el gas comprimido se le retorna a una cámara de expansión situada en el interior de la zona de refrigeración, y al bajar su temperatura, absorbe energía calorífica de la cámara, enfriándola.

Las máquinas de hielo se clasifican de acuerdo al tipo de hielo que producen:

- Hielo en bloques
- Hielo en bloques de fabricación rápida
- Hielo en escamas
- Hielo en tubos
- Hielo en placas
- Hielo fundente

1.2.4.1 Hielo en escamas

El hielo en escamas se puede definir como un hielo seco y subenfriado en fragmentos pequeños planos con forma de oblea irregular. Este tipo de hielo pequeño se fabrica rociando o

vertiendo agua sobre una superficie refrigerada, que habitualmente tiene forma de cilindro o tambor. El agua se congela sobre la superficie formando capas delgadas de hielo (de 2 a 3 mm de espesor)(*HIELO ESCAMA | Hielo, Escamas, Diferentes tipos de*, 2020).

Algunas aplicaciones del hielo de escama son:

- Sector pesquero: Puertos y lonjas.
- Industria de transformación pesquera.
- Distribuidores.
- Mercados.
- Supermercados, hipermercados, carnicerías... queserías.
- Industria cárnica.
- Industria química y farmacéutica.

Es el tipo de hielo más utilizado en procesos industriales y de venta al público junto con el hielo troceado o agrietado.

Figura 1-13: Hielo en escama.



Fuente: Pinterest (*HIELO ESCAMA | Hielo, Escamas, Diferentes tipos de*, 2020).

1.2.4.2 Hielo troceado o agrietado

El hielo troceado es una variante del hielo en escamas. Tiene la temperatura ideal de $-0,5^{\circ}\text{C}$ y nunca se congela. Características:

- Diferentes tamaños: micro, macro, standard.
- Para una refrigeración rápida y duradera.
- Sin congelación o deterioro de la mercancía.
- Para un almacenamiento de varios días.
- Con alta capacidad frigorífica y eficiencia energética.
- El hielo troceado es higiénico gracias a un circuito de agua cerrado.
- El evaporador fijo evita la pérdida de agente frigorífico.
- La ejecución robusta de la máquina incrementa su fiabilidad.

1.2.4.3 Máquina Hielera AV400CR

La máquina Hielera AV400CR fue fabricada para procesos industriales y se basa en las siguientes características principales:

Producción de Hielo: 40.000 libras (18,181kg) /H)

Grosor de hielo agrietado: Ajustable de 1/8 " a 5/8 " (3,175 mm a 15,875 mm)

Producción de Hielo a una temperatura de: 5 ° Fahrenheit (-23 ° Celsius)

Dimensiones del condensador: Unidad: L168 " x W87 " x H54 " (4.2mx 2.18mx 1.35m)

Figura 1-14: Máquina hielera AV400CR.



Fuente: A&V Refrigeration (*Máquina de hielo AV400CR - Refrigeración A&V, 2020*).

Voltaje de la máquina (V / Ph / Hz):

- 208-230V / 3/60 o 50 Hz
- 440-460V / 3/60 Hz
- 380-400V / 3/50 Hz
- 480V/3/60 Hz
- 600V/3/60 Hz

Consumo total eléctrico: 88 kWh (44kWh por cada lado)

Uso diario de agua: 5,180 gal (19,684L) / 24 horas

1.2.5 Estructuras para redes de distribución

La red de transporte de energía eléctrica es la parte del sistema de suministro eléctrico constituida por los elementos necesarios para llevar hasta los puntos de consumo y a través de grandes distancias, la energía eléctrica generada en las centrales eléctricas.

Una línea de transporte de energía eléctrica o línea de alta tensión es básicamente el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de la energía eléctrica a grandes distancias. Está constituida tanto por el elemento conductor, usualmente cables de acero, cobre o aluminio, como por sus elementos de soporte, las torres de alta tensión o posteria (*05_CÁLCULOS MECÁNICOS ESTRUCTURAS AÉREAS.pdf.2020.*).

El RETIE especifica que las estructuras utilizadas en redes de distribución deben cumplir una serie de requisitos entre los cuáles se encuentran:

- Utilización de postes y estructuras con dimensiones y carga de rotura estandarizadas.
- Todas las estructuras utilizadas deben estar debidamente tratadas para la protección de hongos y demás agentes que aceleren su deterioro.
- Todas las estructuras de soporte deben estar debidamente fabricadas para garantizar una vida útil no menor a 25 años.

2 Capítulo 2

2.1 Diseño ingenieril

2.2.1 Definición punto de conexión operador de red

Se ejecuta un estudio de electrificación como cuenta nueva para la construcción del proyecto denominado MÁQUINA DE HIELO Y BOMBEO POTOSI requiriendo una factibilidad de energía y potencia de 225KVA (Distribuida en 1 transformador de 150KVA y 1 de 75KVA) el cual es otorgado por el operador de red. El proyecto se encuentra localizado en la: VEREDA POTOSI, 800m AL NORTE DEL CENTRO POBLADO del municipio de VILLAVIEJA.

El proyecto ejecutará la conexión al circuito SAN ALFONSO a 13.8KV, otorgados por la subestación localizada en el municipio de Aipe-Huila; corriente de corto en el apoyo de conexión M045505, trifásica 0.32 KA y monofásica 0.22 KA (Dato suministrado por el operador de red de la zona). Adicionalmente, se construirán las redes de media tensión, así como las obras de infraestructura necesarias, las cuales cumplirán con las normas de ElectroHuila, ICEL (Para construcciones), CONDENSA (para redes subterráneas, subestaciones y demás) y el cumplimiento a lo estipulado en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE.

Para realizar el montaje de uno o varios transformadores de uso exclusivo para una sola cuenta, se instalará el equipo de medida por el lado de alta tensión del transformador. Es decir, se requiere un equipo de medida en nivel 2 de acuerdo a la resolución CREG 038/2014 A19: “El punto de medición debe coincidir con el punto de conexión. En el caso de que la conexión se realice a través de un transformador, el punto de medición debe ubicarse en el lado de alta tensión del transformador”. Si no se garantiza la carga equilibrada en las 3 fases, se debe instalar equipo

de medida con 3 elementos, (3TC's y 3TP's). los equipos irán alojados en posteria al exterior y cumpliendo con los espacios de aislamiento y distancias de seguridad. Se deben instalar TC's clase 0.5s mínimo, relación 5-10/5^a, conectados en relación 10/5A.

El alcance del diseño del proyecto incluirá el diseño, cálculo y especificaciones completas tanto de redes como de instalaciones internas. Una vez realizado y ejecutado los diseños del proyecto, se solicitará a la zona correspondiente, la debida conexión, adjuntando el cumplimiento RETIE de la obra, protocolos de equipos medición y de trasformador, planos finales de construcción, informe final de obra, medidas de sistema de tierra, medidas de tensión, acta de conexión de obra, protocolos de equipos de medición, permisos de servidumbre (Si aplica).

2.2.2 Toma de puntos satelitales

Se da inicio a la toma de puntos satélites por medio de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), calculando las coordenadas del trazado de la nueva línea de energía en media tensión que permitirá la energización del trasformador de 150 KVA el cual será implementado para el suministro energético de la máquina hielera AV400CR.

El punto inicial para la toma de coordenadas y puntos satelitales del trazado de la línea nueva será en el del circuito de conexión SAN ALFONSO a 13.8KV, otorgados por la subestación localizada en el municipio de Aipe-Huila; corriente de corto en el apoyo de conexión M045505, trifásica 0.32 KA y monofásica 0.22 KA como se observa en la figura 2-1.

Figura 2-1: Conexión SAN ALFONSO.



FUENTE: (Autor), circuito San Alfonso.

El trazado de la línea consta de coordenadas y alturas otorgadas mediante el dispositivo GPS, dándonos una distancia recorrida total de 2094 metros de red de distribución en media tensión, los cuales serán distribuidos por un total de 13 postes abarcando circuito nuevo.

El punto satelital, las coordenadas, altura y el tipo de estructura para la red en media tensión se observa en la tabla 2-1. El plano del diseño en AutoCAD para las redes de media tensión de acuerdo a la necesidad requerida por las diferentes características del terreno se observa en la figura 2-2,3,4,5,6,7,8, donde se tomaron 9 estructuras anteriores y posteriores al circuito de san Antonio para un registro completo del circuito de conexión principal.

Tabla 2-1: Coordenadas satelitales y estructura.

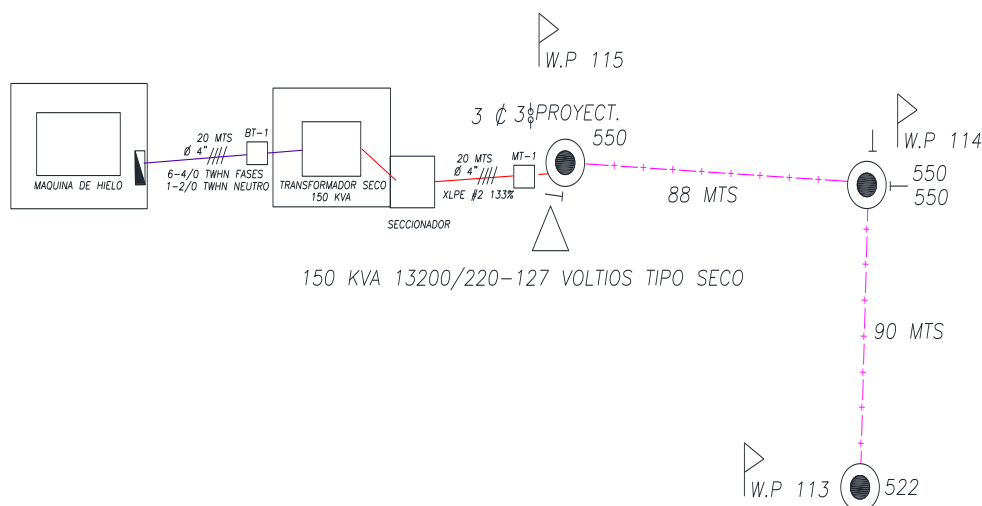
	Cuadro De Coordenadas		
PUNTO GPS	COORDENADAS	ALTURA. S.N.M	ESTRUCTURA
W.P 101	N3.23.591 W75.10.124	376	RH-231
W.P 102	N3.23.598 W75.10.122	381	514
W.P 103	N3.23.852 W75.09.942	396	PH-202
W.P 104	N3.23.732 W75.10.044	383	PH-215
W.P 105	N3.24.055 W75.09.777	387	RH-515
W.P 106	N3.23.058 W75.09.780	390	550
W.P 107	N3.24.058 W75.09.780	390	522
W.P 108	N3.24.086 W75.09.844	390	550
W.P 109	N3.24.150 W75.09.911	370	522
W.P 110	N3.24.203 W75.09.900	368	522
W.P 111	N3.24.254 W75.09.883	373	522
W.P 112	N3.24.347 W75.09.897	368	550
W.P 113	N3.24.399 W75.09.903	366	522
W.P 114	N3.24.446 W75.09.907	366	550
W.P 115	N3.24.436 W75.09.959	364	550
W.P 116	N3.24.348 W75.09.836	363	522
W.P 117	N3.24.345 W75.09.771	363	RH-231
W.P 118	N3.24.138 W75.09.690	364	510
W.P 119	N3.24.253 W75.09.587	363	PH-202

W.P 120	N3.23.440 W75.10.148	367	RH-230
W.P 121	N3.23.411 W75.10.154	365	510

FUENTE: (Autor), Word.

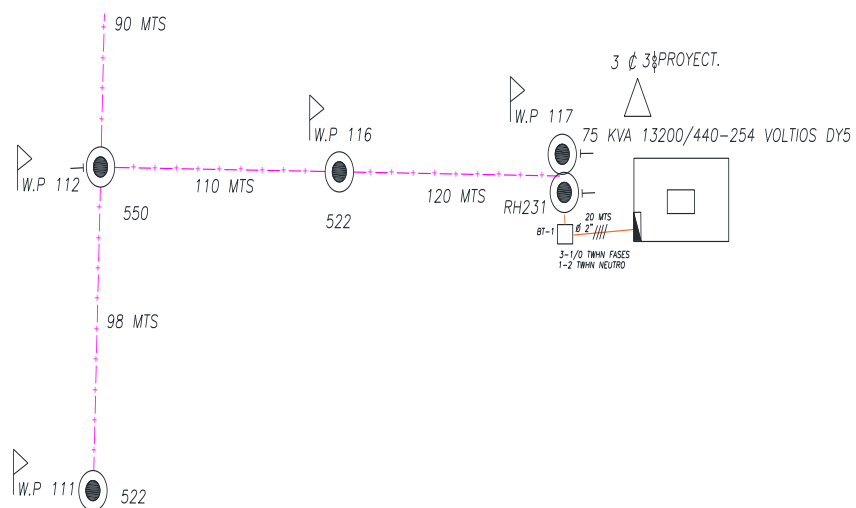
Los puntos satelitales de W.P 106 al W.P 117 que se observan en la tabla 2-1, corresponde al trazado de la nueva línea de energía en media tensión para la cuenta nueva y su respectiva estructura para la red de distribución energética. los puntos del W.P 101 al W.P 105 y del W.P 118 al W.P 121 corresponde al circuito eléctrico existente a la red de conexión SAN ALFONSO a 13.8KV, subestación de Aipe-Huila.

Figura 2-2: Trazado de la nueva línea de distribución eléctrica.



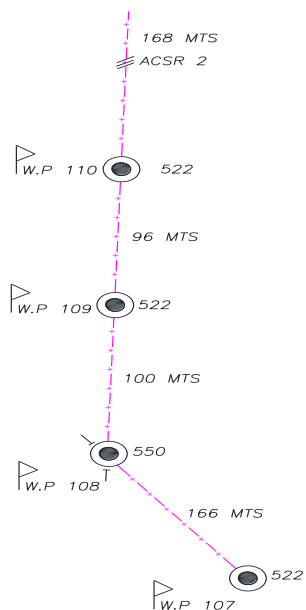
FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

Figura 2-3: Trazado de la nueva línea de distribución eléctrica.



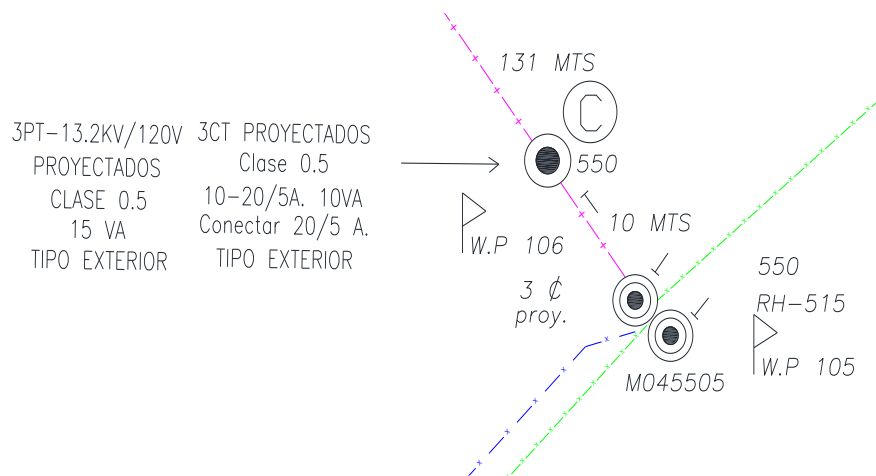
FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

Figura 2-4: Trazado de la nueva línea de distribución eléctrica.



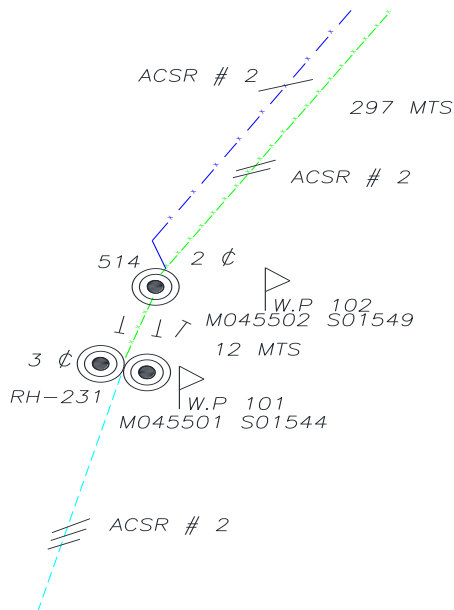
FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

Figura 2-5: Trazado de la nueva línea de distribución eléctrica y circuito San Alfonso.



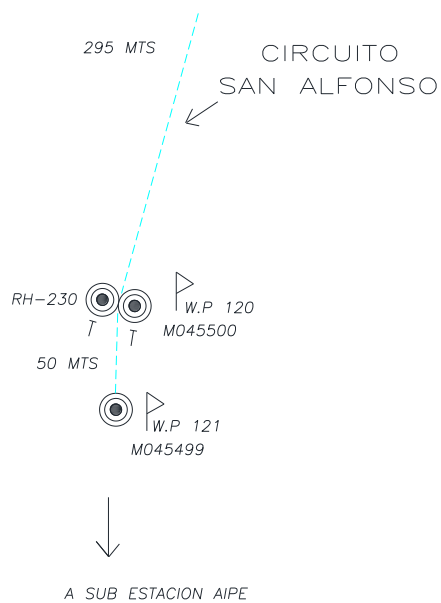
FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

Figura 2-6: circuito existente San Alfonso.



