



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**DISEÑO DE REDES DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN
EN LA EMPRESA “ENERGIANDO, INGENIERÍA
Y CONTRUCCIÓN”**

Autora

Cristell Xiomara Capera Romero

Universidad de Antioquia

**Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería
Eléctrica**

Medellín, Colombia

2021



Diseño de Redes de Media y Baja Tensión en la Empresa “Energizando, ingeniería y
Construcción”

Cristell Xiomara Capera Romero

Informe de práctica empresarial como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniera Electricista

Asesores:

Fernando Villada Duque - Ingeniero Electricista

José Alejandro Álvarez Palomino - Ingeniero Electricista

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Departamento de ingeniería Eléctrica

Medellín, Colombia

2021.

Tabla de contenido

Resumen.....	3
1. Introducción.....	4
2. Objetivos.....	5
2.1. Objetivo General.....	5
2.2. Objetivos Específicos.....	5
3. Marco Teórico.....	5
3.1. Antecedentes.....	5
3.2. Definiciones.....	6
4. Metodología.....	11
5. Resultados y análisis.....	11
5.1. Especificaciones del proyecto.....	11
5.2. Planos eléctricos y procedimiento.....	14
5.3. Memoria de cálculo.....	19
5.4. Resumen general.....	25
6. Conclusiones.....	26
7. Referencias Bibliográficas.....	27
8. Anexos.....	27

DISEÑO DE REDES DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN EN LA EMPRESA “ENERGIZANDO, INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN”

Resumen

La región Caribe de Colombia, desde el año anterior, tuvo un cambio de operador de red, el cual pasó de ser Electricaribe a Air-e; este cambio trajo consigo grandes reformas, entre esas, la forma en que se distribuye la energía eléctrica, ya que, anteriormente el hurto de energía era uno de los grandes problemas para el operador. En las ciudades donde se aplicaron estos cambios, se buscó mejorar o cambiar la estructura de las redes de distribución existentes, aumentar la seguridad para los usuarios y disminuir en gran medida el robo de energía.

Energizando S.A.S fue la empresa encargada de realizar los diseños de las redes de media y baja tensión en las ciudades de Santa Marta (Magdalena), Maicao y José Domingo Boscán (Guajira), siendo un gran reto, ya que, el cambio de la topología de las redes de distribución implicó un desafío para la empresa.

Al finalizar los diseños de los diferentes proyectos, se obtuvieron grandes experiencias en el ámbito laboral, además de fortalecerse diversas habilidades y aptitudes personales; esto brindará al sector una profesional capacitada, íntegra y competitiva, que dará su mejor versión a la sociedad en desarrollo.

1. Introducción

El correcto funcionamiento de las redes eléctricas de media y baja tensión es importante para el balance entre generación y demanda de la energía eléctrica. Las malas prácticas como el hurto de energía eléctrica dañan dicho balance y afectan económicamente las empresas operadoras de red, como también, la seguridad de los usuarios y de los aparatos eléctricos que se encuentren en las instalaciones domésticas (ENEL, 2020). En algunas ciudades donde dicha práctica ha tomado fuerza, es necesaria una modificación en las redes existentes para mitigar el robo de energía.

En este documento se hará una descripción del proyecto de práctica realizado en la empresa "Energizando, Ingeniería y Construcción", la cual consiste en el apoyo en diseños de redes eléctricas de media y baja tensión, en un proyecto que está en desarrollo en las ciudades de Santa Marta, Riohacha y José Domingo Boscán. Esto se hará siguiendo los lineamientos requeridos por la empresa contratante, con el propósito de que en las redes proyectadas no se tenga el problema de hurto de energía. Estos diseños se realizarán en diferentes barrios de estas ciudades, teniendo como insumos los diseños de las redes existentes y la información necesaria de los usuarios. Al finalizar este proyecto se espera haber logrado un diseño óptimo de redes de media y baja tensión, que sean eficientes, que den solución al problema de hurto de energía y que presten el mejor servicio a los usuarios.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Apoyar en el diseño de redes eléctricas de media y baja tensión, usando el programa AUTOCAD, para el mejoramiento de las redes existentes en las ciudades correspondientes.

2.2. Objetivos Específicos

- ✿ Realizar una familiarización con las convenciones, normativa y objetivos del desarrollo del proyecto de diseño de redes en las ciudades mencionadas.
- ✿ Elaborar planos en AUTOCAD, con las redes proyectadas.
- ✿ Elaborar cálculos correspondientes a regulación, esfuerzos mecánicos y matriz de riesgo eléctrico para cumplir con los requerimientos del proyecto.

3. Marco Teórico

A continuación, se presentarán los conceptos teóricos generales usados para la correcta realización de los diseños de redes de media y baja tensión.

3.1. Antecedentes

En las ciudades de la Costa Atlántica, en tiempos anteriores, las redes de media y baja tensión convencionales, permitían que los usuarios tuvieran los medidores de energía en la fachada de sus casas; esto provocó que por mucho tiempo hubiera hurto de energía eléctrica en estas ciudades, ya que, algunos usuarios hacían alteraciones en estos elementos de medida y así, no pagaron el consumo de energía al operador de red.

Actualmente se buscan alternativas para acabar con esta mala práctica, puesto que, ha generado accidentes de origen eléctrico y una pérdida

importante de dinero para las empresas de energía eléctrica. La alternativa propuesta es hacer modificaciones en las redes de media y baja tensión, bien sea, realizando un diseño nuevo de la red o a partir de las redes de media tensión existentes, completar el diseño. En los nuevos diseños de las redes de media y baja tensión, la medición se realiza en unos macromedidores ubicados en los postes primarios (AIR-E, 2020). Se busca con esto que, el usuario no tenga acceso al dispositivo de medida y poder efectuar el cobro correcto de la energía eléctrica.

