



PROYECTO: DISEÑO REDES DE  
DISTRIBUCIÓN BARRIO JUAN BAUTISTA  
FORERO-SAN JUAN DEL CESAR-GUAJIRA

SERGIO MANUEL BRITO GARCIA  
MARIA CAMILA CALA QUINTERO  
COD: 2154179  
COD: 2154190  
TEL: 3185349320  
SERGIO.BRITO@CORREO.UIS.EDU.CO  
MARIA.CALAQUINTERO4@CORREO.UIS.EDU.COM

**PROPIETARIO:**

SECRETARIA DE PLANEACIÓN MUNICIPAL SAN JUAN DEL CESAR  
NIT: 892.115.179-0

**OBJETO:**

MEMORIAS DE CÁLCULO-DISEÑO DETALLADO

**PROYECTISTAS:**

SERGIO MANUEL BRITO GARCIA  
CANDIDATO A INGENIERO ELECTRICISTA  
COD: 2154179  
MARIA CAMILA CALA QUINTERO  
CANDIDATA A INGENIERO ELECTRICISTA  
COD: 2154190

BUCARAMANGA-SANTANDER  
MAYO 2022

## CONTENIDO

1. RESUMEN DEL PROYECTO .....	5
2. SECTOR O ESTRATO: .....	5
3. NÚMERO DE USUARIOS .....	5
4. DEMANDA MÁXIMA .....	5
5. TRANSFORMADOR.....	5
6. TIPO DE SUBESTACIÓN.....	5
7. CONEXIÓN EN M.T.....	5
9. EQUIPO DE MEDIDA .....	6
10. ANÁLISIS Y CÁLCULOS COMPLEMENTARIOS SEGÚN RETIE .....	6
A. ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS.....	6
B. ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.....	8
C. ANÁLISIS DE CORTO CIRCUITO Y FALLA A TIERRA. .....	10
D. ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.....	11
E. ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS .....	12
F. ANÁLISIS DEL NIVEL DE Tensión REQUERIDO.....	15
G. CÁLCULOS DE CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS.....	16
H. CÁLCULOS DE TRANSFORMADORES INCLUYENDO LOS EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA .....	17
I. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.....	19
J. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES.....	22
K. VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES IEC 60909.....	23
L. CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y ELEMENTOS DE SUJECCIÓN.....	24
M. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES.....	40
N. CÁLCULOS DE CANALIZACIONES .....	42
O. CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA .....	43
P. CÁLCULO DE REGULACIÓN .....	45
Q. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS.....	48
R. ELABORACIÓN DE DIAGRAMA UNIFILARES .....	49
S. PLANOS Y ESQUEMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN.....	50
T. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS .....	51
U. DISTANCIAS DE SEGURIDAD REQUERIDAS .....	52
V. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE DESVIACIÓN DE LA NTC 2050 CUANDO SEA	



PROYECTO: DISEÑO REDES DE  
DISTRIBUCIÓN BARRIO JUAN BAUTISTA  
FORERO-SAN JUAN DEL CESAR-GUAJIRA

SERGIO MANUEL BRITO GARCIA  
MARIA CAMILA CALA QUINTERO  
COD: 2154179  
COD: 2154190  
TEL: 3185349320  
SERGIO.BRITO@CORREO.UIS.EDU.CO  
MARIA.CALAQUINTERO4@CORREO.UIS.EDU.COM

PERMITIDO, SIEMPRE Y CUANDO NO COMPROMETA LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS O DE LA INSTALACIÓN .....	53
W. LOS DEMÁS ESTUDIOS QUE EL TIPO DE INSTALACIÓN REQUIERA PARA SU CORRECTA Y SEGURA OPERACIÓN, TALES COMO CONDICIONES SÍSMICAS, ACÚSTICAS, MECÁNICAS O TÉRMICAS.....	54



## OBJETIVO

Este documento se presenta los análisis eléctricos correspondiente, al proyecto Diseño de las redes de distribución de energía eléctrica para el barrio Juan Bautista Forero de San Juan del Cesar en la Guajira, donde se plasman de manera específica los ítems del A hasta W, del artículo 10.1.1 Diseño detallado del reglamento de Instalaciones Técnicas – RETIE 2013.