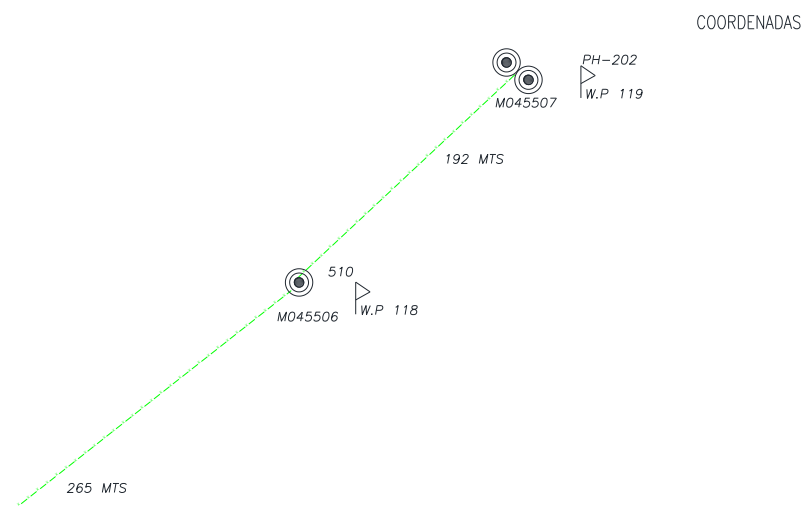
FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

Figura 2-7: circuito existente San Alfonso.



FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

Figura 2-8: circuito existente San Alfonso.



FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

Las convenciones y características que se ven representada en cada una de las figuras anteriores del diseño de la red de distribución eléctrica se ven representada en la figura 2-9.

Figura 2-9: Convenciones del diseño en AutoCAD.

CONVENCIONES	
	LINEA MEDIA TENSION TRIFAS 13.8kV EXIST.
	LINEA MEDIA TENSION MONOFASICA 13.8 KV EXIST.
	TERCERA LINEA A INSTALAR 13.8 KV EXIST.
	LINEA MEDIA TENSION TRIFAS 13.8kV AEREA PROYECTADA
	LINEA MEDIA TENSION TRIFAS 13.8kV SUBTERRANEA PROYECTADA
	LINEA BAJA TENSION TRIFAS 440 VOL PROYECTADA
	LINEA BAJA TENSION TRIFAS 220 VOL PROYECTADA
	POSTE CONCRETO MEDIA TENSION 750KG 12m EXIST.
	POSTE CONCRETO MEDIA TENSION 750 KG 12m PROY.
	TRANSFORMADOR PROYECTADO
	VIVIENDA CON SERVICIO
	TEMPLETE
	MEDIDOR
	CARRETERA
	TABLERO DE CONTROL

FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

El diseño y construcción del proyecto eléctrico se acogerá al reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE, última actualización, a la norma NTC 2050 así como las normas, requisitos técnicos y procedimientos de ElectroHuila.

Todos los materiales a emplear en la obra serán nuevos y constaran con certificación de calidad vigente, teniendo en cuenta que los productos que requieren certificación RETIE, cumplan con ese requisito.

Se dirigirá y ejecutará la construcción del proyecto de forma responsable en la subestación, redes, acometidas e instalaciones internas desde el inicio de la obra. Se velará por la calidad de la obra y el cumplimiento del RETIE, las normas técnicas y procedimientos de ElectroHuila.

El constructor identificará y proporcionará el suministro del material de acuerdo a las indicaciones de ElectroHuila, todos los postes, transformadores y seccionamientos que instale se ejecutarán con la reglamentación ElectroHuila asigne.

En la tabla 2-2, podemos observar algunas notas de diseño específicas tales como (tipo de cableado, calibre del cableado, estructuras, derivaciones de circuito, medidores, gabinetes, etc.) para la red de media tensión, así como posteriormente se observa las notas de diseño para proyectos con medida especial que observamos en la tabla 2-3.

Tabla 2-2: Notas de diseño para red de media tensión.

Notas de diseño para la red de media tensión	
1	La red de media tensión se construirá con cable de aluminio reforzado ACSR calibre 1/0 AWG mínimo.
2	Los transformadores hasta de 50KVA se instalarán en un solo poste con collarín. Los de 75KVA en un poste con parrilla de soporte adicional. Para capacidades de 112.5KVA y superiores se montarán en estructuras tipo H con diagonales de refuerzo.
3	La derivación en media tensión para transformadores se hace con grapas de operar en caliente de Aluminio-Aluminio, desde estribos de aluminio, con bajantes en cable ACSR desnudo calibre 2 AWG hasta el borne superior de los cortacircuitos. A partir

	del borne inferior de cortacircuitos, hasta los bornes del transformador, pasando por los DPS's, se emplea cobre desnudo calibre 2 o 4 AWG
4	Se empleará postes de concreto reforzado con varilla de hierro, con longitud de 12m para media tensión y 8m para baja tensión. En terminales se emplearán postes con tensión de ruptura en la punta de 750 KG. Como alternativa se podrá emplear en baja tensión poste terminales de 150 KG de resistencia para evitar el uso de retenidas a tierra, disminuyendo los obstáculos sobre la vía.
5	En todas las retenidas de media y baja tensión se empleará el aislador de tensor apropiado así: en baja tensión emplearan aislador tensor norma ANSI 54-1 de 3 ½'' y para retenidas en media tensión se empleará el ANSI 54-2 de 4 ¼''. Para 15 KV y ANSI 54-4 para 36 KV, con varillas de anclaje de 5/8''x 1.8 M.
6	Todos los herrajes serán galvanizados en caliente. En las estructuras tipo bandera deben emplear diagonales de 1.5m mínimo.

FUENTE: (Autor), Diseño en Word.

Tabla 2-3: Notas de diseño para proyectos con medida especial.

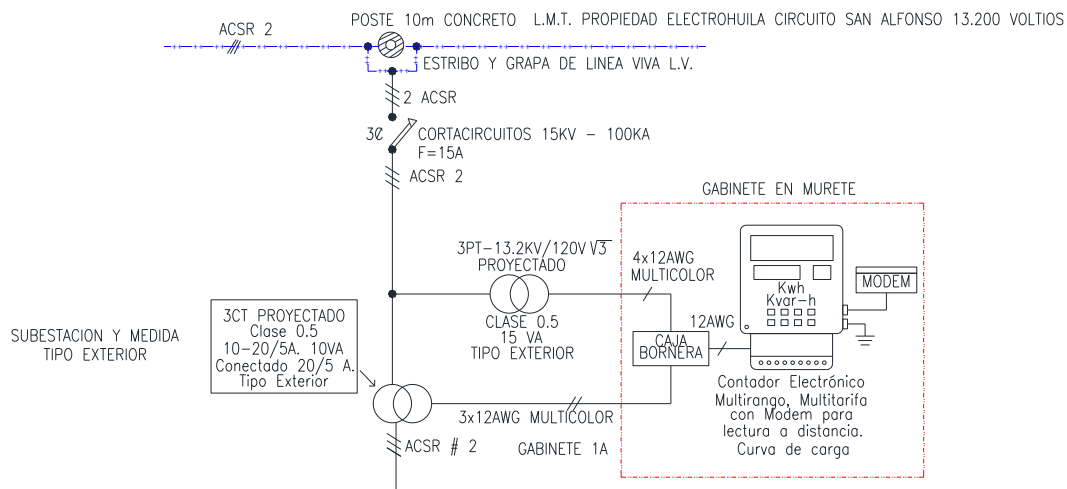
Notas generales de diseño para proyectos con medida especial	
1	Se empleará cable flexible de cobre 19 hilos calibre 14 AWG para tensiones y 12 AWG para corrientes, utilizando 10 colores distintos: Amarillo, azul, rojo para tensiones, blanco para neutro y verde para tierra y seis colores diferentes para corrientes y retorno. Se admite cable encauchetado suave de calibre 4x12 AWG para corrientes y 4X14 AWG para tensiones

2	Se empleará bornera de conexión y pruebas de 13 puntos para la conexión del equipo de medida de tres elementos.
3	El medidor y los transformadores de corriente serán sometidos a pruebas de precisión y conformidad por parte de laboratorios acreditados.
4	El medidor de energía activa y reactiva se presentará a la división comercial de ELECTROHUILS S.A E. S.P para que sea parametrizado antes de su instalación.
5	Cuando el gabinete de medida quede expuesto a la luz solar directa, se instalará una cubierta opaca elevable cubriendo el visor del comportamiento del medidor, para protegerlo de los rayos UV.
6	La acometida proyectada es subterránea. El gabinete o armario de medida se instalará en el cuarto de subestación, firmemente asegurado y apoyado sobre una base de 5 a 10 cm. Alto.
7	Para gabinetes localizados en área pública o de circulación, se instalará reja de seguridad o malla de acero soldada a las puertas sobre los visores de TC's y medidor para protección contra el vandalismo o daño accidental.

FUENTE: (Autor), Diseño en Word.

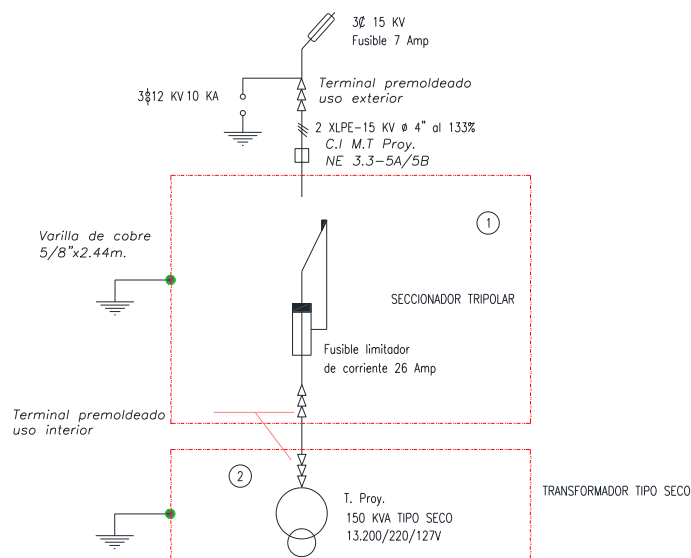
En las figuras 2-10,11,12, se observa el diseño proyectado en AutoCAD del diagrama unifilar del cortacircuitos, medidor, transformadores de medida, seccionador, el transformador seco de 150KVA, compresores de la máquina hielera y su respectivo cableado.

Figura 2-10: Diagrama unifilar contador, cortacircuitos y cableado.



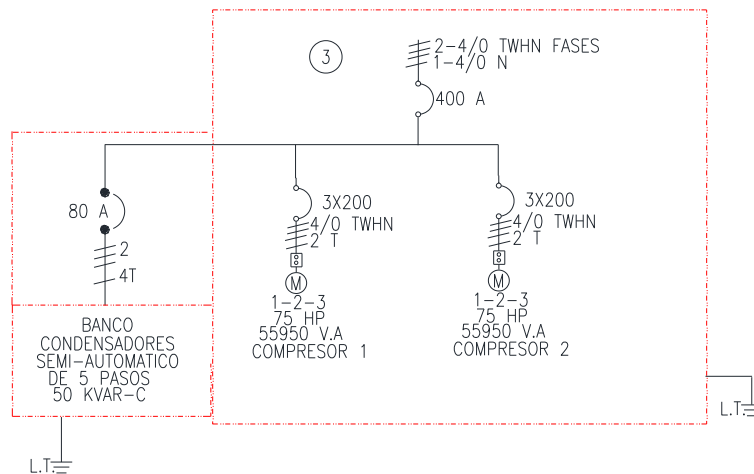
FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

Figura 2-11: Diagrama unifilar seccionador y transformador seco 150 KVA.



FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

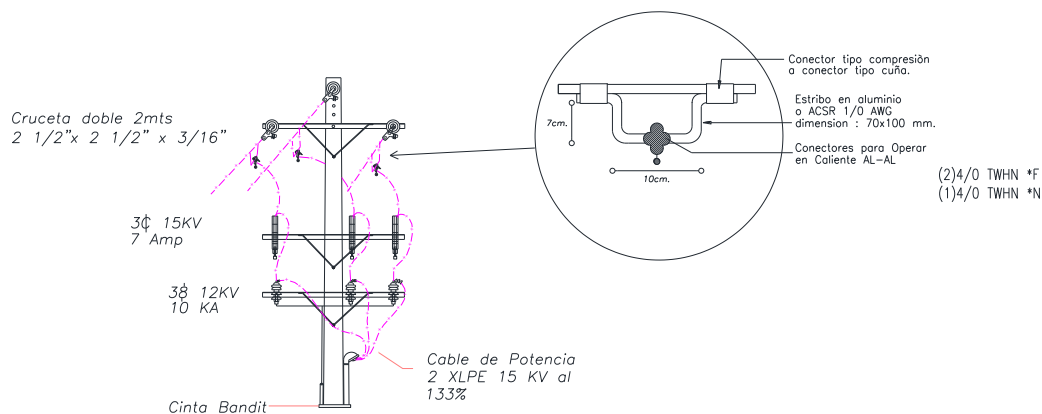
Figura 2-12: Diagrama unifilar compresores.



FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

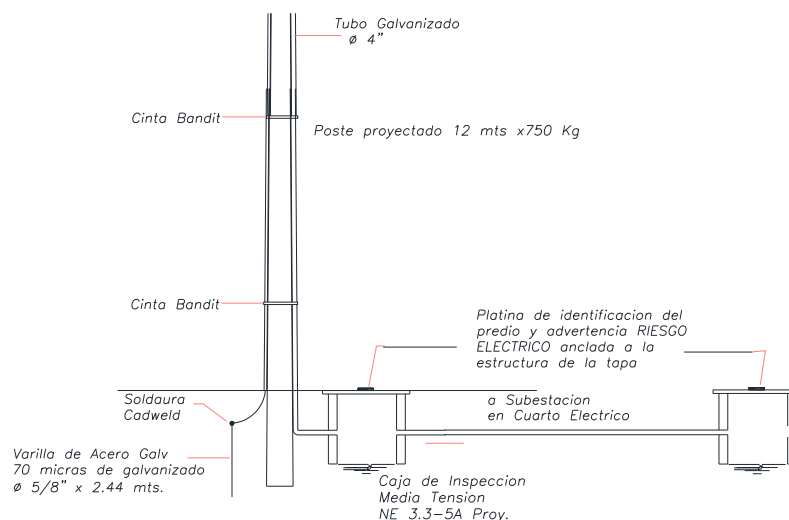
En las figuras 2-13,14,15,16,17, se observa el diseño proyectado en AutoCAD del montaje del transformador seco de 150 KVA, cortacircuitos, DPS, cable de potencia, caja de inspección, celdas de subestación, celda del seccionador y el transformador seco de 150KVA.

Figura 2-13: Diseño de montaje premoldeados transformador 150KVA.



FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

Figura 2-14: Diseño cajas de paso transformador 150KVA.



FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

Posteriormente en la tabla 2-4,5,6, podemos observar algunas notas de diseño específicas para las cajas de inspección MT1 redes de media y baja tensión NE 3.3 – 5B, caja de inspección NE 3.3 1A para baja tensión, caja de inspección MT1 redes de M.T y baja tensión NE 3.3 – 5A, celda de medidor y celda seccionador.

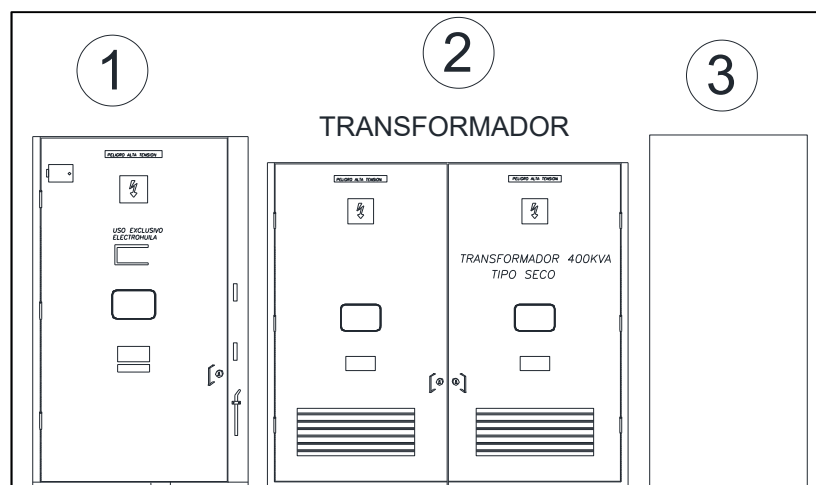
Tabla 2-4: Notas de diseño para caja de inspección en media y baja tensión.

Notas de diseño caja de inspección MT1 redes de media y baja tensión NE 3.3 – 5B	
1	Se permite como alternativa que la caja sea fundida en concreto de 2500 psi (mezcla 1;3;3) con refuerzo en varilla de hierro, siempre y cuando se dejen ductos pasantes en las caras laterales, para futuras canalizaciones.
2	El ducto de desagüe se localiza a 10 cm del fondo y va conectado a la red de aguas lluvias. Es necesario en terrenos de alto nivel freático.

3	Entre el desagüe y el nivel inferior de aductos de la canalización se debe localizar una reja, bandeja o parrilla que soporte los cables por encima del fondo de la caja.
Notas de diseño caja de inspección NE 3.3 1A para baja tensión	
1	Se permite como alternativa que la caja sea fundida en concreto de 2500 psi (mezcla 1;3;3) con refuerzo en varilla de hierro, siempre y cuando se dejen ductos pasantes en las caras laterales, para futuras canalizaciones.
2	El ducto de desagüe se localiza a 10cm del fondo y va conectado a la red de aguas lluvias. Es necesario en terrenos de alto nivel freático.
3	Entre el desagüe y el nivel inferior de ductos de la canalización se debe localizar una reja, bandeja o parrilla que soporte los cables por encima del fondo de la caja.
Notas de diseño caja de inspección MT1 redes de M.T y baja tensión NE 3.3 – 5A	
1	Se permite como alternativa que la caja sea fundida en concreto de 2500 psi (1;3;3) con refuerzo en varilla de hierro, siempre y cuando se dejen ductos pasantes en las caras laterales, para futuras canalizaciones.
2	El ducto de desagüe se localiza a 10cm del fondo y va conectado a la red de aguas lluvias. Es necesario en terrenos de alto nivel freático.
3	Entre el desagüe y el nivel inferior de ductos de la canalización se debe localizar una reja, bandeja o parrilla que soporte los cables por encima del fondo de la caja.