3.2. Definiciones

Teniendo en cuenta que una red de distribución es el sistema utilizado para la transformación y transporte de la energía eléctrica hasta el punto de entrega (AIR- E, 2020), para una mejor comprensión de este proyecto, a continuación, se mencionarán algunos conceptos que fueron usados para la realización de este:

- ✿ Red abierta: son aquellas redes con tres líneas, dos fases a 110 V y el neutro de fácil acceso.

- ✿ Red trenzada: son redes abiertas entrelazadas y recubiertas, formando un solo cable de baja tensión, siendo así, más resistente y segura; además, disminuye su manipulación y contaminación visual. Sus acometidas salen de una casa de abonado hasta los hogares.

- ✿ Red tipo acometida (chilena): son aquellas redes cuya acometida parte del borne del transformador hasta cada hogar de manera independiente. Dichas acometidas están amarradas a un mensajero en cable de acero galvanizado.

- * Configuración especial: es aquella donde los conductores de la red de baja tensión se instalan en el extremo de la cruceta de media tensión, en configuración bandera como se muestra en la figura 1.

Para esta configuración se usaron postes primarios de 12 metros en disposición tipo bandera y se añadía la disposición horizontal en los casos donde se necesitaba otro armado. También se usaron postes de 9 metros que se usaron para realizar las retenidas aéreas en los casos donde había armados de fin de línea en media tensión y para llevar la red chilena desde las cajas de derivación o macromedidores, hasta los usuarios.



Figura 1. Configuración especial.

- * Red matriz: red de media tensión principal de la cual se deriva la red de media tensión que alimentará los barrios.
- * Macromedidores o cajas concentradoras: desde estas cajas se realiza la medición de la energía eléctrica y se distribuyen las

acometidas hasta el hogar de los usuarios como se muestra en las figuras 2 y 3.

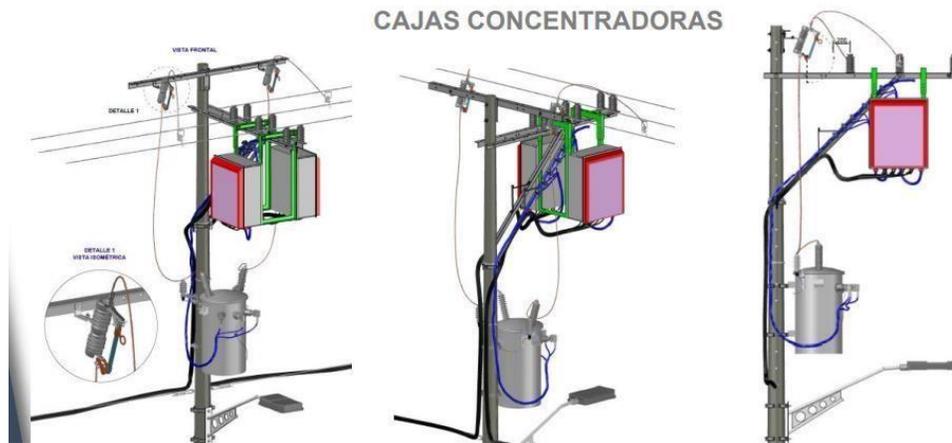


Figura 2. Cajas concentradoras del proyecto.



Figura 3. Caja concentradora instalada.

- ✿ Carga mecánica: es la capacidad de un cuerpo para resistir una fuerza sin deformarse (temas de educación, 2019). Para este proyecto, se tuvo que los postes primarios podrían tener carga mecánica de 1324 daN (Decanewton), 1050 daN o 750 daN, esto dependiendo del esfuerzo que harían los mismos, de acuerdo con

los elementos que soportaría, como cajas concentradoras y transformadores; todos los postes secundarios usados tuvieron carga mecánica de 750 daN.

✿ Disposición de un poste: tienen que ver con el armado que llevará el poste.

Para el proyecto, se tuvieron los siguientes armados de media tensión: Alineación, ángulo, anclaje, fin de línea. Para saber cuál fue la disposición que se usó, se asignó un número de tres dígitos para MT y 2 dígitos para BT, que representó la disposición del poste según lo especificado en el diseño.

Para eso se tuvieron en cuenta las convenciones mostradas en las figuras 4 y 5.

Configuración	C	Descripción
Bandera	1	FL
	2	AL y ANG < 5
	3	ANG 5°-20° - Conductores Mayores ANG 5°-30° - Conductores Menores
	4	ANG 20°-60° - Conductores Mayores ANG 30°-60° - Conductores Menores
Triangular - Vano largo	2	AL y ANG < 5
	1	FL
Horizontal	2	AL y ANG < 5
	3	ANG 5°-20° - Conductores Mayores ANG 5°-30° - Conductores Menores
	4	ANG 20°-60° - Conductores Mayores ANG 30°-60° - Conductores Menores
	5	ANG 60°-90°
	6	ANC hasta 60° (1)
	1	FL
Vertical	2	AL y ANG < 5
	4	ANG 30°-60°
	5	ANG 60°-90°
Compacta	6	ANC hasta 30° (1)
	1	FL
	2	AL y ANG < 5
	3	ANG 5°-20° - Conductores Mayores ANG 5°-30° - Conductores Menores
	4	ANG 20°-60° - Conductores Mayores ANG 30°-60° - Conductores Menores
	6	ANC hasta 60° (1)

Figura 4. Codificación de estructuras de MT.

Configuración	C	Descripción
Con Aislador Carrete	1	FL
	2	AL y ANG < 60°
	5	ANG 60°-90°
	6	Anclaje o doble fin de línea
Especial	1	FL
	2	AL
	3	ANG < 10°
	6	Anclaje o doble fin de línea
Tipo Acometidas	1	FL
	2	AL y ANG < 60°
	5	ANG 60°-90°

Figura 5. Codificación de estructuras de BT.