Es de recordar que cada ítem es de carácter obligatorio, por lo que presentaran argumentos en caso de que por el tipo de instalación no apliquen.



## 1. RESUMEN DEL PROYECTO.

**Proyecto:** Diseño de las redes de distribución de energía eléctrica para el barrio Juan Bautista Forero De San Juan Del Cesar En La Guajira.

**Propietario:** Secretaría de planeación municipal San Juan del Cesar

**Municipio:** San Juan del Cesar, Guajira

**Ubicación:** Barrio Juan Bautista Forero

**Descripción:** Proyecto conectado por M.T.

Red de M.T., Centros de transformación, SPT, Red de B.T., Caja de derivación de acometida, Acometida, según el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) y la Norma Técnica Colombiana 2050 (NTC 2050).

## 2. SECTOR O ESTRATO:

Residencial, estrato uno.

## 3. NÚMERO DE USUARIOS:

642 usuarios.

## 4. CARGAS DE DISEÑO Y DEMANDA MÁXIMA DE USUARIO:

Las cargas de diseño para la vivienda tipo se calcularán de acuerdo con lo expuesto en la NTC 2050 y siguiendo lo expuesto el capítulo 6 del proyecto tipo líneas eléctricas aéreas trenzadas de baja tensión del operador de red Air-e, por lo cual:

La vivienda tipo, estrato 1 cuenta con un área de  $45m^2$  y dos aires acondicionados de 9000 BTU para circuitos especiales.

Circuito de iluminación:  $45m^2 * 32 VA/m^2 = 1440 VA$ .

Circuito de lavado/planchado: 1500 VA.

Circuito de cocina: 1500 VA.

Circuitos especiales:  $2 * 800 VA = 1600 VA$ .

5104 VA. Cálculo realizado con método de la NTC 2050.

## 5. TRANSFORMADOR:

El proyecto consta de 13 transformadores de distribución con una capacidad de 112.5 kVA.

## 6. TIPO DE SUBESTACIÓN:

El proyecto presenta conexión directa a la red de M.T del OR.

## 7. CONEXIÓN EN M.T:

Se contempla realizar la conexión de la red de M.T diseñada con la red existente.

## 9. EQUIPO DE MEDIDA

Se proyecta instalar un medidor electrónico de energía activa monofásico trifilar para cada uno de los 642 usuarios presentes.

## 10. ANÁLISIS Y CÁLCULOS COMPLEMENTARIOS SEGÚN RETIE.

A continuación, se presentan cálculos u observaciones referentes a los tópicos requeridos en el RETIE según resolución #90708 de agosto 30 de 2013.

Basándonos en el RETIE numeral 10.1.1 y en sus notas:

**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.

Se procede a desarrollar este numeral.

### A. ANÁLISIS Y CUADROS DE CARGAS INICIALES Y FUTURAS.

El análisis de cargas es fundamental en un proyecto de tipo eléctrico, ya que este análisis permite realizar el dimensionamiento de los elementos presentes en el sistema y dar finalidad al objetivo del presente proyecto. Para el análisis de carga en la zona se basó en sus requerimientos por estrato socioeconómico y por los requerimientos de diversificación presentados por el operador de red presente en la zona.

- Cuadro de Cargas

En la Tabla 1, se presenta el resumen de las cargas presentes en el proyecto se muestran las características de la acometida aérea monofásica bifilar para un usuario tipo, dado que el proyecto cuenta con una gran cantidad de usuarios (642 usuarios), estas características las tendrán todos los usuarios del proyecto.