FUENTE: (Autor), Diseño en Word.

Figura 2-15: Diseño montaje subestación 150KVA.



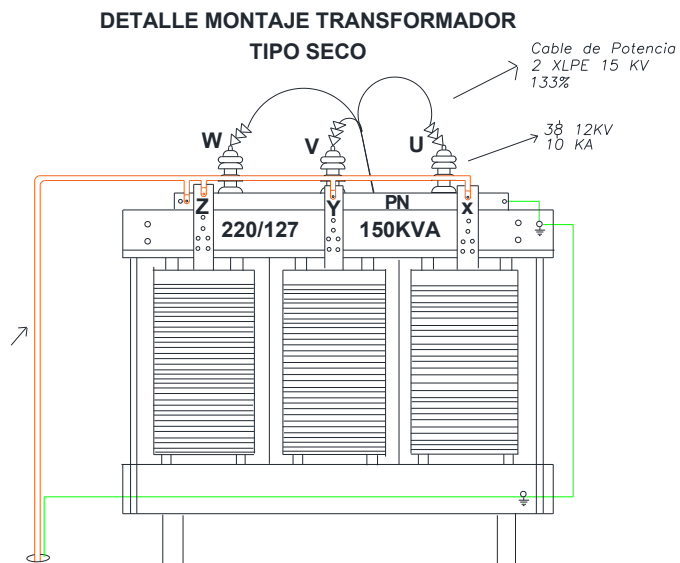
FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

Tabla 2-5: Notas de diseño celda de medidor.

Notas de diseño celda de medidor	
1	Cable multicolor de cobre 4x12 o 8x12 AWG para señales de tensión y corriente
2	Tornillo porta sellos
3	Placa de identificación
4	Bornera de conexiones y pruebas
5	Medidor eléctrico multi-tarifa con modem externo clase de precisión 0.5
6	Vidrio o acrílico de 4mm
7	Modem box
8	Celda metálica en LAM. CAL. 16 pintura horneable
9	La puerta será con visor en vidrio de 4mm de espesor o acrílico transparente y malla de protección en alambre de acero GALV. De 1/16'' con cuadrícula de 1.5 x 1.5 cm

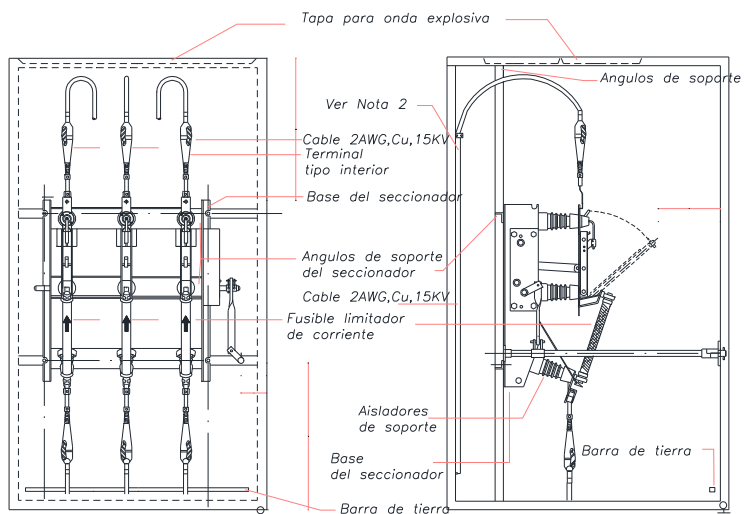
FUENTE: (Autor)

Figura 2-16: Diseño transformador 150KVA.



FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

Figura 2-17: Diseño celda seccionador.



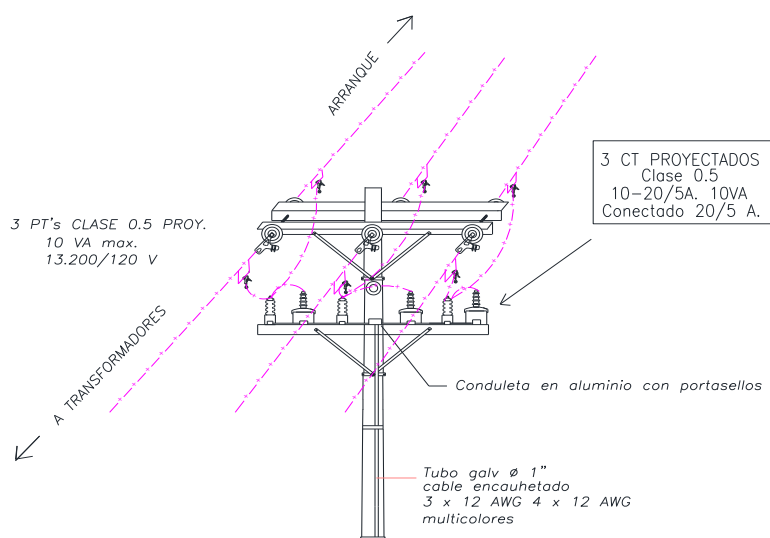
FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

Tabla 2-6: Notas de diseño para celda seccionador.

Notas generales de diseño para celda seccionador	
1	Distancia mínima entre fase y tierra 190 mm
2	Cuando se utilizan 2 o más celdas de protección contiguas, la conexión eléctrica entre dichas celdas será en platina de cobre de capacidad adecuada o derivación desde los bornes de uno de los seccionadores.
3	Dimensiones: a: 1800 mm a 2000 mm b: 1200 mm c: 1100 mm

FUENTE: (Autor), Diseño en Word.

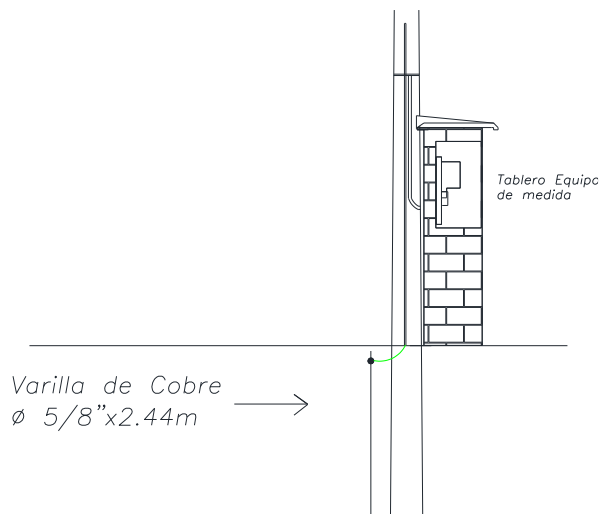
En la figura 2-18, se observa el diseño proyectado en AutoCAD de la estructura 560 para el equipo de media que incluye (3 PT's clase 0.5 y 3 CT Clase 0.5 y sus respectivos cableados).

Figura 2-18: Diseño estructura equipo de medida.

FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

En la figura 2-19, se observa el diseño proyectado en AutoCAD de la estructura para el tablero del equipo de medida y su respectiva protección a tierra con una varilla cobre-cobre.

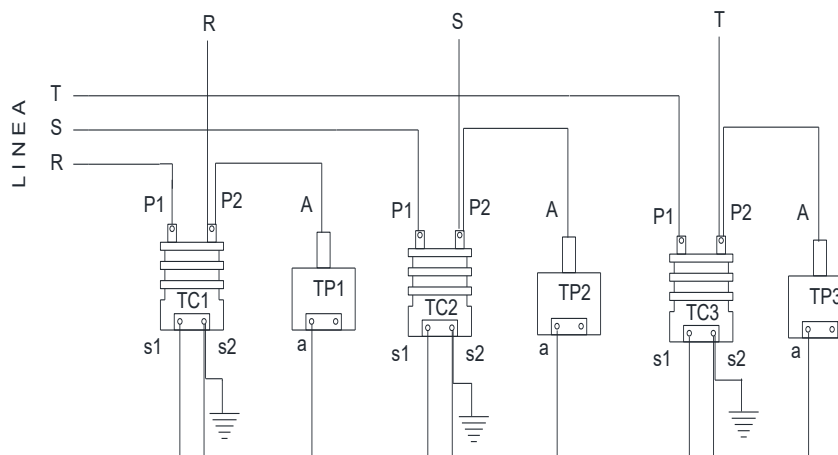
Figura 2-19: Diseño estructura tablero equipo de medida.



FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

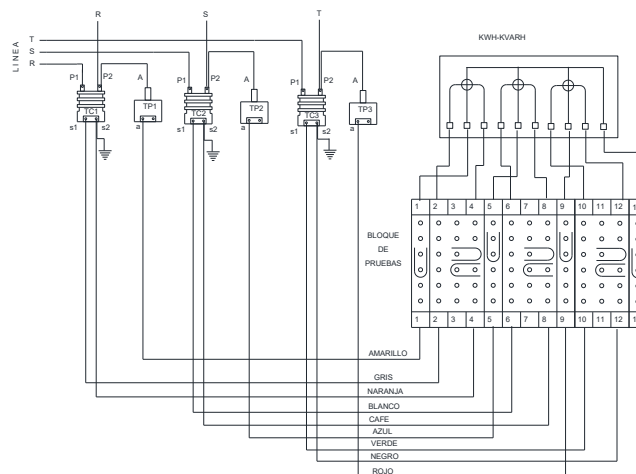
En la figura 2-20,21, se observa el diseño proyectado en AutoCAD del diagrama unifilar para la conexión del equipo de media en 3 elementos, con su respectivo cableado e identificación de colores, fase y bornera.

Figura 2-20: Diseño diagrama conexión equipo de medida - 3 elementos.



FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

Figura 2-21: Diseño diagrama conexión equipo de medida - 3 elementos.



FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

2.2.3 Informe general de obra

El presente proyecto se ajusta a lo especificado en las normas del operador de red. Para el diseño de la SUBESTACION, él RETIE 2013 y la NTC 2050. Se pretende la construcción de línea de media tensión 2094 m, 2 (dos) subestaciones 1 de 75 KVA, y otra de 150 KVA tensión 13,200/440-254 voltios. La instalación objeto del presente estudio queda definida por las características de la tabla 2-7 el cual será única y exclusivamente del transformador seco de 150 KVA ya que es la carga requerida para el funcionamiento de la máquina hielera, los otros 75KVA serán reservados para futuras ampliaciones:

Tabla 2-7: Línea de media tensión para transformado 150KVA.

Línea de media tensión para transformado 150KVA.	
TENSIÓN NOMINAL DE SERVICIO (KV):	13,2
NÚMERO DE FASES	3
FRECUENCIA (Hz)	60
POTENCIA MÁXIMA DE TRANSPORTE (KVA)	225
Línea de media tensión para transformado 150KVA.	
Tensión de distribución	440/224 220/127
Tipo de conductor	ACSR 2
Máxima caída de tensión admisible	5%
Transformadores	
CANTIDAD DE TRANSFORMADORES:	1

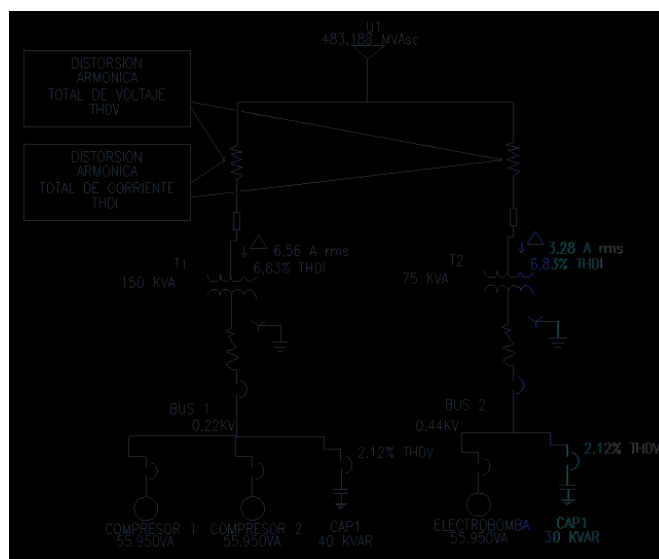
TIPO DE TRANSFORMADOR	SUB ESTACION
REFRIGERACION	NATURAL
POTENCIA (KVA)	150 KVA
I _{cc} (KA)	1.84 KA

FUENTE: (Autor), Diseño en Word.

2.2.3.1 Redes de baja tensión y huso final.

Se hace análisis de armónicos como se indica en la norma IEC 60364-5-52 (artículos 523, 524 y Anexo E), dando una distorsión armónica total de voltaje, THDV de 2,12%, como se observa en la figura 2-22:

Figura 2-22: Diseño diagrama conexión equipo de medida - 3 elementos.



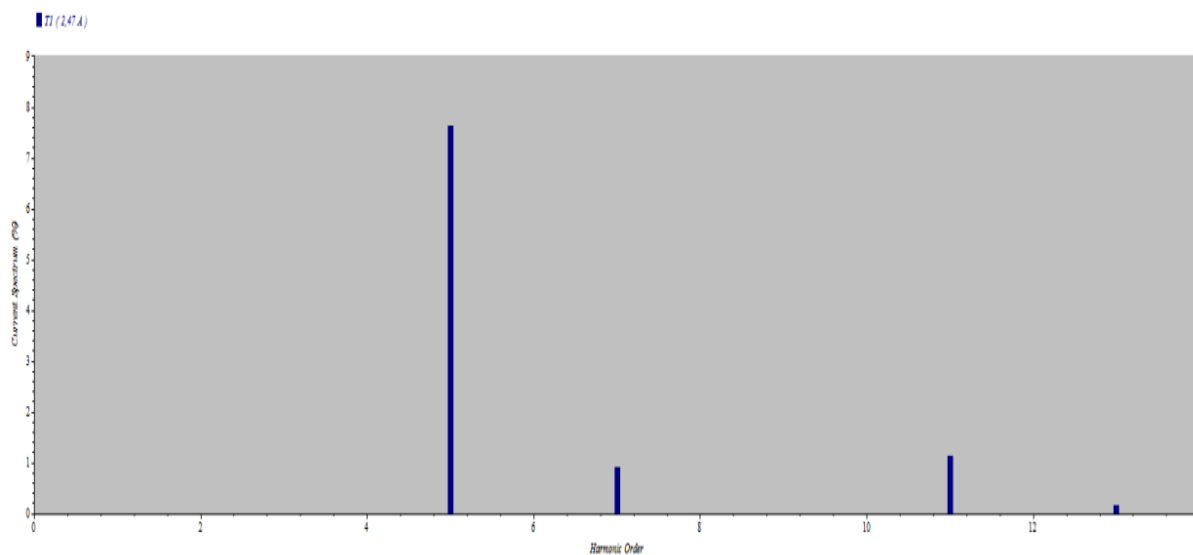
FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

El resultado se encuentra por debajo del 5% lo cual indica que es una situación normal, sin riesgos de funcionamiento incorrecto en los equipos o elementos que conforman el sistema. La Distorsión Armónica Total de Corriente, THDI es de 6.83%, como se observa en la figura 2-22.

El resultado es un valor por debajo del 10% lo que indica que es una situación normal sin riesgos de funcionamiento incorrecto en los elementos. Como se tienen conectadas cargas que generan corrientes armónicas del tercer orden como lo son luminarias y dispositivos electrónicos, a través del neutro de cada transformador que se conecta al bajante a tierra se logran mitigar, tal como puede observarse en las figuras 2-23 y 2-24.

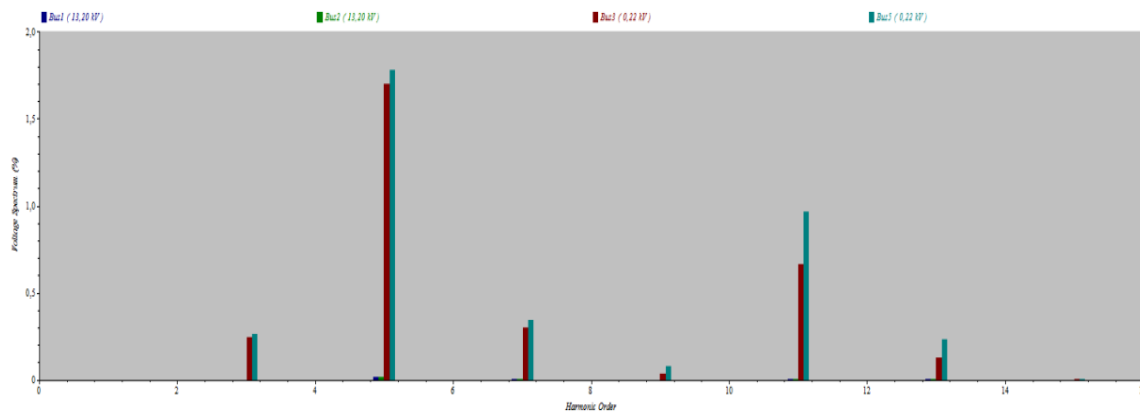
En la figura 2-23, se observan los armónicos 5, 7, 11 y 13 de corriente y en la figura 2-24, se observan los armónicos 5, 7, 9, 11 y 13 de voltaje.

Figura 2-23: Familia de armónicos de corriente en el conductor.



FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

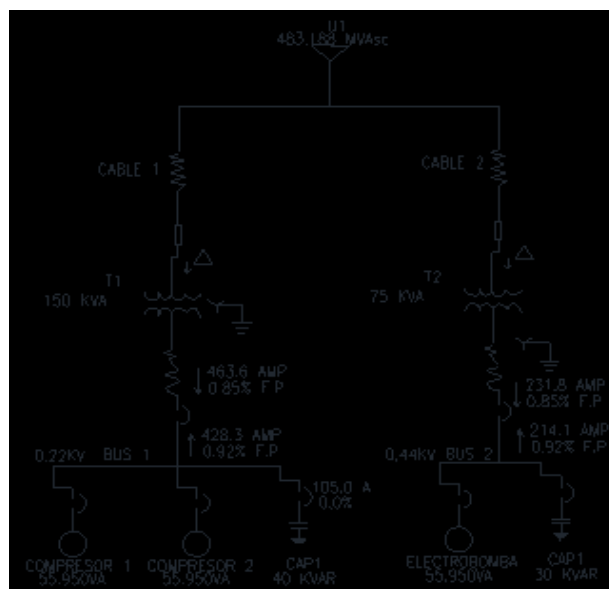
Figura 2-24: Familia de armónicos de voltaje en barras.



FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

En el flujo de carga presenta un factor de potencia para el transformador de 0,92 el cual se representa en el diagrama unifilar de la figura 2-25.

Figura 2-25: Diagrama unifilar flujo de carga con factor de potencia.



FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

2.2.3.2 Análisis de coordinación de aislamiento eléctrico

2.1.3.2.1. Línea de media tensión aérea

La norma IEC-60071-1 considera la Categoría A para sistemas de distribución desde 1 KV hasta 245 KV. En la línea de media tensión de 13,2 KV no se utiliza cable de guarda porque el nivel de descargas atmosféricas es menor a 70 días de tormentas al año. El nivel de aislamiento normalizado para líneas de media tensión de 13,2 KV es de BIL 90 de 110 KV

2.1.3.2.2. Para un nivel de tensión de 13,2 KV se han utilizado aisladores de porcelana

Tipo Pin 13,2 KV ANSI 56-1, Clase C 29.6; distancia arco eléctrico 178 mm, distancia de fuga 330 mm, distancia mínima del perno espiga 152 mm, voltaje típico de aplicación 23 KV, flameo de baja frecuencia en seco 95 KV, flameo de baja frecuencia en húmedo 60 KV, flameo crítico al impulso positivo 150 KV, flameo crítico al impulso negativo 250 KV, voltaje de perforación a baja frecuencia 130 KV, peso neto 2,98 kg.

2.1.3.2.3. Características del aislador de suspensión compuesto polímero (IEC 61109)

Distancia arco eléctrico = 265 mm, distancia de fuga = 660 mm, diámetro del núcleo = 16 mm, voltaje típico de aplicación = 25 kV, flameo de baja frecuencia en seco = 130 kV, flameo de baja frecuencia en húmedo = 110 kV, flameo crítico al impulso positivo = 200 kV, flameo crítico al impulso negativo = 200 kV, voltaje de perforación a baja frecuencia = 95 kV, peso neto = 1,24 kg, separación entre conductores en la red aérea de distribución eléctrica cumple con la ecuación $e(m)=0,1+(kV/150)$ donde kV es el voltaje entre fases en kV.

2.1.3.2.4. Cortacircuitos monopolares de 15 KV, 100 A corriente asimétrica 12 KV con fusibles tipo K

Selección de Fusibles Media Tensión = $150 \text{ KVA} / (3 \cdot 13,2 \text{ KV}) = 6.56 \text{ A}$, por lo tanto, se requiere fusible de 7 A. y para el de 75 KVA / $(3 \cdot 13,2 \text{ KV}) = 3.28 \text{ A}$, por lo tanto, se requiere fusibles de 4 A.

Figura 2-26: Datos del sistema, electrificación máquina hielera.

CUMPLIMIENTO DEL NUMERAL 10.1.1 DEL RETIE					
NOMBRE DEL PROYECTO		ELECTRIFICACION MAQUINA DE HIELO			
DATOS DEL SISTEMA		PISCICOLA BERLIN			
DESCRIPCION	UNIDAD	VALORES			
		primario	secundario		
Maxima corriente de cortocircuito	kAmp	4.0	7.11		
Frecuencia Nominal	Hz	60			
Altura sobre el nivel del mar	MSNM	1000			
Longitud de la red de alimentación y salida de la subestacion	Km	15,00	10,00		
Tension nominal Primaria/Secundaria del sistema en KV	kV	34,50	13,20		
Factor de sobretension maxima del sistema		1,1	1,2		
Tension Maxima del sistema	KV	38	15		
DATOS DEL TRANSFORMADOR A PROTEGER					
Tension nominal Primaria/Secundaria del sistema en KV	kV	34,5	13,2		
Refrigerante del transformador		aceite			
Puesta a tierra del neutro del transformador en el secundario DYn		Neutro Aislado			
Factor de conexión del neutro a tierra, Ke		1,40	1,90		
Minima tension de selección del DPS		27,42	10,83		
LIW(Lightnig Impulse Whitstand Level) BIL	KV	200,0	95,0		
SIW(Switching Impulse Whitstand Level) BSL	KV	166,0	70,9		
Nivel de contaminación ambiental (IEC 60815) en el punto de la instalacion en estudio		Ligero			
ANALISIS DE ALTERNATIVAS					
DATOS DE LOS DPS A INSTALAR		MARCA TYCO		MARCA HUBBEL	
Tension Nominal	KV	30	12	30	12
Tension de funcionamiento continuo MCOV	kv	24,2	10,2	19,5	10,2
Soportabilidad a sobretensiones temporales TOVc para 10 segundos>=	KV	33,88	19,38	27,3	19,38
Corriente nominal de descarga	kAmp	10	10	10	10
Impedancia carecterística de la línea a la que se conecta el DPS(100-400)	Ohmios	400	400	400	400
Energía minima que debera ser absorbida por el DPS	Kj/Kv maniobra	33,6	8,2	33,6	8,2
Dato del fabricante	Kj/Kv maniobra				
Tension de frente de onda FOW	KV	95,3	38,1	85,3	34,2
Tension residual a frente de onda maniobra (1kAmp a 30/60 µseg)	KV	70,9	28,4	47	25,4
Tension residual a frente de onda tipo rayo (10kAmp a 8/20 µseg)	KV	90,1	36	64,2	32,4
Distancia de fugas de aisladores y DPS entre fase y tierra en catalogo del equipo. (Si cambia a rojo se debe cambiar el valor)	mm	776,0	329	1.173,0	391
Soportabilidad a la corriente de falla	kAmp	21,0	21,0	23,0	24,0
Verificacion de soportabilidad a la corriente de falla		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
RESULTADOS DE CALCULOS					
Tension continua de operación Fase-Tierra de la red	KV	21,94	8,66	21,94	8,66
Verificacion de la MCOV		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Soportabilidad a sobretensiones temporales (TOVc)	KV	29,33	11,58	29,33	11,58
Verificacion de la TOVc		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Distancia de fugas minima nominal calculada	mm/KV	351,04	351,04	351,04	351,04
Verificacion de la distancia de fuga		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Tension Residual del DPS a corriente nominal MAXIMA calculada	KV	166,67	79,17	166,7	79,17
Verificacion de la tension residual		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
RANGOS DE PROTECCION					
Rango de proteccion 1 Nivel Alto calculado RP1>=1,15		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Rango de proteccion 2 Nivel de seguridad calculado RP2>=1,2		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
Rango de proteccion 3 Nivel de Proteccion calculado RP3>=1,15		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
VERIFICACION DE CUMPLIMIENTO DE MARGENES DE PROTECCION					
Margen de proteccion 1 calculado MP1>=1		1,22%	1,64%	2,12%	1,93%
Margen de proteccion 2 calculado MP2>=1		1,34%	1,50%	2,53%	1,79%
Margen de proteccion 3 calculado MP3>=1		2,15%	2,74%	2,52%	3,17%

FUENTE: (Autor), Diseño en Excel.

cuadro de carga y cálculos para transformador de 150 kva, regulación, pérdidas, selección del ducto, selección del conductor y selección de protección.

Tabla 2-8: cuadro de carga y cálculos transformador 150 KVA.

Descripción	Compresor 1	Compresor 2	Acometida general
Alimentación	TRIFÁSICA	TRIFÁSICA	TRIFÁSICA
Tensión [V]	220	220	220
[W] equipo	55950	55950	
cantidad	1	1	2
eficiencia	1,0	1,0	1,0
factor potencia	0,95	0,95	0,95
factor utiliza	1,00	1,00	
KVA- total	55950	55950	111900
W total diversificada	55950	55950	111900
I total	191,1	191,1	382,2
fase	4/0	4/0	4/0
neutro	N/A	N/A	4/0
tierra	2	2	2
ϕ	3"	3"	3"
L(m)	20,0	20,0	20,0
X	0,1345	0,1345	0,1345
R	0,2034	0,2034	0,2034
z efectiv	0,2034	0,2034	0,2034

ΔV acumulado	0,61%	0,61%	1,22%
Sección del conductor en cm de fase	211600	211600	211600
Pérdidas acumuladas	0,46%	0,46%	0,92%
Interruptor	No. polos	3	3
	In (A)	200	200
	Ic.c	10 KA	10 KA
2 # 4/0 FASES + 1- 4/0 NEUTRO TOTALIZADOR 400 AMP REGULABLE			

FUENTE: (Autor), Diseño en Word.

2.1.3.2.5. Línea de media tensión aérea

Vamos a realizar los cálculos para la selección de fusibles de medida para la tensión del transformador de 150 KVA como observamos en la ecuación 2-1.

Ecuación 2-1: Calculo selección de fusible transformador 150 KVA.

$$I = \frac{KVA}{Raiz(3) \times 13,8}$$

$$I = \frac{150}{23.9}$$

$$I = 6,28 A$$

FUENTE: (Autor), Diseño en Word.

Los fusibles para los transformadores tipo exterior de 150 KVA serán de tipo K al 100% de su corriente nominal por lo tanto se selecciona fusibles de 7 A. por otra parte, en la ecuación 2-2 se realiza los cálculos para la protección de los pararrayos.

Ecuación 2-2: cálculos para la protección del descargador de sobretensiones DPS.

Cálculo de pararrayos	
Tensión de línea	$Um = 13,8 \text{ KV}$
Tensión de fase	$Uf = \frac{Um}{\text{Raiz } (3)} = 7,96 \text{ KV}$
Tensión de operación de la válvula	$1,4 \times Uf$
Tensión de operación de la válvula	$11,14 \text{ KV}$
Se seleccionan pararrayos de	$12 \text{ KV} - 10 \text{ KV}$

FUENTE: (Autor), Diseño en Word.

En la ecuación 2-3, se observan los cálculos matemáticos para la identificación de la capacidad del cable conductor para la bajante con respecto al transformador de 150 KVA, teniendo en cuenta la capacidad nominal del transformador y el cable con una sobrecarga del 1.22 veces.

Ecuación 2-3: Ecuación selección bajante del transformador.

$$I = \frac{\text{KVA}}{\text{raiz } (3) \times 0.220}$$

$$I = \frac{150}{0,38}$$

$$I = 393,65 \text{ A}$$

$$I \times 1,25 = 492,06 A$$

FUENTE: (Autor), Diseño en Word.

Los conductores se seleccionaron con una sobrecarga de 1,22 veces la capacidad nominal del transformador y sin sobrepasar el 80% de la capacidad nominal del conductor, por lo tanto, el bajante del transformador será de 2 cables # 4/0 TWHN Cu 600 V por fase y para el neutro 1 cable # 4/0 TWHN. Para la protección general del sistema eléctrico se implementa un breaker industrial principal o totalizador principal con capacidad de 3 x400 A.

2.1.3.2.6. Redes de baja tensión

Las redes de baja tensión son aisladas subterráneamente para alimentar cada surtidor y así derivar las diferentes cargas, en la figura 2-27, observamos la tabla de selección de aislantes para conductores eléctricos.

Figura 2-27: Tabla selección de aislantes para conductores eléctricos.

TABLA DE SELECCIÓN DE AISLANTES PARA CONDUCTORES ELÉCTRICOS					
Mecánica	PVC	Polietileno	Neopreno	Poliuretano Cloro sulfonado	CPE Termoplástico
Resistencia a la Abrasión	Buena	Excelente	Buena	Buena	Excelente
Resistencia a la Tracción	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Buena
Elongación	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Buena
Resistencia a la Compresión	Buena	Excelente	Excelente	Excelente	Buena
Flexibilidad	Buena	Normal	Excelente	Excelente	Normal
Ambiental					
Llama	Buena	Pobre	Excelente	Excelente	Buena
Humedad					
Agua Dulce o Salada	Buena	Excepcional	Buena	Excelente	Excelente
Aceites de Petróleo					
Aceite de Motor		Excelente			Buena
Fuel-oil	Buena	(Se deforma levemente por encima de los 60°C)	Buena	Buena	(Pobre por encima de 110°C)
Petróleo Crudo					
La Creosota	Pobre	Buena	Normal	Normal	Buena
Hidrocarburos parafínicos					
Gasolina		Excelente			Excelente
Queroseno	Buena	(Se deforma levemente a altas temperaturas)	Pobre	Pobre	(Se deforma levemente a altas temperaturas)
Alcoholes					
Isopropílico					
Wood	Normal	Buena	Normal	Buena	Buena
Grain					
Ácidos minerales					
Sulfúrico					
Nítrico	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente	Excelente
Clorhídrico					
Preparados Alcalis de hidróxido de sodio (lejía)					
Hidróxido de potasio (potasa)					
Hidróxido de calcio (cal)	Buena	Excelente	Buena	Excelente	Excelente
Cetonas					
Acetona					
Metil Etil Cetona (MEK)	Pobre	Buena	Pobre	Normal	Buena
Esteres					
Acetato de Etilo					
Diluyentes para lacas	Pobre	Buena	Pobre	Normal	Buena
Hidrocarburos halogenados					
Cloroforno					
Tetracloruro de carbono	Pobre	Pobre	Pobre	Pobre	Pobre
Cloruro de Metilo					
General					
Deja residuos después de la combustión	SI	No	SI	SI	SI
Índice de Oxígeno (ASTM D-2863)	23-30%	17-18%	31-39%	30-36%	30-34%
Contenido Halógeno - % Peso	26	0	18	14	18-20
Temperatura Mínima de instalación	14°F (-10°C)	-40°F (-40°C)	-4°F (-20°C)	-4°F (-20°C)	-40°F (-40°C)
Dimensional stability under heat	Normal	Normal	Excelente	Excelente	Normal
Temperatura Máxima de Operación	75°C (167°F)	75°C (167°F)	90°C (194°F)	90°C (194°F)	75°C (167°F)

Nota: Si los cables se van a instalar en frío, deben ser calentados en el almacenamiento durante al menos 24 hrs. Antes de la instalación.

FUENTE: (Autor), Diseño en Excel.

2.2.3.3 Análisis de corto circuito y falla a tierra

Se realiza el análisis de la falla a tierra conociendo esta corriente y las corrientes de cortocircuito en los transformadores según la IEC 60909.

El principio de este método está basado en determinar las corrientes de cortocircuito a partir de la impedancia que representa el «circuito» recorrido por la corriente del defecto. Esta impedancia se calcula una vez se han totalizado separadamente las diferentes resistencias y reactancias del circuito del defecto, incluida la fuente de alimentación, hasta el punto de conexión del transformador a continuación se calculan las corrientes simétricas y asimétricas del sistema donde:

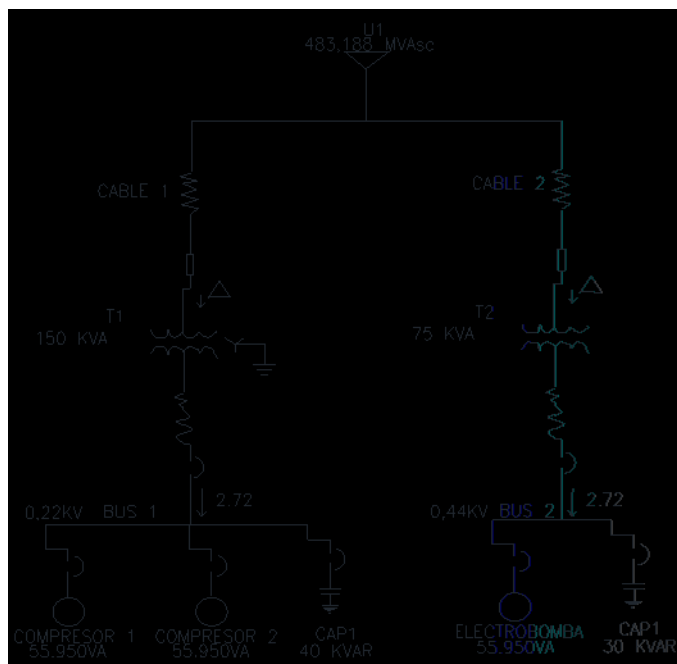
- Z_a : Impedancia equivalente de la red, aguas arriba.
- X_a : Reactancia equivalente de la red, aguas arriba.
- R_a : Resistencia equivalente de la red aguas arriba.
- Factor K: Es la variación en función de R/X o R/L (IEC 60909).

En las figuras 2-28,29 se observan las corrientes de cortocircuito simétricas y asimétricas a (440/254V). Estas corrientes nos ayudarán a analizar los riesgos que se pueden desarrollar al realizar el mantenimiento de la subestación y el peligro de que suceda un corto en el transformador. Con el cálculo de la corriente asimétrica, se seleccionan los interruptores a instalar de tal forma que soporten dicha corriente.