✿ Herrajes: Se consideran bajo esta denominación todos los elementos utilizados para la fijación de los aisladores a la estructura, los de fijación del conductor al aislador, los de fijación de cable de guarda a la estructura, los de fijación de las retenidas (templetes), los elementos de protección eléctrica de los aisladores y los accesorios del conductor, como conectores, empalmes, separadores y amortiguadores (RETIE, 2013).

Para el desarrollo del proyecto se cumplieron con las especificaciones e indicaciones dadas por la empresa Air-e, como también, se dio cumplimiento al Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Además, se evaluaron las redes de media y baja tensión existentes, ya que, en ciertos casos, estas cumplían con los requerimientos para el diseño. Todo esto para mejorar la red de distribución y así poder suplir las necesidades y problemáticas presentadas en esta región del país.

4. Metodología

1. Familiarizarse con las convenciones requeridas para el proyecto.
2. Analizar los planos con las redes existentes, para definir cambios en elementos deteriorados.
3. Proyectar redes de media y baja tensión, según los requerimientos del proyecto, cambiando configuraciones de red, cables y estructuras que sean necesarias.
4. Elaborar informe, donde se incluirán los cálculos realizados.
5. Concluir.

5. Resultados y análisis

Se dio cumplimiento al objetivo general del proyecto, realizando el apoyo en el área de diseño en la empresa Energizando S.A.S. Además, se adquirieron conocimientos y conceptos que ayudaron a realizar de manera correcta dichos diseños, conforme los requerimientos de la empresa Air-e y la normativa vigente en el país. A continuación, se hará un resumen de un proyecto específico y las actividades realizadas para su desarrollo, teniendo en cuenta que, este mismo procedimiento se realizó en los diferentes barrios de las ciudades mencionadas anteriormente.

5.1. Especificaciones del proyecto

Los proyectos realizados se definieron por barrio y a su vez por transformador, es decir, cada transformador, correspondía a un proyecto específico, donde se tuvo como insumo la capacidad del transformador existente, la cantidad de usuarios, el plano con las redes de media y baja tensión existentes y el rango (estrato) del sector donde se encontraba el transformador. Para cada rango fue asignado un valor de kW por usuario, esto se usó para el dimensionamiento de los nuevos transformadores, tomando para el diseño la potencia inicial en Kw, como se muestra en la figura 6.

Rango	Consumo promedio (kWh/mes)	Potencia inicial (kW)	Tasa Anual de crecimiento (%)	Potencia de Diseño (kW)
Bajo Bajo	De 105 a 144	1.00	2.0	1.35
Bajo	De 145 a 189	1.20	2.0	1.62
Medio	De 190 a 279	1.70	1.0	1.97
Medio Alto	De 280 a 379	2.20	1.0	2.55
Alto	De 380 a 660	3.80	1.0	4.41

Figura 6. Cargas de diseño.

La empresa contratante Air-e, dio a Energizando S.A.S las siguientes notas para la realización de los diseños de las redes de media y baja tensión:

- * Los vanos entre postes primarios debían ser inferiores a 40m.
- * Las acometidas desde el transformador o caja concentradora debían ser inferiores a 60m, teniendo en cuenta que podían existir excepciones, las cuales requerían validación.
- * La red de media tensión (MT) llevó cable AAAC 123.3.
- * Los postes de primarios fueron de 12 m y los secundarios de 9 m.
- * Todos los postes en mal estado debían ser reemplazados.
- * Los transformadores usados en los proyectos fueron nuevos y de capacidades de 15 kVA, 25 kVA y 37,5 kVA.
- * Para las acometidas se usó cable concéntrico calibre N°6.

- * Indicación de la ubicación y el número del cortacircuito que protegía el ramal que alimentó los transformadores proyectados.
- * En los casos en los que no fue posible cumplir con las distancias de seguridad se hicieron notas de desviación a la NTC2050 y RETIE.
- * No se podían hacer cruces de vía en la troncal con la red de baja tensión (BT). No se podían instalar transformadores, ni cajas concentradoras debajo de la matriz; los transformadores que estuvieran ubicados debajo de la matriz se trasladaron y los transformadores particulares no fueron modificados en el diseño.
- * Se permitió el uso de postes de 9m debajo de la matriz y solo podían llevar la red chilena (mensajero), esto para los usuarios que estaban ubicados a los lados de la matriz.
- * Se consideraron reservas en las cajas concentradora (según la ciudad donde se realizó el diseño, se tenían un número diferente de reservas), teniendo en cuenta que estas contaban con 8 puestos o espacios, donde un usuario de 120V ocupaba 1 puesto, mientras que un usuario de 240V ocupada 2 puestos.
- * Se eliminaron los transformadores en paralelo, es decir, debía haber un transformador por poste.
- * Cada poste podía tener máximo 4 cajas concentradoras. Los postes que tuvieran transformador y 3 o 4 cajas concentradoras deberían tener una carga mecánica de 1324 daN
- * En los puntos en los que la red de media tensión se derivaba en más de 3 ramales, no se permitió instalar cajas concentradoras ni

transformadores. En los puntos en los que la red de MT se derivaba en tres ramales, formando una T, se pudo instalar máximo un transformador y dos cajas concentradoras.

- ✿ En los puntos en los que la red de MT se derivó en más de dos ramales, y que por lo tanto se debía poner doble armado (2 normas), no se usaron los dos en tipo bandera, en estos cruces siempre se usó un armado tipo bandera y el otro horizontal.

La empresa contratante también definió las convenciones a usar en el desarrollo del proyecto, estas se muestran en la figura 7.