En la figura 2-29, se observan las corrientes de cortocircuito asimétricas con un valor de 2,72kA. Para calcular los interruptores de las cargas, se aconseja trabajar con las corrientes asimétricas ya que todos los tableros que alimentarán dichas cargas poseen acometida trifásica y

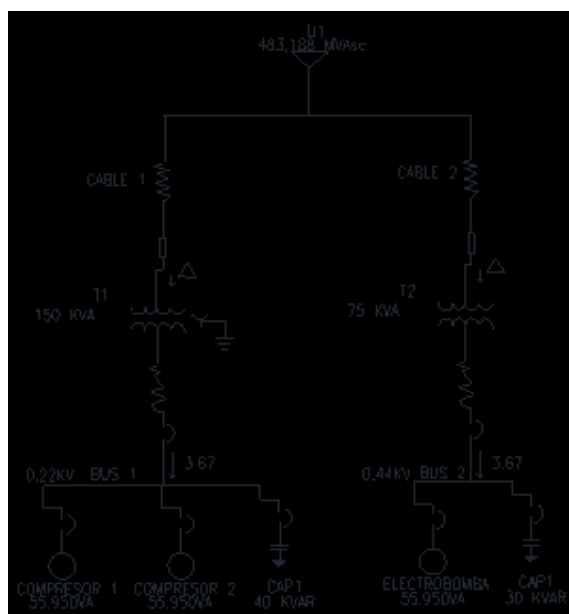
se protegerán según su número de polos, si en algún momento hay una falla monofásica la corriente de cortocircuito que estará presente es asimétrica por eso es mejor coordinar con base en esta corriente.

Figura 2-28: Tabla selección de aislantes para conductores eléctricos.



FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

Figura 2-29: Tabla selección de aislantes para conductores eléctricos.



FUENTE: (Autor), Diseño en AutoCAD®.

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

Tabla 2-9: Cálculos de factor de riesgo por rayos (metodología NTC 4542).

Descripción del proyecto		Cálculos de factor de riesgo por descargas atmosféricas para proyecto electrificación máquina hielera Berlín	
COMPONENTES DE RIESGO			
Variable	Descripción	Criterio	Valor
RA	Componente de riesgo – lesiones a seres vivos por tensiones de	$RA = N_D \times P_A \times L_A$	1,84 E-08

	paso y contacto - impacto en la estructura.		
R5	Componente de riesgo – daños físicos por chispas dentro de la estructura – impacto de la estructura	$R5 = N_D \times P5 \times L5$	2,95 E-10
RU	Componente de riesgo (lesiones a seres vivos por tensiones de paso y contacto por impacto en el servicio)	$RU = (NL + N_{Da}) \times PU \times LU$	4,10 E-3
RV	Componente de riesgo (Daños físicos causados por chispa debido a corrientes de rayos transmitidas a través de los servicios públicos)	$RV = (NL + N_{da}) \times PV \times LV$	4,10 E- 13
ND	Numero de eventos peligrosos debido a impactos directos sobre la estructura	$ND = DDT \times A_d \times Ca \times 10^{-6}$	4,30 E-03
DDT	Densidad de cargas a tierra	$DDT = 0.0017 \times N_{c1.56}$	1,28

NC	Nivel cerámico	NC deducido de DDT (tabla NTC 4554)	70
N_D	Numero de eventos peligrosos debido a impactos directos sobre la estructura	$N_D = DDT \times A_d \times C_d \times 10^{-6}$	4,30 E-03
PB	Probabilidad de daño a las estructuras por descargas directas a la estructura	Tabla 15: NPRI	0,02
LB	Pérdidas de vidas humanas por fuego o explosión debido a arco eléctrico	$LB = r_p \times r_f \times L_f \times h_z$	3,42 E-06
r_p	Factor reductor de perdida debida a daños físicos ligados a medidas de protección para reducir consecuencias de incendio	Tabla 28: sin medida de prevención	1
r_f	Factor reductor de perdida debido a daños físicos relacionados con el riesgo de incendio	Tabla 29: Común	0,01
L_f	Pérdida de vidas humanas por daños físicos	$L_f = (np/nt) \times (tp/8760)$	0

hz	Factor de incremento de pérdida debido a daños físicos por presencia de condiciones especiales peligrosas	Tabla 30: sin riesgo especial	1
Estructuras adyacentes			
ND_a	Promedio anual de descargas sobre estructuras adyacentes	$ND_a = DDT \times Ad/a \times Cd/d \times Ct \times 10^{-6}$	1,21 E-08
DDT	Densidad de descargas a tierra	$DDT = 0.0017 \times N_c^{1.56}$	0
Ad/a	Área efectiva de la estructura adyacente aislada	$Ad/a = L \times W + 6 \times H \times (L+W) + 9 \times H^2$	353
L	Longitud de la acometida [m]	Medida	20
W	Altura de la acometida [m]	Medida	0
H	Altura del punto donde ingresa la acometida [m]	Medida	2
Cd/a	Factor de localización relativa de la estructura adyacente	Tabla 10: rodeado de objetos o arboles de igual altura o menor	0,5

Ct	Factor de corrección por transformador en acometida de servicio	Tabla 11: Transformador con devanado primario y secundario desacoplados eléctricamente	0,2
Estructuras adyacentes			
ND_a	Promedio anual de descargas sobre estructuras adyacentes	$ND_a = DDT \times Ad/a \times Cd/d \times Ct \times 10^{-6}$	1,21 E-08
DDT	Densidad de descargas a tierra	$DDT = 0.0017 \times N_c^{1.56}$	0
Ad/a	Área efectiva de la estructura adyacente aislada	$Ad/a = L \times W + 6 \times H \times (L+W) + 9 \times H^2$	353
L	Longitud de la acometida [m]	Medida	20
W	Altura de la acometida [m]	Medida	0
H	Altura del punto donde ingresa la acometida [m]	Medida	2
Cd/a	Factor de localización relativa de la estructura adyacente	Tabla 10: rodeado de objetos o arboles de igual altura o menor	0,5
Ct	Factor de corrección por transformador en acometida de servicio	Tabla 11: Transformador con devanado primario y	0,2

		secundario desacoplados eléctricamente	
PU	Probabilidad de lesiones causadas por tensiones debidas a descargas en las acometidas de servicios	Tala 14: sin aviso de emergencia	0,1
Lu	Pérdida de vidas humanas por tensiones de contacto dentro de la estructura	$Lu = ru \times Lt$	0,000109589
ru	Factor de pérdida de vidas humanas por características constructivas del piso	Tabla 27: agricultura, concreto	0,01
Lt	Perdida por lesiones a seres vivos por tensiones de paso y contacto	$Lt = (np/nt) \times (tp/8760)$	0,01
np	Número posible de victimas	2 personas haciendo mantenimiento en el techo	2
nt	Número total de personas esperadas	2 personas haciendo mantenimiento en el techo	2
tp	Tiempo anual de personas en el edificio en horas	1 vez al mes haciendo mantenimiento	96

PV	Probabilidad de daños físicos a causa de descargas directas en las acometidas de servicio	Tabla 16 o 19: sin NPR o cable no apantallado	1
LV	Pérdida de vidas humanas por fuego o explosión debido al arco eléctrico	$LB = rp \times rf \times Lf \times hz$	1,10 E-04
rp	Factor reductor de pérdida debida a daños físicos ligados a medidas de protección para reducir consecuencias de incendio	Tabla 28: Sin medida de prevención	1
rf	Factor reductor de pérdida debida a daños físicos relacionado con el riesgo de incendio	Tabla 29: Común	0,01
Lf	Pérdida de vidas humanas por daños físicos	$Lf = (np/nt) \times (tp/8760)$	0,01
hz	Factor de incremento de pérdida debida a daños físicos por presencia de condiciones especiales peligrosas	Tabla 30: Sin riesgo especial	1

R1	Riesgo de pérdida de vidas humanas	$R1 = (RA + RB) + (RU + RV)$	1,50 E-08
RT1	Riesgo tolerable para pérdidas de vidas y lesiones permanentes		1,00 E-05
¿R1<RT1?	¿Riesgo pérdida de vidas humanas menor que el riesgo tolerable?		No
Conclusión	No requiere de protección externa contra descargas atmosféricas		

FUENTE: (Autor), Diseño en Word.

2.2.3.5 Análisis de riesgo origen eléctrico y medidas para mitigarlos.

En los cuadros de las figuras 2–30, 31, 32, 33 y 34 se muestra la matriz de peligro y evaluación de riesgos de origen eléctrico y las medidas para mitigarlos.

Figura 2-30: Matriz de peligro RED BT Y MT.

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO ELÉCTRICO										
ELECTRIFICACION MAQUINA DE HIELO PISCICOLA BERLIN										
RIESGO A EVALUAR	ELECTROCUCION		por	CONTACTO DIRECTO		(al) o (en)	RED BT Y MT			
	EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO			FUENTE			
POTENCIA	X			REAL		FRECUENCIA				
						E	D	C	B	A
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	en la imagen de la empresa		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
Lesion menor(sin incapacidad)	daños importantes.Interrupcion breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
Molestia funcional (afecta rendimiento)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	
	CONSECUENCIA			FRECUENCIA NIVEL						
	EN PERSONAS		4	D	MEDIO					
	ECONOMICAS		3	D	MEDIO					
	AMBIENTALES		2	D	BAJO					
	EN LA IMAGEN DE LA EMPRESA		2	D	BAJO					
RIESGO MAS ALTO A EVALUAR								MEDIO		

FUENTE: (Autor), Diseño en Word.

En la matriz de peligro de la figura 2-30, se da un sistema de control a implementar para mitigar los riesgos. El control se implementa de la siguiente manera:

- Verificar que los fusibles del lado primario del transformador sean los adecuados de acuerdo a la potencia

- Instalar un sistema de puesta a tierra adecuado con el fin de minimizar el valor de la resistencia a tierra
- Instalar avisos de prevención por electrocución
- Verificar alturas a distancias de seguridad a trabajar

Figura 2-31: Matriz de peligro Gabinete.

EVALUACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO ELÉCTRICO											
ELECTRIFICACION MAQUINA DE HIELO PISCICOLA BERLIN											
RIESGO A EVALUAR	ELECTROCUCION		por	CONTACTO DIRECTO		(al) o (en)	GABINETE				
	EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO			FUENTE				
POTENCIA	X			REAL		FRECUENCIA					
						E	D	C	B	A	
	En personas	Económicas	Ambientales	en la imagen de la empresa		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	
CONSECUENCIAS	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 o laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	
	v		S						FECH		
	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 EMPRESA			2	D	BAJO					
	RIESGO MAS ALTO A EVALUAR							MEDIO			

FUENTE: (Autor), Diseño en Excel.

En la matriz de peligro de la figura 2-31, se da un sistema de control a implementar para mitigar los riesgos. El control se implementa de la siguiente manera:

- Verificar que los fusibles del lado primario del transformador sean los adecuados de acuerdo a la potencia
- Instalar un sistema de puesta a tierra adecuado con el fin de minimizar el valor de la resistencia de la tierra
- Instalar avisos de prevención por electrocución
- Verificar las alturas y distancias de seguridad
- Utilizar Casco guantes y gafas contra rayos ultravioleta

Para ejecutar los trabajos en baja y media tensión se requiere solicitar los permisos en el operador de red antes de realizar cualquier trabajo y utilizar los elementos de protección.

Los trabajos que deban desarrollarse con las redes o equipos desenergizados, deben cumplir los siguientes parámetros:

Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión, mediante interruptores y seccionadores, de forma que se asegure la imposibilidad de su cierre intempestivo. En aquellos aparatos en que el corte no pueda ser visible, debe existir un dispositivo que garantice que el corte sea efectivo.

Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte. Señalización en el mando de los aparatos indicando “No energizar” o “Prohibido maniobrar” y retirar los portafusibles de los cortacircuitos. Se llama “condenación o bloqueo” de un aparato de manobra al conjunto de

operaciones destinadas a impedir la maniobra de dicho aparato, manteniéndolo en una posición determinada.

Verificar ausencia de tensión en cada una de las fases, con el detector de tensión apropiado al nivel de tensión nominal de la red, el cual debe probarse antes y después de cada utilización.

Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo. Es la operación de unir entre si todas las fases de una instalación, mediante un puente equipotencial de sección adecuada, que previamente ha sido conectado a tierra.

Señalizar y delimitar la zona de trabajo. Es la operación de indicar mediante carteles con frases o símbolos el mensaje que debe cumplirse para prevenir el riesgo de accidente.

Figura 2-32: Matriz de peligro salidas de huso final.

RIESGO A EVALUAR	QUEMADURA		por	CORTO CIRCUITO	SALIDAS DE USO FINAL					
	EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO	FUENTE					
				(CAUSA)						
	Ej. Quemaduras			(Ej. Arco eléctrico)	(Ej. Celda de 13.8 KV)					
CONSECUENCIAS	POTENCIAL	REAL			FRECUENCIA					
					D	C	B	A		
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la empresa	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 mas muertes	Daño grave en infraestructura interrupcion regional	Contaminacion irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daño a mayores salida de subestacion	Contaminacion mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad tiempo real (mayor a 1 dia)	Daños severos interrupcion tiempo real interrupcion breve	Contaminacion localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Daños importantes interrupcion breve	Daños leves no interrupcion	Efecto menor	Local	2	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
Daños a funcional afecta rendimiento laboral	Daños leves no interrupcion	Sin Efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

FUENTE: (Autor), Diseño en Excel.

Figura 2-33: Matriz de peligro transformador 150 KVA- 13.8 KV.

RIESGO A EVALUAR	RIGIDEZ MUSCULAR		por	CONTACTO DIRECTO	(al) o (en)	TRANSFORMADOR 75KVA Y 150 (13,8 KV)				
	EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO		FUENTE				
				(CAUSA)						
	Ej. Quemaduras			(Ej. Arco electrico)		(Ej. Celda de 13.8 KV)				
CONSECUENCIAS	POTENCIAL	<input checked="" type="checkbox"/>	REAL	<input type="checkbox"/>	FRECUENCIA					
						D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		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 mas muertes	Daño grave en infraestructura interrupcion regional	Contaminacion irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daño a mayores salida de subestacion	Contaminacion mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Daños severos interrupcion tiempo real interrupcion breve		Contaminacion localizada	Regional	3		MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
Lesión menor sin incapacidad	Daños importantes interrupcion breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
Molestia a funcional afecta rendimiento o laboral	Daños leves no interrupcion	Sin Efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	

FUENTE: (Autor), Diseño en Excel.

Figura 2-34: Matriz de peligro cables aislados.

RIESGO A EVALUAR	ASFIXIA		por	INCENDIO		(al) o (en)	CABLES AISLADOS			
	EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO			FUENTE			
				(CAUSA)						
	Ej. Quemaduras			Ej. Arco electrico)			Ej. Celda de 13.8 KV)			
C O N S E C U E N C I A S	POTENCIAL	<input checked="" type="checkbox"/>	REAL	<input type="checkbox"/>	FRECUENCIA					
						D	C	B	A	
	En personas	Economicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		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 mas muertes	Daño grave en infraestructura a interrupcion regional	Contaminacion irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daño a mayores salida de subestacion	Contaminacion mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad tiempo real (mayor a 1 dia)	Daños severos interrupcion tiempo real interrupcion breve	Contaminacion localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Daños importantes interrupcion breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	
	Daños leves no interrupcion	Sin Efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO	
	Daños a funcional afecta rendimiento o laboral									

FUENTE: (Autor), Diseño en Excel.

2.2.3.6 Análisis de nivel de tensión requerido.

Los diseños fueron realizados a 13200 VA 440/254 v y 13200 VA 220/127 V en baja tensión

2.2.3.7 Cálculo de campos electromagnéticos.

Cálculo de campos electromagnéticos para asegurar que, en espacios destinados a actividades rutinarias de las personas, no se superen los límites de exposición definidos en la Tabla 14.1. Para el caso que nos ocupa no aplica. De acuerdo con el Artículo 14.4 del RETIE “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 análisis del campo electromagnético en los lugares donde se vaya a tener presencia de personas.”

2.2.3.8 Cálculo de transformadores.

Incluyendo los efectos de los armónicos y el factor de potencia en la carga. En la tabla 2-8, se observa el Cuadro de Memoria de Cálculo de transformador en plano de 150 KVA, de acuerdo con los parámetros definidos en el Estudio de cuadro de cargas, se hacen los cálculos de los transformadores haciendo diversificación de carga en hoja de cálculo de la red del operador, los efectos de los armónicos son mínimos según lo visto en las figuras 2-23,24.

2.2.3.9 Cálculo del sistema puesta a tierra.

En las figuras 2-35,36, se detallan los cálculos del sistema de la puesta a tierra con tres varillas para la acometida. Es importante destacar que las subestaciones son aéreas tipo poste, por

lo tanto, no hay fácil acceso al público. La tabla 15.1 (Máxima tensión de contacto admisible para un ser humano) del RETIE mostrada en los cuadros 3 y 4 para un tiempo de exposición $t_s=0.3s$, recurre a la siguiente ecuación 2-4:

Ecuación 2-4: Máxima tensión de contacto admisible.

$$V_c = \frac{116}{\sqrt{t_s}}$$

FUENTE: (Autor), Diseño en Word.

Según la IEEE std 80, está diseñada para calcular la tensión de contacto para tres tipos de casos: metal a metal, mano a mano o mano a pie, y por lo tanto no es adecuada como patrón de comparación con los resultados obtenidos para la tensión de contacto definida por la ecuación mostrada en el cuadro del cálculo del sistema de puesta a tierra de las dos subestaciones.

Por otra parte, se aconseja utilizar un tapete de polietileno el cual posee un aislamiento para evitar una tensión de contacto en subestaciones tipo pedestal. Donde se reducen estas tensiones de contacto en 13.33% lo cual equivale a dividir la tensión de contacto obtenida por 7.5. Para este caso, se tiene un transformador tipo convencional en poste, el cual no requiere de este nivel de aislamiento, pero para un debido mantenimiento en caliente es aconsejable utilizar una grúa de línea viva que posea un aislamiento mayor.

Figura 2-35: Calculo de la resistencia de la malla de pues a tierra.