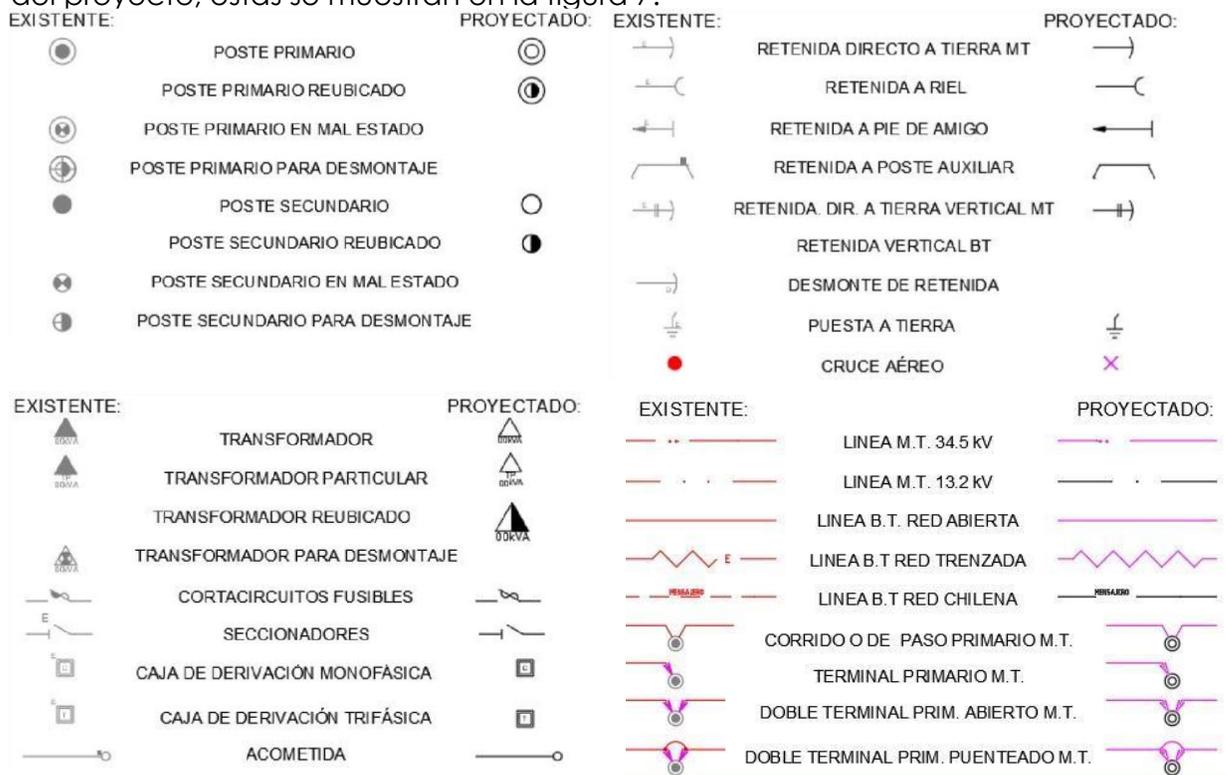


Figura 7. Convenciones del proyecto

5.2. Planos eléctricos y procedimiento

El proyecto específico que se va a desarrollar se encuentra en el departamento de Magdalena, en la ciudad de Santa Marta, en el barrio Gaira. Como se mencionó anteriormente, un proyecto específico corresponde a un transformador, sin embargo, se tuvo comunicación con los diseñadores de los proyectos adyacentes, ya que, muchas veces se requirió la continuación de las redes de media y baja tensión, por eso, se

mostrará el esquema general de la división de los proyectos en el barrio Gaira.

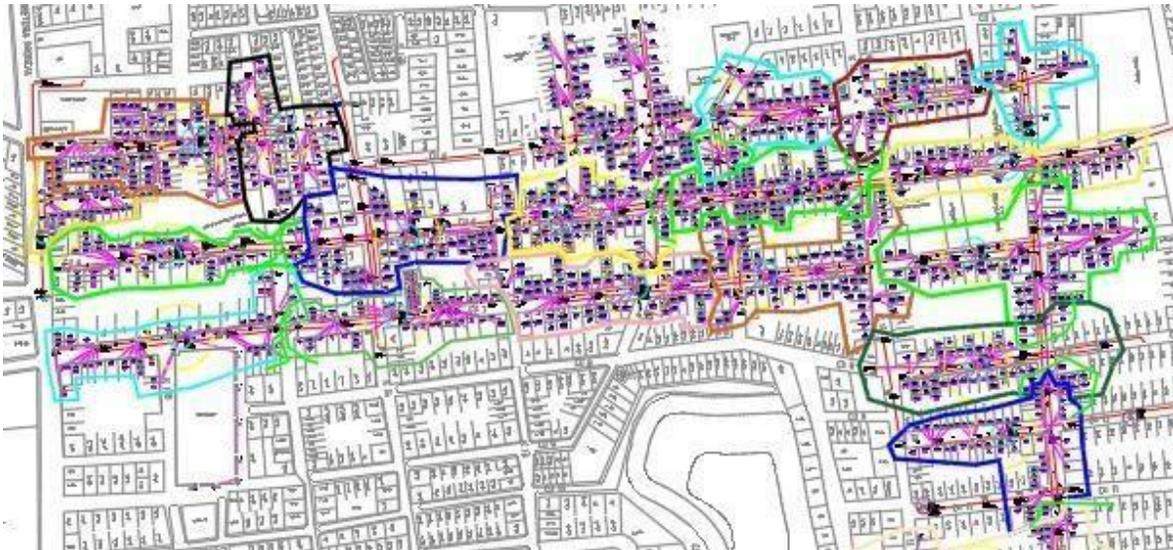


Figura 8. Divisiones de proyectos por barrio.

En la figura 8 se ven las divisiones de cada proyecto específico, donde en cada una se encuentran los usuarios alimentados por cada transformador. En ciertos casos, estas divisiones requerían que se añadieran o quitaran usuarios de cada proyecto, esto para tener la mejor organización de los usuarios a la hora de realizar los diseños.



Figura 9. Proyecto específico asignado.

La figura 9 corresponde a un proyecto específico, el cual se nombró como M5341. Este contaba con 65 usuarios, era de rango 3 y estaba alimentado por la red matriz llamada GAIRA. En este plano se ve la red existente de media y baja tensión y como se alimentan los usuarios de ese transformador.

Para iniciar con el nuevo diseño se tuvieron en cuenta diferentes aspectos como los siguientes:

- * Se validó que los vanos de los postes de media tensión existentes tuvieran longitud de 40m, esto se debía cumplir siempre que se fuera a proyectar red chilena. Lo segundo fue actualizar las convenciones de los postes, ubicando los postes proyectados tanto primarios como secundarios, usando la convención de poste a desmontar si había postes en mal estado, no cumplía con la carga mecánica obligatoria o si no cumplían con vanos de 40m. la nomenclatura usada para los postes fue: EPP0XX, estructura primaria proyectada; EPE0XX, estructura primaria existente; ESP0XX, estructura secundaria proyectada y ESE0XX, estructura secundaria existente, siendo XX el número asignado para casa apoyo o poste.

En los casos donde hubiera postes en buen estado que no cumplieran la distancia, se tenía la opción de reutilizarlo, pero esta no se llevó a cabo ya que en el desmontaje se podrían ocasionar daños en el mismo, por lo que siempre se optó por usar postes nuevos en esos casos. A cada poste se le asignó un número.

- * Basados en el rango donde se encontraba el transformador, se determinaron la cantidad de transformadores que se usaron en el proyecto, teniendo en cuenta que la carga debía ser mínimo del 70% y máximo 102%. Para la ubicación de estos, se buscó el centro de carga del grupo de usuarios que iba a alimentar. Para el proyecto se proyectaron los 4 transformadores descritos en la tabla 1:

CUADRO DE CARGAS PROYECTADO			
CAPACIDAD (KVA)	CANTIDAD DE TRANSFORMADORES	CANTIDAD DE SUMINISTROS POR TRANSFORMADOR	CARGABILIDAD
TP001-37,5	1	20	90,6%
TP002-37,5	1	19	86,1%
TP003-37,5	1	17	77,06%
TP004-15	1	9	102%

Tabla 1. Cuadro de cargas proyectado.

- * Partiendo de la ubicación de los transformadores, se ubicaron las cajas concentradoras, a las cuales se le asignó un número y una cantidad de usuarios, teniendo en cuenta el número de reservas que se debían dejar (para este proyecto se debían dejar 2 reservas por caja concentradora) y la distancia de las acometidas que debía ser menor a 60m.

- * En el plano proyectado, se actualizó la información de los usuarios, como el calibre de la acometida, número de transformador que lo alimenta y número de la caja concentradora al que pertenece. Además, se proyectaron las redes correspondientes (media tensión, chilena, configuración especial) y acometidas; se proyectaron las retenidas correspondientes y puesta a tierra (todos los postes debían estar aterrizados).

5.3. Memoria de cálculo

En las memorias de cálculo de los proyectos se encuentran toda la información consolidada de los mismos mediante los anexos, de los cuales, se hablará a continuación.

5.3.1. Cajas concentradoras

En el anexo de cajas concentradoras se presentó un resumen del diseño del proyecto, el cual contenía lo siguiente:

TRANSFORMADOR	PROYECTO	APOYO	EQUIPOS	COORDENADAS UBICACIÓN DE TRANSFORMADORES		ESTADO VISUAL	TIPO CONFIGURACIÓN (ESPECIAL O CHILENA)	TOTAL USUARIOS
				X	Y			
TP001	MT-M5341	EPE094	37,5kVA 2F	584734.00	1237409.00	NUEVO	CHILENA	20
TP002	MT-M5341	EPE078	37,5kVA 2F	584774.00	1237412.00	NUEVO	CHILENA	19
TP003	MT-M5341	EPP002	37,5kVA 2F	584796.00	1237394.00	NUEVO	CHILENA	17
TP004	MT-M5341	EPE074	15kVA 2F	584791.00	1237427.00	NUEVO	CHILENA	9
								65

Figura 11. Información transformadores proyectados.

la información de la figura 11 hace referencia a el transformador proyectado.

# APOYO_1	CANT. GABINETES	2H	3H	4H	Espacios libres	Tipo Herraje	# APOYO_2	CANT. GABINETES	2H	3H	4H	Espacios libres	Tipo Herraje
EPE094	2	7	4		1	Doble 3 ó 4 cajas	EPE093	2	2	7		0	Doble 3 ó 4 cajas
EPE078	2	3	5		3	Doble 3 ó 4 cajas	EPP001	2	7	4		1	Doble 3 ó 4 cajas
EPP002	4	8	9		6	Doble 3 ó 4 cajas						0	
EPE074	2	4	5		2	Sencillo 2 cajas							
10		22	23	0	12		4		9	11	0	1	

Figura 12. Información de cajas concentradoras proyectadas.

En la figura 12, se muestra el resumen de la ubicación de las cajas concentradoras, indicando el número de usuarios asignados, tanto de 120V (2H), como de 240V (3H), los espacios libres en cada caja y el tipo de herraje para ese poste.

5.3.2. Cálculo económico

En el cálculo económico se encuentran las pérdidas en el conductor de la acometida, esto dependiendo de la capacidad del transformador, por eso se tiene un cálculo diferente para transformadores de 37,5 kVA, 25 kVA y 15 kVA. Hay información como el cálculo de la corriente por el conductor, cálculo de la potencia disipada en el conductor y cálculo de las pérdidas de energía. En la figura 13 se muestra dicho cálculo para un transformador de 15 kVA como ejemplo.