PISCICOLA BERLIN		
CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE LA MALLA DE PUESTA A TIERRA MONTAJE TRANSFORMADOR 150KVA Y 75 KVA		
Datos de entrada		
Resistividad del terreno (Rt)	115	Ohmios/metro
Profundidad de la malla (H)	0,8	m
Resistividad de la grava superficial (Rs)	2150	Ohmios/metro
Tiempo de duración de la falla (t)	1	Segundo
Diámetro del conductor de cobre 2/0 (d)	10,52	mm
Área del conductor (q)	133100	CM
Longitud Varilla Copperweld cobre-cobre (L)	2,4	m
Diámetro varilla copperweld (D)	0,0159	m
Ancho de la malla	5	m
Largo de la malla	5	m
Área de la malla (A)	25	m ²
Radio del círculo que que tiene área equivalente a la de la malla (r)	2,82	m
Número de varillas (Nv)	3	
Longitud del cable según configuración de la malla	40,00	m
Factor de no uniformidad del terreno (K ₁)	1,16	
Tipo de unión Soldada	Soldadura CADWELD o THERMOWELD	
RESISTENCIA DE LA MALLA (Rm)	13,07	Ohmios
RESISTENCIA DE LAS VARILLAS COPPERWELD (Rv)	15,26	Ohmios
RESISTENCIA TOTAL DE LA PUESTA A TIERRA (R)	7,04	Ohmios
El diseño se realizó con base en la Norma IEEE STD 80 - 1976 GUIDE FOR SAFETY IN SUBSTATION GROUNDING, THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, INC.		

FUENTE: (Autor), Diseño en Excel.

Figura 2-36: Calculo de la tensión de contacto.

1.3 CÁLCULO DE LA TENSIÓN DE CONTACTO		
$V_{TH} = GPR - \left(\frac{\rho I_g}{2\pi x} \right)$		
Corriente de falla monofásica simétrica en el primario (A)	$I_o =$	1630
Resistencia de puesta a tierra	$R =$	8,09
Resistividad del terreno	$\rho =$	20
Distancia al punto de falla	$x =$	1 m
Factor de corrección	$C_s =$	1
tiempo de despeje	$t_s =$	0,3 s
Corriente de falla asimétrica	$I_o * 1,8$	$I_g = 2934$
Maximo potencial de tierra	$I_g * R$	$GPR = 13182,1$
$V_C = (1000 + 1.5 C_s \rho_s) \left(\frac{0.116}{\sqrt{t_s}} \right)$		
Tensión de contacto	$V_c =$	218,139637 V
Tensión de contacto colocando una capa de polietileno encima del electrodo		
$V_c = V_{th} / 7.5$		29 V
Cumpliendo con los valores establecidos por el RETIE		
Tiempo de despeje de la falla	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEC para 95% de la población. (Público en general)	Máxima tensión de contacto admisible (rms c.a.) según IEEE para personas de 50 kg (Ocupacional)
Mayor a dos segundos	50 voltios	82 voltios
Un segundo	55 voltios	116 voltios
700 milisegundos	70 voltios	138 voltios
500 milisegundos	80 voltios	164 voltios
400 milisegundos	130 voltios	183 voltios
300 milisegundos	200 voltios	211 voltios
200 milisegundos	270 voltios	259 voltios
150 milisegundos	300 voltios	299 voltios
100 milisegundos	320 voltios	366 voltios
50 milisegundos	345 voltios	518 voltios
Tabla 15.1. Máxima tensión de contacto admisible para un ser humano		
1.4 CÁLCULO DE LA TENSIÓN DE CONTACTO		
$V_P = (1000 + 6 C_s \rho_s) \left(\frac{0.116}{\sqrt{t_s}} \right)$		
Tensión de paso	$V_p =$	237,200382 V

FUENTE: (Autor), Diseño en Excel.

2.2.3.10 Cálculo económico de conductores.

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

Figura 2-37: Cálculo de la tensión de contacto.

S_{ec} = 95 mm²								
	I	F	ρ	B	α	θ_m	A	K
	120	1.116,98	1,835E-08	1	0,0019992	51,7	26,28	0,294
F = 1.116,98								
	Np	Nc	T	P	D	Q	i	
	3	1	40	0,035707	20	18,4180732	6	
Q = 18,418								
	r	N						
	0,9912	20						
r = 0,9912								
	a (%)	b (%)	i (%)					
	1	3	6					
θ_m = 52 °C								
	θ (°C)	θ_s						
	75 °C	40 °C						
$CI = CI + I_{max} \cdot R \cdot \ell \cdot F \quad [\$] \quad [13]$ <p>donde:</p> <p>I_{max}: corriente del proyecto (carga) máxima prevista para el circuito en el primer año, el valor medio máximo en 1h [A]. ℓ: longitud del cable [m]. F: calculado por la ecuación [7]. R: resistencia c.a. aparente del conductor por unidad de longitud, considerando tanto el efecto superficial como el efecto de proximidad, (γ_p, γ_s), y las pérdidas en las mallas metálicas y en la armadura, (λ_p, λ_s), [Ω/m].</p> <p>El valor de R en función de la sección normalizada S del conductor debe ser considerado en la temperatura promedio de operación de conductor (θ_m) y calculado por la siguiente expresión:</p> $R(S) = \frac{\rho_{20} \cdot \beta [1 + \alpha_{20} \cdot (\theta_m - 20)] \cdot 10^6}{S} \quad [14]$								
Para	S = 70 mm²	R = 0,00831779	CT \$ 4.013.640					
		CI = \$ 764.759		CI	I	R	ℓ	F
				\$ 764.759	120	0,00832 (Ω/km)	30	1.116,98
Para	S = 70 mm²	R = 0,00831779	CT \$ 4.013.640					
		CI = \$ 764.759		CI	I	R	ℓ	F
				\$ 764.759	120	0,00832 (Ω/km)	30	1.116,98
S_{Económica Definitiva} = 70 mm²								

FUENTE: (Autor), Diseño en Excel.

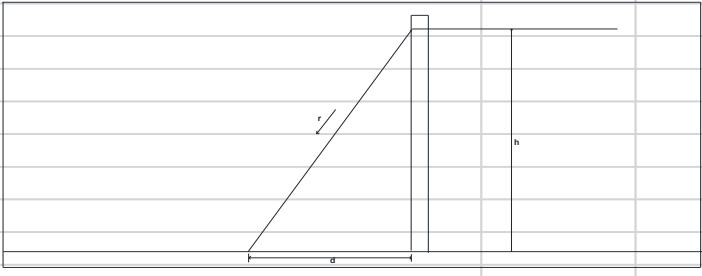
Se utilizó conductor de cobre número 4/0 AWG en el lado de baja tensión, lo cual resulta ser la opción más económica para la acometida principal de igual forma se estudia las pérdidas de energía de las acometidas parciales.

2.2.3.11 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 En la ecuación 2-1, se observa el cálculo de la protección en media tensión del fusible en el transformador. De igual manera se va desarrollar un cálculo para coordinar las protecciones en baja tensión donde se calcula la corriente de cortocircuito de la red, temperatura y el tiempo de disparo de las protecciones según el conductor a elegir.

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

Figura 2-38: Calculo de la tensión de contacto.

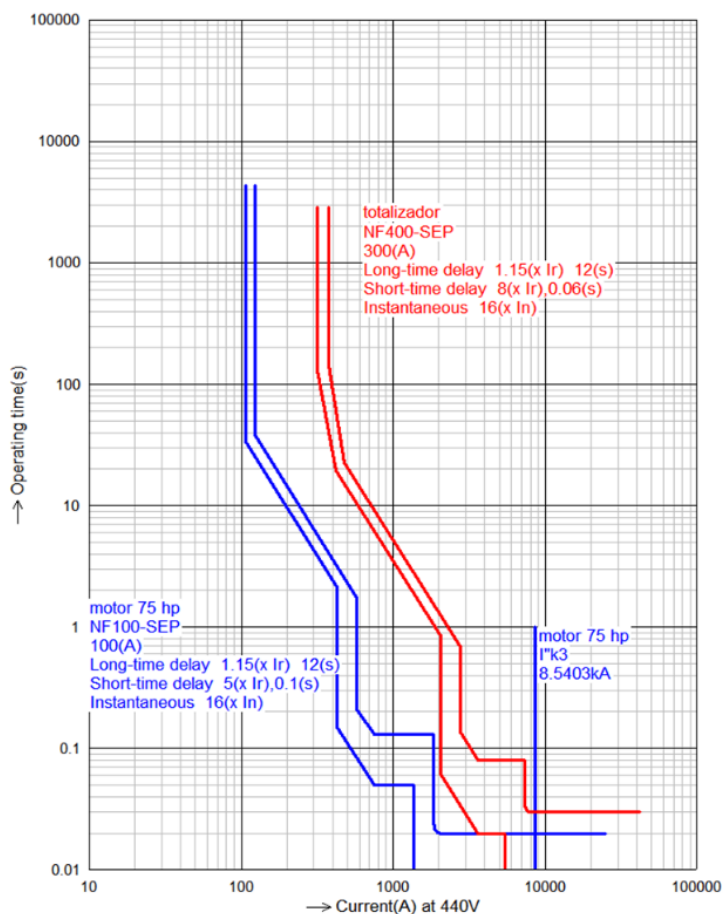
		
ALTURA DE POSTE A UTILIZAR	12	M
DISTANCIA TEMPLETE d	5	M
CALIBRE CONDUCTOR ACSR	2	AWG
NUMERO DE HILOS	7	HILOS
TIPO DE INSTALACION	COMPACTA	
CALIBRE TEMPLETE	3/8"	
CARGA MINIMA ROTURA CONDUCTOR	1294	KGF
TENSION MAXIMA CONDUCTOR	323,5	KGF
TENSION ADMISIBLE TEMPLETEE CON UN FACTOR DE SEG=2.0	R3	KGF
TENSION MAXIMA ADMISIBLE TEMPLETE	3490	
ALTURA DE TEMPLETE h	9.5	M
ANGULO q	69,9	
TENSION MAXIMA APLICADA A TEMPLETE	941,55	KGF
	CUMPLE	

FUENTE: (Autor), Diseño en Excel.

2.2.3.13 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. Se muestra que la protección es selectiva ya que a medida que la corriente aumenta y la temperatura de corto aumenta la curva de la protección del termo magnético se dispara cuando hay un corto mostrado en el diagrama de la figura 2-39.

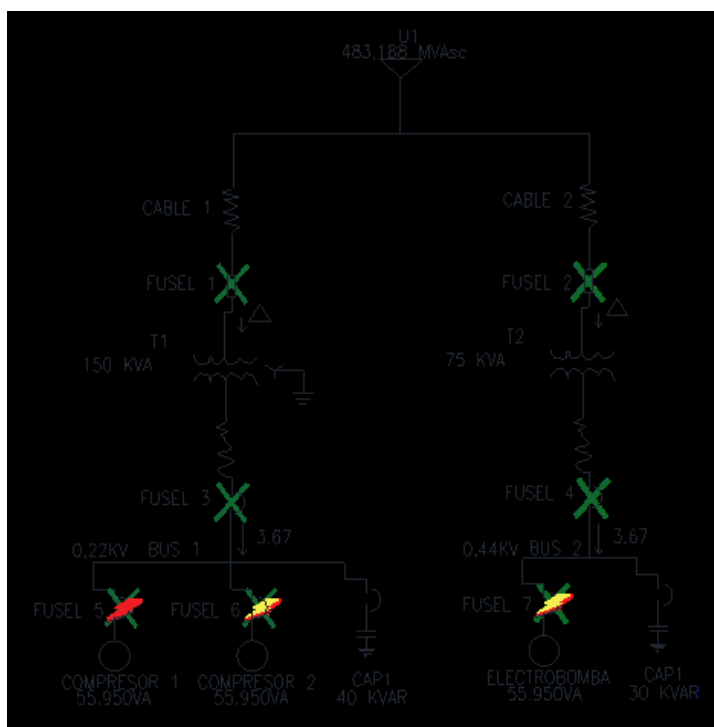
Figura 2-39: Diagrama que representa las protecciones: tiempo vs corriente de corto.



FUENTE: (Autor), Diseño en Excel.

En el diagrama unifilar de la figura 2-40, se hace una simulación de corto en la acometida que alimenta el tablero de almacenamiento, donde se muestra que las protecciones son selectivas ya que a medida que la corriente aumenta y la temperatura de corto aumenta, la curva de la protección de 75 amperios actúa en un tiempo estimado de 0,0068 segundos, la protección de 200 amperios actúa en un tiempo estimado de 0,0149 segundos, el cual es mucho más rápida que el fusible de 5A. Además, la protección es selectiva pues la relación entre umbrales de la protección cumple lo establecido como se observa en el gráfico de la figura 2-39.

Figura 2-40: Coordinación de protecciones.



FUENTE: (Autor), Diseño en Excel.

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

En la figura 2-14,18,27, tabla 2-4 y el anexo (A), se muestran los detalles y cuadro de cargas donde se instala el ducto adecuado, se hacen los cálculos de canalizaciones implementadas para los bajantes en la acometida principal del transformador.

2.2.3.15 Cálculos de pérdidas de energía.

Teniendo en cuenta los efectos de armónicos y factor de potencia. En la tabla 2-8, se observa el cuadro de carga del transformador de 150 KVA de acuerdo con los parámetros definidos

en el estudio de cuadro de cargas y Cálculo de regulación establecidos. En la figura 2-25, también se realizó un estudio de factor de potencia.

2.2.3.16 Clasificación de áreas.

No requiere clasificación de áreas.

2.2.3.17 Elaboración de diagramas unifilares.

En las figuras 2-10,11,12,20,21,22,25 se observan los planos con los diagramas unifilares en este documento y en el plano.

2.2.3.18 Elaboración de planos y esquemas eléctricos para construcción.

En un disco externo se anexa los planos y esquemas eléctricos para la construcción y elaboración total del proyecto ELECTRIFICACION MÁQUINA HIELERA EN LA PISCICOLA BERLIN.

2.2.3.19 Establecer distancias de seguridad requeridas.

En cuartos eléctricos de media y baja tensión se debe contar con puertas o espacios adecuados para la entrada o salida de los equipos, para efectos de su montaje inicial o posterior reposición. El ancho del ala de las puertas de acceso al espacio de trabajo no debe ser menor a 90 cm

Cuando se tengan partes expuestas energizadas a menos de 150 V de un lado y conectadas a tierra en el otro, el espacio de trabajo mínimo no debe ser inferior a 1,9 m de altura (medidos

verticalmente desde el piso o plataforma) o la altura del equipo cuando este sea más alto y 0,75 m de ancho o el ancho del equipo si este es mayor. En todo caso la profundidad del espacio de trabajo frente al equipo no debe ser inferior a 0,9 m.

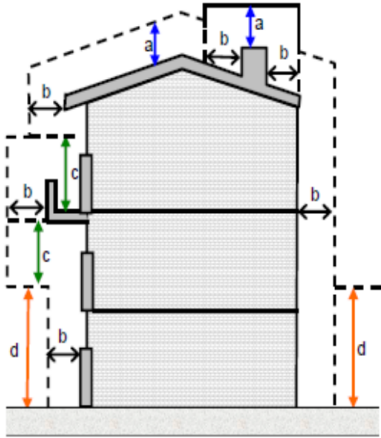
Cuando se tengan partes expuestas energizadas a tensión entre 2500 V y 9000 V a un lado y puesta tierra en el otro, el espacio de trabajo mínimo no debe ser inferior a 1,9 m de altura (medidos verticalmente desde el piso o plataforma) o la altura del equipo cuando este sea más alto y 0,9 m de ancho o el ancho del equipo si este es mayor. En estos casos, la profundidad del espacio de trabajo no debe ser inferior a 1,5 m.

Cuando se tengan equipos con un ancho superior a 1,8 m y una corriente nominal igual o superior a 1200 A, se deben tener dos (2) accesos al espacio de trabajo. En todo caso, se debe asegurar que el trabajador pueda evacuar el sitio. Se permitirá un solo acceso, cuando el ancho del espacio de trabajo sea de al menos el doble, tal como se indica en la sección 110-16 c) de la NTC 2050.

Las distancias de seguridad para redes externas se especifican en la figura 2-41. La distancia de seguridad que interesa en este proyecto es la definida para niveles de tensión de 440/220V.

Figura 2-41: Distancia mínima de seguridad en zonas con construcción NTC 2050.

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES		
Descripción	Tensión nominal entre fases (kV)	Distancia (m)
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 13.1).	44/34,5/33	3,8
	13,8/13,2/11,4/7,6	3,8
	<1	0,45
Distancia horizontal "b" a muros, balcones, salientes, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas. (Figura 13.1)	66/57,5	2,5
	44/34,5/33	2,3
	13,8/13,2/11,4/7,6	2,3
	<1	1,7
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 13.1)	44/34,5/33	4,1
	13,8/13,2/11,4/7,6	4,1
	<1	3,5
Distancia vertical "d" a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular. (Figura 13.1) para vehículos de más de 2,45 m de altura.	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

<p>Igualmente, en instalaciones construidas bajo criterio de la norma IEC 60364, para tensiones mayores de 1 kV, se deben tener en cuenta y aplicar las distancias de la IEC 61936 -1. Únicamente se permite el paso de conductores por encima de construcciones (distancia vertical "a") cuando el tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control, tanto de la instalación eléctrica como de las modificaciones de la edificación o estructura de la planta. Entendido esto como la administración, operación y mantenimiento, tanto de la edificación como de la instalación eléctrica. En ningún caso se permitirá el paso de conductores de redes o líneas del servicio público, por encima de edificaciones donde se tenga presencia de personas.</p>	 <p>Figura 13.1. Distancias de seguridad en zonas con construcciones</p>
--	--

FUENTE: (RETIE, 2013).

En redes públicas o de uso general no se permite la construcción de edificaciones debajo de los conductores; en caso de presentarse tal situación el OR solicitará a las autoridades competentes tomar las medidas pertinentes. Tampoco será permitida la construcción de redes para uso público por encima de las edificaciones.

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

No aplica

2.2.3.21 Estudios que el tipo de instalación requiera para su correcta y segura operación, tales como condiciones sísmicas, acústicas, mecánicas o térmicas.