CÁLCULO DE LAS PERDIDAS EN EL CONDUCTOR DE ACOMETIDA		
ECUACION DE REFERENCIA PARA EL CÁLCULO		
$P = I^2 R_c d$		
P: Potencia de pérdida.		
I: Corriente por el conductor.		
R _c : Resistencia del conductor.		
d: Distancia.		
ALIMENTADOR O ACOMETIDA: TP004-MT M5341.B/GAIPA		
CÁLCULO DE LA CORRIENTE POR EL CONDUCTOR		
DESCRIPCION	UNIDADES	VALOR
TENSIÓN	V	240
FASES	SIN	1
POTENCIA DE LA CARGA	kW	15
CORRIENTE POR EL CONDUCTOR DE FASE	A	41,64
CÁLCULO DE LA POTENCIA DISIPADA EN EL CONDUCTOR		
DESCRIPCION	UNIDADES	VALOR
CANTIDAD DE CONDUCTORES EN PARALELO	UNIDAD	1
CALIBRE	SIN	10 AWG
RESISTENCIA DEL CABLE	OHMIOS/METRO	0,000386
DISTANCIA	m	10
RESISTENCIA TOTAL DEL TRAMO	ohmios	0,00386
POTENCIA TOTAL DISIPADA EN LOS CABLES	kW	0,01
CÁLCULO DE LAS PERDIDAS DE ENERGÍA		
DESCRIPCION	UNIDADES	VALOR
TIEMPO DE OPERACIÓN CON LA CARGA TOTAL CALCULADA.	HORAS/MES	220
COSTO DEL K.W-H	\$/K.W-H	450
COSTO DE LA ENERGÍA TOTAL CALCULADA	\$/MES	1.485.000
COSTO DE LAS PERDIDAS DE ENERGÍA	\$/MES	1.325
PORCENTAJE DE PERDIDAS	%	0,09%
CONSIDERACIONES PARA EL CÁLCULO:		
(1) LAS HORAS DE OPERACIÓN SON ASUMIDAS.		
(2) LOS VALORES DEL K.W-H SON ESTIMADOS		

Figura 13. Cálculo de las pérdidas en el conductor.

5.3.3. Matriz de riesgo

La Matriz de Riesgos es una herramienta de gestión que permite determinar objetivamente cuáles son los riesgos relevantes para la seguridad y salud de los trabajadores que enfrenta una organización. Su llenado es simple y requiere del análisis de las tareas que desarrollan los trabajadores (Prevención laboral Rímac,

2019). Este anexo contiene la matriz de riesgo para los temas como arco eléctrico, contacto directo, contacto indirecto, cortocircuito y rayos. En la figura 14 se muestra un ejemplo de matriz de riesgo hecha para el proyecto.

FACTOR DE RIESGO POR ARCOS ELÉCTRICOS										
POSIBLES CAUSAS: En el desarrollo de la instalación eléctrica se pueden presentar quemaduras eléctricas por malos contacto , cortocircuitos.										
MEDIDAS DE PROTECCIÓN: Utilizar avisos de precaución, tableros bien cerrados y debidamente rotulados.										
RIESGO A EVALUAR:		Introducción o quemadura por Arcos Eléctricos (al) o (en)			Barrio Gaira					
		EVENTO O EFECTO			FACTOR DE RIESGO (CAUSA)			FUENTE		
POTENCIAL		REAL			FRECUENCIA					
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E No ha ocurrido en el sector	D Ha ocurrido en el sector	C Ha ocurrido en la Empresa	B Sucede varias veces al año en la Empresa	A Sucede varias veces al mes en la Empresa
	Una o mas muertes E5	Daños en infraestructura o 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	MEDIO	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 E2	Efecto menor	Local E2	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves, No Interrupción	Sin efecto E1	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
	Evaluador:		MP:			FECHA:			mar-20	

Figura 14. Ejemplo de matriz de riesgo.

5.3.4. Medida de resistividad

En el este anexo se encuentra información sobre la medida de resistividad del suelo de la zona de se encuentra en transformador. Se tomaron diferentes medidas de la zona y se realizó un promedio de estos valores, dependiendo del valor encontrado, se procedía a determinar cuál tipo de puesta a tierra se usaría, así:

Tipo de electrodo	Configuración		Columna A Valores máximos de resistividad aparente del terreno ($\rho = \Omega m$)
	Nombre	Diagrama	
CopperClad Steel	Electrodo de Difusión Vertical		28
	Anillo ($r = 1,0m$)		58,6
	Cuadrada con 4 electrodos de difusión (lado $d = 3m$)		84
Acero Austenítico	Electrodo de Difusión Vertical		28

Figura 15. Configuración de puesta a tierra.

Para el proyecto M5341 se tomaron los siguientes valores:

ESTUDIO DE RESISTIVIDAD DEL SUELO			
PROYECTO	GAIRA	BARRIO	Gaira
MT	M5341	CT	A030102
DIRECCION	Calle 6# 13 - 73	ESTADO DEL TERRENO	Seco
CIUDAD	Santa Marta, Magdalena.	TIPO DE SUELO	Tierra/Padimento
EMPRESA	Energizando SAS	METODO DE MEDICION	Wenner
INSTRUMENTO	Telurometro UNI-T	OPERADOR	Ing Iván Salcedo Fontalvo
REFERENCIA	UT523A EARTH- ρ TESTER	FECHA DE PRUEBA	5/01/2021
SERIAL No.	30360057	FECHA DE CALIBRACION	2/07/2020
SEPARACION		ρ ($\Omega \cdot m$)	
m		N - S	E - O
1		6,58	
2		2,13	
4		7,79	
6		7,16	
8		8,54	
PROMEDIO		6,44	
REGISTRO FOTOGRAFICO			
			

Figura 16. Medidas de resistividad del proyecto.

Por los valores encontrados en el proyecto M5341, se determinó que la configuración óptima estuvo conformada por un electrodo de difusión vertical.