No aplica

2.2.4 Instalación de posteria, herrajería de las estructuras y red en media tensión.

Acorde a los diseños y características descritas en el desarrollo del documento se instalaron los postes con sus debidas estructuras, templetes y herrajes para la red de distribución energética en media tensión 13.200 Voltios como se observa en la figura 2-42,43,44,45.

Figura 2-42: Montaje de posteria 750 kg y 1050 kg de 12 metros.



FUENTE: Autor.

Figura 2-43: Punto de Conexión SAN ALFONSO media tensión.



FUENTE: Autor.

Figura 2-44: Estructura de cortacircuitos internos red de distribución en media tensión.



FUENTE: Autor.

Figura 2-45: Estructura de paso para red de media tensión.



FUENTE: Autor.

2.2.5 Obra civil.

Al modificarse el transformador proyectado de 150 KVA marca ABB tipo seco por un transformador convencional de aceite de 150 KVA marca SIEMENS se cambia el encerramiento de subestación por medio de celda de energía con seccionador por una estructura tipo H lo que corresponde a hacerse un cuarto sencillo como se observa en la figura 2-46,47,48 para la instalación del tablero de distribución principal en baja tensión de 220 Voltios.

Figura 2-46: Obra civil de cuarto para tablero de distribución en baja tensión.



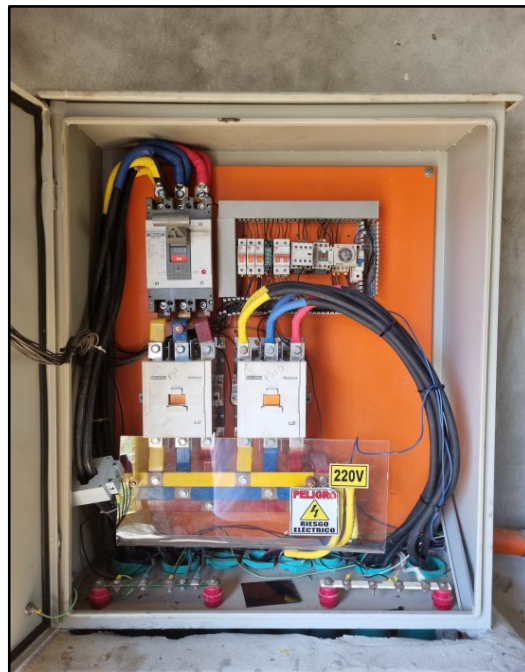
FUENTE: Autor.

Figura 2-47: Estructura de paso para red de media tensión.



FUENTE: Autor.

Figura 2-48: Obra civil cuarto para tablero de distribución en baja tensión 220 voltios.



FUENTE: Autor.

2.2.6 Instalación y montaje de transformador, protecciones y equipo de medida.

A diferencia de lo descrito en los diseños de AutoCAD correspondiente al transformador seco de 150 KVA marca ABB el cual fue remplazado por un transformador convencional de aceite mineral de la misma capacidad de potencia 150 KVA, 13.200,226/130 Voltios, 60 Hz marca SIEMENS, cortacircuitos de 15 KV y pararrayos 12 KV 10 KA; pero ya no se ejecutó en subestación con seccionador, sino que se instaló en una estructura de dos postes conocida como estructura en H cumpliendo con las protecciones, la potencia requerida para la máquina hielera AV400CR y cumpliendo con los reglamentos exigidos por el operador de red para la instalación de un transformador en estructura H como se observa en las figuras 2-49,50.

Figura 2-49: Transformador SIEMENS de 150 KVA en estructura H.



FUENTE: Autor.

Figura 2-50: Transformador SIEMENS de 150 KVA en estructura H.



FUENTE: Autor.

De igual forma se instaló el equipo de medida en media tensión marca RYMEL con transformador de corriente de relación 10-20/5 A, 60 Hz tipo exterior y transformador de voltaje con relación 13.2KV/120V, 5/50 A tipo exterior en dos elementos como se observa en la figura 2-51.

Figura 2-51: Transformador SIEMENS de 150 KVA en estructura H.



FUENTE: Autor.

También se efectuó la instalación del Sistema de Puesta a Tierra (S.P.T) por medio de 3 electrodos o varillas COPPERWELD cobre-cobre de 2.4 metros unidos mediante el método de soldadura exotérmica que une una sola malla a tierra proporcionando seguridad en el transformador, en las instalaciones eléctricas, el personal y el medio ambiente como se observa en la figura 2-52 y 53.

Figura 2-52: Montaje de varillas COPPERWELD cobre-cobre S.P.T.



FUENTE: Autor.

Figura 2-53: Caja de Inspección 30x30cm S.P.T con soldadura exotérmica.

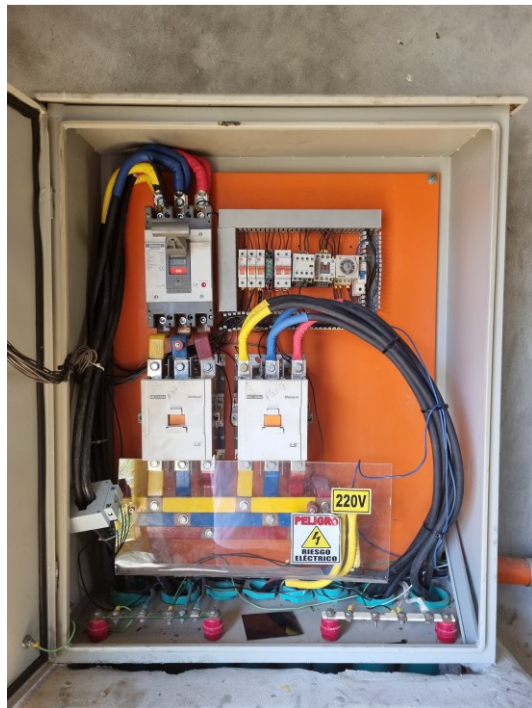


FUENTE: Autor.

2.2.7 Instalación tablero de distribución en baja tensión y cableado en baja tensión.

Por medio de un tablero de medidas 120x80x40 centímetros, IP 55 para 400 Amperios, se efectúa la instalación de un totalizador termomagnético trifásico para una corriente primaria de 400 Amperios los cuales son transportador por seis cables calibre 4/0 dos por cada fase para una red trifásica de 220 voltios proveniente desde los bornes del transformador hasta el totalizador con falso barraje del totalizador en el tablero de distribución principal como se observan en las figuras 2-54,55,56, se maneja un falso barraje ya que la NTC 2050 y el RETIE, tienen prohibido sobreponer una terminales estañada sobre otra terminal ya que se produce un sobrecalentamiento por falso contacto y puede provocar un incendio o daños en las instalaciones y equipos.

Figura 2-54: Tablero de distribución principal.



FUENTE: Autor.

Figura 2-55: Tablero de distribución principal.



FUENTE: Autor.

Figura 2-56: Diagrama unifilar Tablero de distribución principal.



FUENTE: Autor.

El tablero de distribución este compuesto principalmente por un totalizador principal de 400 amperios dos contactores de 400 amperios para la debida protección de la red interna, un vigilante de tensión que proporcionada seguridad en caso de Subtensión o sobretensión, un temporizador y unos contactores de control de 10 amperios para la debida conexión y desconexión del vigilante de tensión lo que corresponde a la automatización del tablero de distribución principal.

El tablero también este compuesto por un barraje de distribución para un consumo de 400 Amperios necesario para el buen fluido de la carga de la máquina Hielera AV400CR.

El diseño y características del tablero de distribución principal cumple con los códigos de colores establecidos por la norma técnica colombiana NTC-2050 de igual forma tiene los acrílicos y señalizaciones de peligro y riesgo eléctrico para la debida protección en el manejo, también cuenta con un sistema de puestas a tierra que protege los equipos y aterriza el tablero de distribución

para protegerlo en caso de corto o diferencias de potencial; también cuenta con un neutro como es exigido por el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE para las tensiones de retorno.

Esta acometida interna es traída desde el transformador de 150KVA por medio de un ducto galvanizada de cuatro pulgadas como se observa en la figura 2-57.

Este tablero cumple la función de proteger y distribuir las cargas eléctricas para los tableros internos que controlan la máquina Hielera AV400CR.

Figura 2-57: Bajante acometida interna del transformador de 150KVA.



FUENTE: Autor.

2.2.8 Instalación máquina hielera AV400CR.

Una vez importada de estados unidos la máquina Hielera AV400CR hasta la ciudad de Neiva-Huila, y posteriormente ensamblada en la plataforma para el cuarto frio como se observa en las figuras 2-58,59,60,61,62 se procedió a hacer la conexión eléctrica de los dos tableros internos que componen el sistema eléctrico interno de la máquina Hielera.

Figura 2-58: Plataforma para máquina hielera y cuarto frío.



FUENTE: Autor.

Figura 2-59: Máquina Hielera AV400CR.



FUENTE: Autor.

Figura 2-60: Ventiladores máquina Hielera AV400CR.



FUENTE: Autor.

Figura 2-61: Compresores Máquina Hielera AV400CR.



FUENTE: Autor.

Figura 2-62: Plataforma cuarto frio y máquina Hielera.



FUENTE: Autor.

Una vez instalada la maquin ria en la plataforma y adecuado el cuarto frio para el almacenamiento del hielo, se procede a realizar la conexión de los dos tableros eléctricos correspondientes a los compresores de la máquina Hielera como se observa en la figura 2-63,64,65,66,67.

Figura 2-63: Tablero compresores maquina Hielera.



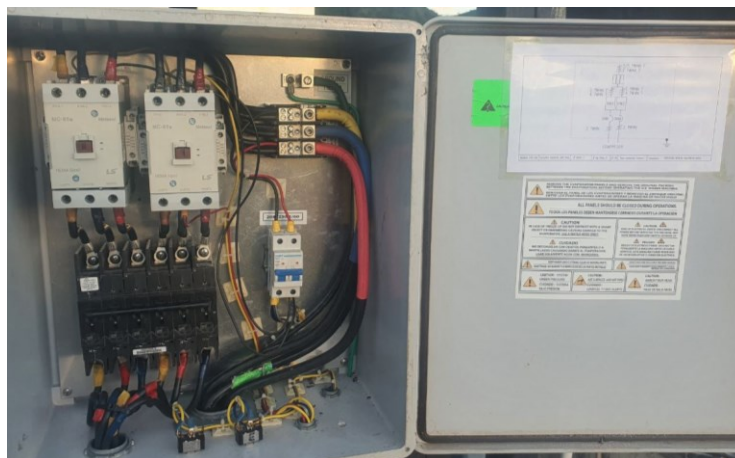
FUENTE: Autor.

Figura 2-64: Tablero de compresores conectado maquina Hielera.



FUENTE: Autor.

Figura 2-65: Tablero de compresores conectado maquina Hielera.



FUENTE: Autor.

Figura 2-66: Tablero de compresores conectado maquina Hielera.



FUENTE: Autor.

Figura 2-67: Tablero de compresores conectado maquina Hielera.



FUENTE: Autor.

Como se observa en las figuras anteriores, se hace la conexión de los dos tableros de distribución interna de la máquina hielera, cumpliendo con los códigos de colores establecidos en Colombia, un cable calibre 3/0 para cable de potencia, dos contactores para 200 amperios, un

termomagnético de control y todo por medio de borneras para 200 amperios, un sistema de puesta a tierra para la debida protección de los equipos y una conexión acorde a lo necesario para el buen funcionamiento de la máquina hielera.

2.2.9 Verificación de funcionamiento, carga y normatividad RETIE.

Una vez conectados todos los tableros de distribución interna encargados de dar funcionamiento a los compresores de la máquina Hielera, se hace la medida de tensión como se observa en la figura 2-68,69,70.

Figura 2-68: Tensión de las líneas L1-L3.



FUENTE: Autor.

Figura 2-69: Tensión de las líneas L2-L3.



FUENTE: Autor.

Figura 2-70: Tensión de las líneas L1-L2.



FUENTE: Autor.

Todos los tableros eléctricos cumplen con los códigos de colores establecidos por la norma técnica colombiana y el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE, los tableros cuenta con el sistema de puesta a tierra, las protecciones acordes a la carga y el cableado instalado, la tubería bajante del transformador se encuentra marcado por franjas naranjas correspondiente a tubería eléctrica, el transformador cuenta con para rayos de protección y malla puesta a tierra.

2.2.10 Puesta en marcha.

Al tener la red eléctrica y conectada a la máquina Hielera AV400CR se inician las pruebas obteniendo como resultado el buen funcionamiento y eficiencia de la producción de hielo necesaria para la cadena de frio requerida en el transporte de la tilapia como se observan en las figuras 2-71,72,73.

Figura 2-71: Máquina generando hielo.



FUENTE: Autor.

Figura 2-72: Hielo almacenado.



FUENTE: Autor.

Figura 2-73: Cuarto frio.



FUENTE: Autor.

3 Capítulo 3

3.1 Resultados

3.1.1 Objetivo Específico 1

Acorde a lo establecido por los cuadros de carga, planos y estudios realizados en la presente tesis para el funcionamiento correcto y eficaz de la Hielera AV400CR, se ejecuta con éxito la instalación de la máquina importada de estados unidos obteniendo como resultado la eficiencia energética necesaria para la funcionalidad de la máquina como se observa en la figura 3-1,2.

Figura 3-1: Medida baja tensión 225.7 Voltios.

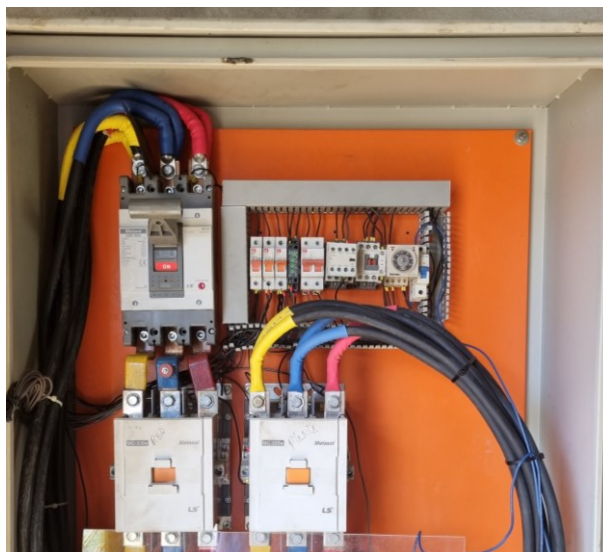


FUENTE: Autor.

Observando la figura 3-1, podemos observar una tensión de 225.7 voltios, tensión ideal para el buen funcionamiento de los compresores y equipos que conforman la máquina Hielera AV400CR.

Las protecciones del tablero principal con totalizador, temporizador, vigilantes de tensión y contactores, cumplen con las exigencias requeridas para la protección de la máquina hielera y los equipos como observamos en la figura 3-2.

Figura 3-2: Totalizador principal, contactores, temporizador y vigilante de tensión.



FUENTE: Autor.

La malla puesta a tierra y el sistema de puesta a tierra para la debida protección del transformador y los equipos internos cumplen correctamente para mitigar sobrevoltajes producidos por descargas atmosféricas o cortos circuitos proporcionando seguridad en las instalaciones eléctricas y en el personal como se observa en la figura 3-3,4 donde el telurómetro certificado MI2088 METREL obtiene una medida de resistencia de puesta a tierra de 3,34 ohmios por debajo de las medidas máximas permitidas por el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE para tensiones de media y baja tensión.

Figura 3-3: Caja de inspección 30x30 cm para medir la resistencia de la malla a tierra.



FUENTE: Autor.

Figura 3-4: Resistencia de puesta a tierra 3.34 ohmios por medio de telurómetro.



FUENTE: Autor.

3.1.2 Objetivo Específico 2

El circuito más cercano elegido para la red de distribución energética en media tensión fue circuito de conexión SAN ALFONSO a 13.8KV, otorgados por la subestación localizada en el municipio de Aipe-Huila; corriente de corto en el apoyo de conexión M045505, trifásica 0.32 KA y monofásica 0.22 KA como se observa la figura 3-5. El trazado de la línea consta de coordenadas y alturas otorgadas mediante el dispositivo GPS, dándonos una distancia recorrida total de 2094 metros de red de distribución en media tensión, los cuales fueron distribuidos por un total de 13 postes abarcando circuito nuevo.

Figura 3-5: Punto de conexión SAN ALFONSO red media tensión.



FUENTE: Autor.

3.1.3 Objetivo Específico 3

La instalación del proyecto máquina Hielera AV400CR cuenta con una estructura dividida en dos niveles, que corresponde el nivel uno a él cuatro frio de almacenamiento del hielo y los seis

tanques de cinco mil litros de agua potable para la máquina hielera; el nivel dos corresponde donde se ubica la máquina Hielera, los compresores y los ventiladores, como se observa en la figura 3-6,7.

Figura 3-6: Montaje de la máquina hielera nivel uno y dos.



FUENTE: Autor.

Figura 3-7: Montaje de la máquina hielera nivel uno y dos.



FUENTE: Autor.

3.1.4 Objetivo Específico 4

La máquina Hielera AV400CR cumple a la perfección los parámetros de fabrica luego de conectarse a la red eléctrica de 220 voltios como se observa en la figura 3-8 donde fabrica hielo para el cuidado de la cadena de frio del carro tanque.

Figura 3-8: Montaje de la máquina hielera nivel uno y dos.



FUENTE: Autor.