5.3.5. Regulación de baja tensión

Este anexo daba la caída de tensión en los sistemas monofásicos, con conductor de cobre. Se tuvo en cuenta la capacidad de transformador, la tensión del sistema, el calibre del cable y la longitud del circuito.

En cuanto a la longitud del circuito, para los transformadores que se encontraban en el poste junto con las cajas concentradoras y estos abarcaran todos los usuarios, se usó la longitud de 10m, que corresponde a los conductores que van desde el transformador hasta la caja concentradora. En los casos en los que las cajas concentradoras estuvieran ubicadas en un apoyo diferente al del transformador, se sumaba la distancia del vano a la longitud del circuito y para el valor de la carga, se tomaba la cantidad de usuarios alimentados por dicha caja y se multiplicaba por el kW por usuario. En la figura 17 se tiene un ejemplo del anexo:

Caída de tensión sistemas Monofasicos (Conductor de cobre)		
Carga:	15000 VA	15 kVA
Longitud del circuito:	10 m	
Tensión del sistema	240 V	
FP:	0,9	
Calibre del Cable:	1/0	< > 1 Cond. por fase
Material de la tubería:	<input type="text"/>	
R:	0,39 OHM/kM	
X:	0,18 OHM/kM	
		$k = \frac{(r \times \cos\theta + x \times \text{sen}\theta)}{5 \times kV^2}$
		$k = 0,0014$
		$\Delta V(\%) = (kVA \times m) \times k$
Caída de tensión:	$\Delta V(\%) = 0.22$	
Voltaje Final:	239.46 V	

Figura 17. Regulación en baja tensión.

5.3.6. Regulación de media tensión

Corresponde a la regulación acumulada que se encuentra al hacer el recorrido de los apoyos primarios desde la conexión de la red matriz hasta el último poste, como se muestra en la figura 18:

TABLA 1.2.1.3.1 CALCULOS DE REGULACION MT											
PROYECTO:	M5341 BARRIO GAIRA					FECHA:	8/03/2021				
MUNICIPIO:	SANTA MARTA					DISENO:					
REG MAX (%):	5					DEMANDA MAX (KVA):	127,5				
FP:	0,9					PERDIDA MAX (%KW):	0,0020				
REG (%):	0,00237										
PROYECTO: B9766 BARRIO 11 DE NOVIEMBRE						Tipo de Subestación:	Trifasica		V (L - N)	7621	
								V (L - L)	13200		
DESCRIPCION	LONG (KM)	D. MAX (M)	CORRIENTE (A)	F.P.	CONDUCTOR			TIPO DE ESTRUCTURA	REGULACION		
					MATERIAL	CALIBRE	CANT		K	PARCIAL	ACUM.
EPE094 - EPE093	0,0210	81,0	3,54	0,9	AAAC	123,3	3	Bandera	0,0004775	0,00081	0,00081
EPE093 - EPE077	0,0310	47,3	2,30	0,9	AAAC	123,3	3	Bandera	0,0004775	0,00070	0,00151
EPE077 - EPP002	0,0210	47,3	2,30	0,9	AAAC	123,3	3	Bandera	0,0004775	0,00047	0,00199
EPP002 - EPE075	0,0220	13,5	,66	0,9	AAAC	123,3	3	Bandera	0,0004775	0,00014	0,0021273
EPE075 - EPE074	0,0370	13,5	,66	0,9	AAAC	123,3	3	Bandera	0,0004775	0,00024	0,00237

Figura 18. Regulación en media tensión.

5.3.7. Cálculos mecánicos

Este anexo se construyó a partir de los tramos de la red de media tensión, siendo un tramo, una secuencia de postes, que no tengan entre sí, un ángulo mayor a 90°. Este anexo se hizo con el fin de obtener toda la información mecánica de los postes de la red de MT. La información de ubicación geográfica incluyó todas las coordenadas de los postes proyectados, el documento arrojó el ángulo entre cada poste y a partir de esa información se determinó el tipo de apoyo. Con ese resultado y con la figura 2 acerca de la codificación de las estructuras en MT, se determinó la norma de armado del poste. A continuación, un ejemplo de lo anterior: si se tenía disposición tipo bandera, la red de MT era trifásica y el documento arrojaba tipo de apoyo alineación (AL) con ángulo menos a 5°, la norma de MT para ese poste era MT-132.

Los postes de MT, dependiendo del diseño, también podrían llevar normas de BT, como la configuración especial y chilena. Las normas de los postes secundarios se determinaron con la figura 3; en el documento también se incluyó la carga que llevaba cada apoyo (transformador y cajas concentradoras). A partir de la información suministrada, el documento dio información completa sobre los esfuerzos mecánicos que tuvieron los postes, además del valor de carga mecánica de cada poste de MT.

En la figura 8 del plano proyectado, se encontró que en el proyecto M5341 había 2 tramos conformados de la siguiente manera:

TABLA ANEXA 1. TIPOS DE APOYO																					
PROYECTO ELECTRIFICACIÓN BARRIO GAIRA - TRAMO N°1 - CIRCUITO GAIRA - MT - M5341																					
Ang	Armado Sugerido (daN)	Apoy Sugerido (kg)	No. Apoyo	Tipo de Apoyo	Altura Poste	CARGA ROTURA				ARMADOS MT				PESOS ADICIONALES EN EL APOYO			ZONA POR VELOCIDAD DE VIENTO		ZONA POR CONTAMINACION		
						Kg	daN	No. Postes Soportan Esfuerzo	Total (daN)	Posición Armado Poste	No. Fases Armado	Tipos de Esfuerzos Adicionales	Nivel de Tensión del Último Armado	Trafo 1	Trafo 2	Interruptor	ZONA POR VELOCIDAD DE VIENTO	CODIGO	ZONA POR CONTAMINACION	CODIGO AISLADOR	
180.0	FL	1.350	EPE094	FL	12	1050		1	1.029,41	1	3		-	1	37,5-2	2C8CD		AURBANA	2	ALTA	2
3.8	AL	510	EPE093	AL	12	750		1	735,29	1	3		-	1		2C8CD		AURBANA	2	ALTA	2
2.1	AL	510	EPE077	AL	12	750		1	735,29	1	3		-	1				AURBANA	2	ALTA	2
2.0	AL	510	EPP002	AL	12	1350		1	1.323,53	1	3		-	1	37,5-2	4C8CD		AURBANA	2	ALTA	2
2.9	AL	510	EPE075	AL	12	750		1	735,29	1	3		-	1	37,5-2			AURBANA	2	ALTA	2
180.0	FL	1.350	EPE074	FL	12	1050		1	1.029,41	1	3		-	1	15-2	2C8CD		AURBANA	2	ALTA	2

Figura 19. Cálculos mecánicos tramo 1.

TABLA ANEXA 1. TIPOS DE APOYO																					
PROYECTO ELECTRIFICACIÓN BARRIO GAIRA - TRAMO N°2 - CIRCUITO GAIRA - MT - M5341																					
Ang	Armado Sugerido (daN)	Apoy Sugerido (kg)	No. Apoyo	Tipo de Apoyo	Altura Poste	CARGA ROTURA				ARMADOS MT				PESOS ADICIONALES EN EL APOYO			ZONA POR VELOCIDAD DE VIENTO		ZONA POR CONTAMINACION		
						Kg	daN	No. Postes Soportan Esfuerzo	Total (daN)	Posición Armado Poste	No. Fases Armado	Tipos de Esfuerzos Adicionales	Nivel de Tensión del Último Armado	Trafo 1	Trafo 2	Interruptor	ZONA POR VELOCIDAD DE VIENTO	CODIGO	ZONA POR CONTAMINACION	CODIGO AISLADOR	
180.0	FL	1.350	EPE078	FL	12	1050		1	1.029,41	1	3		-	1	37,5-2	2C8CD		AURBANA	2	ALTA	2
3.9	AL	510	EPP001	AL	12	750		1	735,29	1	3		-	1		2C8CD		AURBANA	2	ALTA	2
2.3	AL	510	EPE083	AL	12	1050		1	1.029,41	1	3		-	1	37,5-2			AURBANA	2	ALTA	2
180.0	FL	2.500	EPP003	FL	12	750		1	735,29	1	3		-	1				AURBANA	2	ALTA	2

Figura 20. Cálculos mecánicos tramo 2.

5.4. Resumen general

Como se mencionó anteriormente, el procedimiento antes descrito, se realizó en varios proyectos específicos, en diferentes ciudades y departamentos. En la tabla 2 se muestra un resumen general de los proyectos realizados:

DEPARTAMENTO	CIUDAD	BARRIO	PROYECTO	N° USUARIOS
Magdalena	Santa marta	Manzanares	C1840	46
Magdalena	Santa marta	Manzanares	C1856	84
Magdalena	Santa marta	11 de noviembre	AV645/AV536	147
Guajira	Maicao	José Boscán	M6432	57
Guajira	Maicao	José Boscán	5862U	62
Guajira	Maicao	José Boscán	5855U	77
Guajira	Maicao	José Boscán	2967U	46
Magdalena	Santa marta	Gaira	C3730	72
Magdalena	Santa marta	Gaira	C5157	49
Magdalena	Santa marta	Gaira	C4493	84
Magdalena	Santa marta	Gaira	P1413	92
Magdalena	Santa marta	Gaira	M5341	65
Magdalena	Santa marta	11 de noviembre	Urb. Garagoa	419

Tabla 2. Resumen de proyectos realizados.

6. Conclusiones

- ✿ Con el presente informe se logró presentar el resumen del trabajo realizando en el área de diseño de redes de media y baja tensión como practicante en la empresa Energizando S.A.S.

- ✿ Se logran cumplir los objetivos planteados en el proyecto, tales como la familiarización con el proyecto, la elaboración de los planos en AutoCAD y elaborar los cálculos correspondientes para el buen desarrollo de los proyectos.

- ✿ Se aplicó la reglamentación vigente y las especificaciones dadas por la empresa contratante para el desarrollo de los proyectos.

- ✿ Se mejoró el manejo del Software AutoCAD, gracias a la realización de los diseños. Además, reforzamos los conocimientos en cuanto al desarrollo de diseños de redes de media y baja tensión, con una teoría diferente, como la es la implementación de cajas concentradoras.

- ✿ Se adquirió una perspectiva diferente sobre la vida profesional y académica, entendiendo como se complementan entre sí. Mediante la experiencia de la práctica profesional en la modalidad virtual, se fortalecieron las habilidades blandas debido a la comunicación en el desarrollo de los proyectos.

7. Referencias Bibliográficas

- [1] AIR-E. (2020). *Especificaciones técnicas de diseño*. Barranquilla.
- [2] ENEL. (12 de abril de 2020). *enel, codensa-emgesa*. Obtenido de www.enel.com.co.
- [3] TEMAS PARA LA EDUCACIÓN. (15 de julio del 2011). Federación de la enseñanza. Obtenido de <https://www.feandalucia.ccoo.es/docu/p5sd8567.pdf>.
- [4] MATRIZ DE RIESGO. (2020). RIMAC. Obtenido de <http://www.prevencionlaboralrimac.com/Herramientas/Matrizriesgo#:~:text=La%20Matri z%20de%20Riesgos%20es,tareas%20que%20desarrollan%20los%20trabajadores>.
- [5] Ministerio de Minas y Energía. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas **RETIE**. Bogotá, Colombia: Ministerio de Minas y Energía, 2008.

8. Anexos

- * Memorias de cálculo del proyecto M5341.