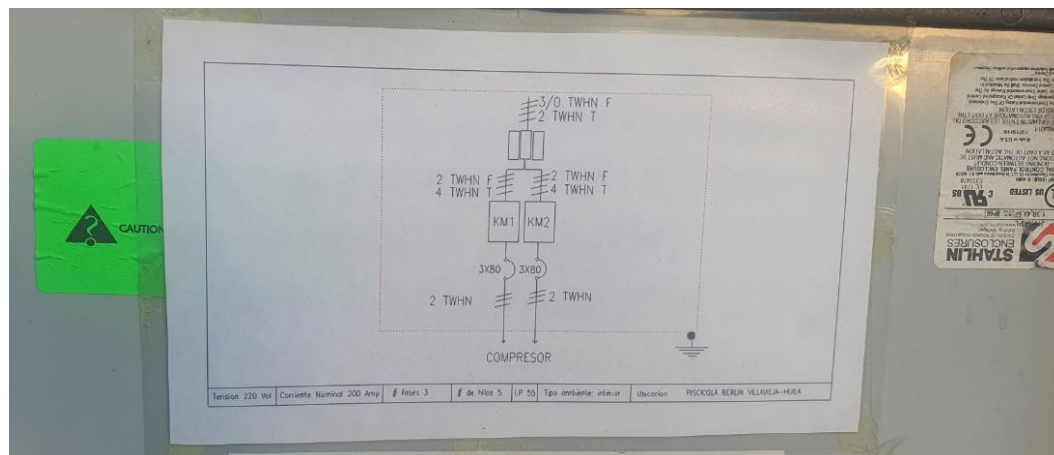
El transformador cuenta con DPS de protección y malla puesta a tierra para su debida protección ante descargas atmosféricas o diferencias de potencial.

Los tableros eléctricos cumplen con los códigos de colores para red trifásica (L1 Amarillo, L2 azul, L3 rojo, verde y blanco) establecidos por la norma técnica colombiana y el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE.

El barraje cuenta con acrílico de protección y señal de riesgo eléctrico para la debida protección por tensión de contacto o transferida.

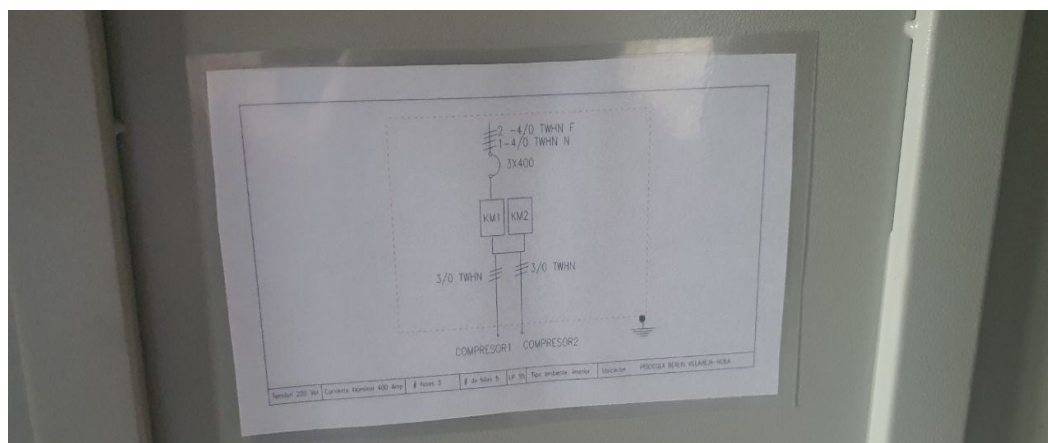
Los tableros cuentan con diagrama unifilar como se observa en la figura 3-9,10 anexo A, el sistema de puesta a tierra y la resistencia de puesta a tierra está por debajo de los niveles máximos de resistencia en una malla a tierra con valores de 3,34 ohmios. Se deja una caja de inspección de 30x30 centímetros exigida por el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE para la toma de medidas del sistema y la visual de la protección del electrodo principal.

Figura 3-9: Montaje de la máquina hielera nivel uno y dos.



FUENTE: Autor.

Figura 3-10: Montaje de la máquina hielera nivel uno y dos.



FUENTE: Autor.

las protecciones (Totalizador, contactor, termomagnéticos, etc.) están acordes a la carga y el cableado instalado para mitigar sobrecalentamiento del cable, incendios, corto circuito o daños internos en los equipos.

La tubería bajante del transformador se encuentra marcado por franjas naranjas correspondiente a tubería eléctrica.

El transformador cuenta con la correspondiente conexión equipotencial para protección de descargas accidentales, diferencias de potencial y la disipación de corrientes parasitas del sistema.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Al ejecutar la obra eléctrica y civil en acompañamiento y apoyo por el grupo de trabajo pertenecientes a las empresas A&C ELECTRICIDAD INDUSTRIAL S.A.S y HAGESA GROUP S.A.S los cuales arrojaron los estudios contemplados en los planos, memorias de cálculos y diseños de AutoCAD, se observa que los estudios del terreno pueden ser variables lo que conlleva a realizar modificaciones en la ejecución de la obra como se observa en el desarrollo de esta tesis.

El estudio de las memorias de cálculo, diseños de planos en AutoCAD, cuadros de carga, matriz de riesgo y peligro y todos los estudios para ejecutar el proyecto arrojaron la necesidad de instalar un transformado de 150 KVA en una estructura tipo H con para rayos y sistema de puesta a tierra compuesto por 3 electrodos, equipo de medida en media tensión por medio de 3 elementos, red de distribución energética en media tensión distribuido en 13 postes con sus respectivas estructuras, un tablero de distribución principal con totalizador de 400 Amperios, un barraje de 400 amperios, contactores de 400 amperios y las protecciones necesarias para el buen funcionamiento de los equipos eléctricos.

El circuito de conexión principal elegido para la red de distribución energética de media tensión fue circuito de conexión SAN ALFONSO a 13.8KV, otorgados por la subestación

localizada en el municipio de Aipe-Huila; corriente de corto en el apoyo de conexión M045505, trifásica 0.32 KA y monofásica 0.22 KA. El trazado de la línea, coordenadas y alturas otorgadas mediante el dispositivo GPS, otorgo una distancia recorrida total de 2094 metros de red de distribución en media tensión para llevar energía desde el circuito San Alfonso hasta el transformador de 150KVA.

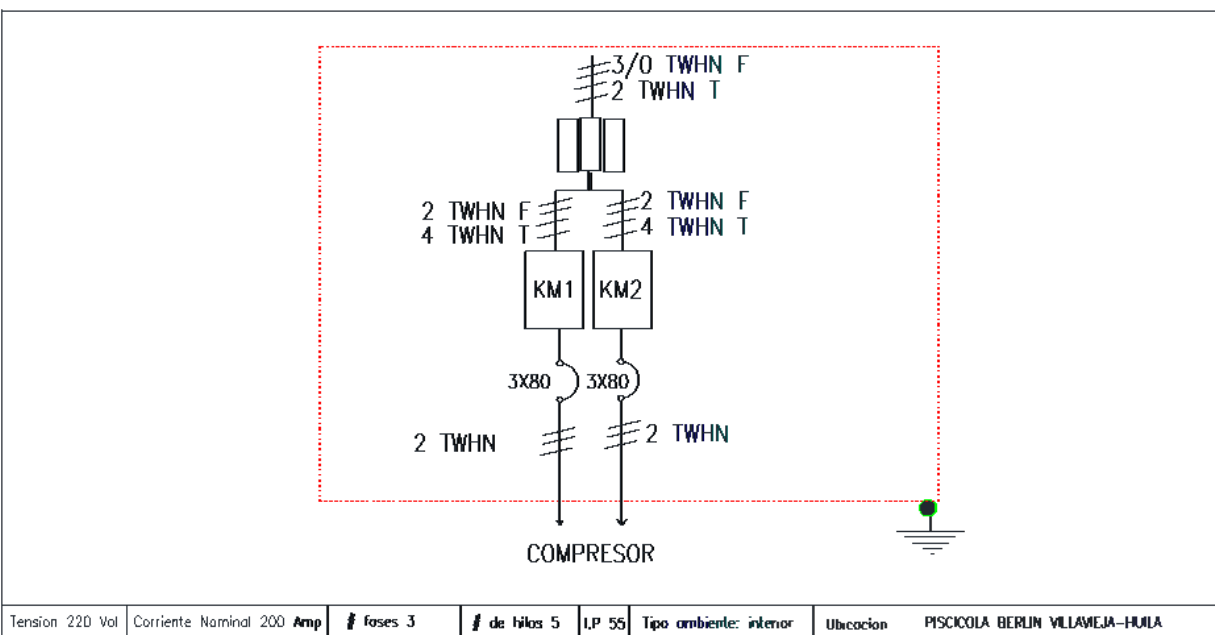
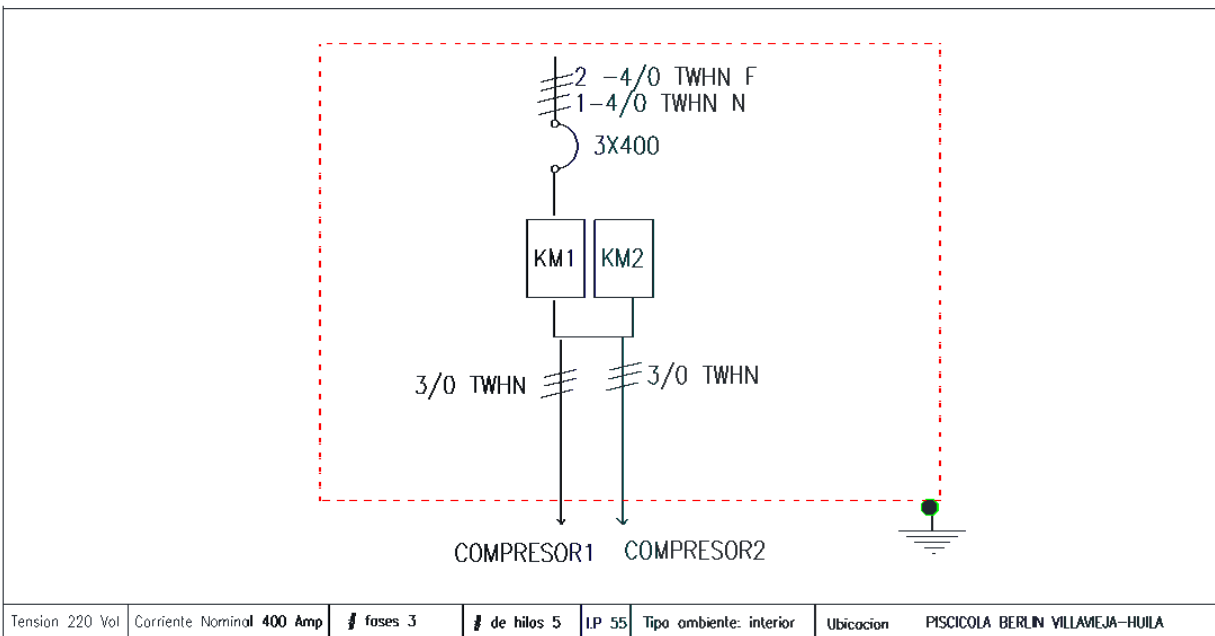
La instalación de la máquina Hielera AV400CR cumple a la perfección los parámetros de fabrica luego de conectarse del tablero principal a la red eléctrica de 220 voltios donde fabrica hielo para el cuidado de la cadena de frio del carro tanque

Recomendaciones

Para ejecutar una obra eléctrica con equipo de medida en media tensión, transformador en estructura tipo H, red de distribución energética en media tensión; tablero de distribución en baja tensión con barraje protecciones y derivaciones, sistema de puesta a tierra, malla de puesta a tierra y la instalaciones de equipos, se debe tener el apoyo y acompañamiento profesional de un grupo de trabajo altamente profesional y calificado para realizar los estudios de las memorias de cálculo, diseños de planos en AutoCAD, cuadros de carga, matriz de riesgo y peligro y todos los estudios necesarios para ejecutar el proyecto de la forma más eficiente y profesional como se pudo evidenciar por parte del apoyo y acompañamiento de las empresas A&C ELECTRICIDAD INDUSTRIAL S.A.S y HAGESA GROUP S.A.S y su alto profesionalismo para ejecutar obras eléctricas a grande escala.

Se debe considerar necesario y obligatorio que una instalación eléctrica cumpla con la norma técnica colombiana NTC-2050 y el reglamento técnico de instalaciones eléctrica RETIE.

A. Anexo: Diagrama unifilar tablero de distribución principal y tableros compresores de la maquina hielera



Referencias Bibliográficas

05_CÁLCULOS MECÁNICOS ESTRUCTURAS AÉREAS.pdf. 2020. (s. f.).

Recuperado 13 de octubre de 2020, de

http://www.electrohulla.com.co/Portals/0/NORMA%20TECNICA/05_C%3%81LCULOS%20MEC%3%81NICOS%20ESTRUCTURAS%20A%3%89REAS.pdf

Amaya Juan Sebastián, J. S., & Balance y perspectivas del sector de generación eléctrica para los próximos años, A. J. sebastian. (2020). *Balance y perspectivas del sector de generación eléctrica para los próximos años*. Balance y perspectivas del sector de generación eléctrica para los próximos años.

<https://www.larepublica.co/especiales/estado-de-la-economia-2020/balance-y-perspectivas-del-sector-de-generacion-electrica-para-los-proximos-anos-2960063>

AutoCAD for Mac y AutoCAD para Windows | Software CAD 2D/3D | Autodesk.

(2020). <https://latinoamerica.autodesk.com/products/autocad/overview>

A&V Refrigeración. (2020). *Nuestras Máquinas Industriales de Hielo—AV Refrigeration*. <https://av-refrigeration.com/es/máquinas-industriales-de-hielo/>

Boletin_Estadístico_2018.pdf. (s. f.). Recuperado 31 de agosto de 2020, de https://www1.upme.gov.co/PromocionSector/SeccionesInteres/Documents/Boletines/Boletin_Estadistico_2018.pdf

Cargas y campos eléctricos. (2017, mayo 30). Prepa en línea SEP: Cargas y campos eléctricos. *Prepa en línea SEP*.

<http://prepaenlineaaliciaaaine.blogspot.com/2017/05/cargas-y-campos-electricos.html>

Colcha Chacón, A. M. (2015). *ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA ELECTRIFICACIÓN DEL RECINTO 10 DE AGOSTO UBICADO EN EL CANTÓN LA TRONCAL, PROVINCIA DEL CAÑAR, UTILIZANDO ENERGÍA CONVENCIONAL TRIFÁSICA*.

Corriente continua. (2020). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Corriente_continua&oldid=128858018

Corriente eléctrica. (2020). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Corriente_el%C3%A9ctrica&oldid=129156176

Corriente Eléctrica—Concepto, intensidad, tipos y efectos. (2020).

<https://concepto.de/corriente-electrica/>

Descripción-ISA-Transporte de energía eléctrica, C. que inspiran. (2020). *ISA -*

Transporte de Energía Eléctrica. [http://www.isa.co/es/isa-y-sus-](http://www.isa.co/es/isa-y-sus-negocios/Paginas/transporte-de-energia-electrica.aspx)

[negocios/Paginas/transporte-de-energia-electrica.aspx](http://www.isa.co/es/isa-y-sus-negocios/Paginas/transporte-de-energia-electrica.aspx)

Foro Nuclear, F. de la I. N. E. (2015). *¿Qué es la electricidad?* Foro Nuclear.

[https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-](https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-la-electricidad/)

[distintas-fuentes-de-energia/que-es-la-electricidad/](https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-la-electricidad/)

Guante de líneas de trabajo schutzhandschuh amazon.com cuero, guantes,

cuero, electricidad, guante de seguridad png | PNGWing. (2020).

<https://www.pngwing.com/es/free-png-hkcca>

HIELO ESCAMA | Hielo, Escamas, Diferentes tipos de. (2020). Pinterest.

<https://www.pinterest.com/pin/818458932255649042/>

Ley 101 de 1993.pdf. (s. f.). Recuperado 31 de agosto de 2020, de

<https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Leyes/Ley%20101%20de%201993.pdf>

Maigualema Paola, G. M. R. (2018). *TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA*

OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGISTER EN EFICIENCIA ENERGÉTICA. 173.

Máquina de hielo AV400CR - Refrigeración A&V. (2020). [https://av-](https://av-refrigeration.com/industrial-ice-making-machines/ice-machine-av400cr/)

[refrigeration.com/industrial-ice-making-machines/ice-machine-av400cr/](https://av-refrigeration.com/industrial-ice-making-machines/ice-machine-av400cr/)

NTC 2050 CODIGO EELCTRICO COLOMBIANO.pdf. (s. f.).

Paco. (2017, agosto 20). coparoman: El voltaje alterno. *coparoman*.

<https://coparoman.blogspot.com/2017/08/el-voltaje-alterno.html>

Partes del átomo. (2020). <https://www.partesdel.com/atomo.html>

Plan-Nacional-para-el-Desarrollo-de-la-Acuicultura-Sostenible-Colombia.pdf.

(s. f.). Recuperado 30 de agosto de 2020, de <https://www.aunap.gov.co/wp-content/uploads/2016/04/Plan-Nacional-para-el-Desarrollo-de-la-Acuicultura-Sostenible-Colombia.pdf>

¿Qué es el voltaje inducido? (2016, diciembre 1). Curiosoando.

<https://curiosoando.com/voltaje-inducido>

REGLAMENTO_Retie2013mini.pdf. (s. f.).

RETIE, M. de minas y energía. (2013). *REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)*. 9, 211.

Sistema trifásico. (2020). En *Wikipedia, la enciclopedia libre*.

https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema_trif%C3%A1sico&oldid=128827043

TFG Ferran Cremades Gradolí_2014.pdf. (s. f.). Recuperado 7 de septiembre de 2020, de

https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/53520/TFG%20Ferran%20Cremades%20Gradol%C3%AD_1436215519961934505705600412513.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Tilapia Roja | Tilapia Nilótica | PISCICOLA NEW YORK | Colombia. (2019).

PISCICOLA NEW YORK. <https://www.piscicolanewyork.com>

Voltaje—Concepto, tipos de voltaje y cómo medirlo. (2020).

<https://concepto.de/voltaje/>