Acometida aérea monofásica trifilar	Conductor concéntrico antifraude
Demanda máxima por usuario [VA]	5104
Número de usuarios	1
Demanda total [kW]	4,59
Voltaje de Línea [V]	240
Corriente de Línea [A]	19,14
Corriente 125% [A]	23,93

Conductor Cu [AWG]	Cu 3x#8
Capacidad de Conductor a 60°C [A]	55
Longitud [m]	20
FP	0,9
Momento [VA*km]	0,091872
K	9,4658
Resistencia Eléctrica CA a 90°C ( $\Omega/\text{km}$ )	2,64
Regulación Total [%]	0,87
Pérdida de Potencia [%P]	2,0

**Tabla 1. Cargas presentes en el proyecto.**

- Análisis de Armónicos

Tomando como referencia lo estipulado en la IEEE 519 de 1992, las principales fuentes de armónicos para una instalación eléctrica son los siguientes:

- Convertidores
- Hornos de arco.
- Compensador de VAR estático.
- Inversores monofásicos.
- Inversores trifásicos.
- Controles de fase electrónicos.
- Ciclo convertidores.
- Variadores de modulación con ancho de pulso.

Como en el presente proyecto no se cuenta con este tipo de cargas por lo tanto los efectos de dichos armónicos se consideran despreciables.

## B. ANÁLISIS DE COORDINACIÓN DE AISLAMIENTO ELÉCTRICO.

La coordinación de aislamiento eléctrico se basa en la relación existente en los esfuerzos necesarios por parte de los elementos aislantes presentes en el sistema eléctrico con el fin de mejorar la confiabilidad de la red de distribución de energía ya que estas redes están expuestas a fallas de tipo transitorias y permanentes que afectan el suministro de energía eléctrica.

En las redes de M.T. y B.T. que hacen parte de este proyecto la coordinación de aislamiento se centra en la determinación de distancia de fuga que manejan los elementos aisladores conectados a los elementos de la red.

A continuación, se presenta el cálculo de la coordinación de aislamiento para la red de M.T. y B.T.

En la Tabla 2, tomada de la norma ANSI se muestra los niveles de tensión y el nivel básico de aislamiento recomendado, para el presente proyecto se manejará nivel de tensión de 13.2 KV siguiendo la norma ANSI se debe aplicar el siguiente nivel de aislamiento para la tensión ya mencionada.

Tensión Nominal del Sistema (kV rms)	Nivel básico de aislamiento al impulso tipo rayo BIL (kV pico)
5	75
8,25	95
15,5	110
25,8	150
34,5	200

Tabla 2. Niveles de tensión- norma ANSI 1996, tabla 5

### Selección de Aisladores

En la red de distribución los aisladores eléctricos cumplen la función de evitar que la corriente que tiene el conductor de la red se vaya a tierra, por eso que su selección debe considerar lo expuesto en la norma Air-e, en la Tabla 3. La selección de aisladores debe contar con certificado de conformidad por un ente acreditado por la SIC como se establece en el RETIE, Art. 20.1, pág. 86.

Tipo	Descripción	Denominación	Nivel de Contaminación
Tipo PIN	Aislador de polietileno Tipo Pin	ANSI 55-3	Contaminación Normal (1)
		ANSI 55-6	Altamente contaminado (2)
Tipo cadena	Aislador Compuesto Tipo cadena	ANSI DS15	Contaminación Normal (1)
		ANSI DS28	Altamente contaminado (2)

Tabla 3. Aislamiento de acuerdo con los Niveles de contaminación para 13,2 kV- proyecto tipo líneas eléctricas aéreas forradas M.T.-Air-e.



Tomando como referencia las notas expuestas en el proyecto tipo líneas eléctricas aéreas forradas M.T. del operador de red Air-e se tiene que:

- (1) El nivel de contaminación normal corresponde al nivel II de acuerdo con la norma IEC 60815, con una distancia de fuga de 20 mm/kV.
- (2) El nivel altamente contaminado, corresponde al nivel IV de acuerdo con la norma IEC 60815, con una distancia de fuga de 31 mm/kV.

Teniendo en cuenta esto y la topología del municipio de San Juan es un municipio con un grado de contaminación normal correspondiente al nivel II. Para este proyecto se utilizarán aisladores tipo pin ANSI 55-3 considerando lo expuesto en la norma del operador de red para redes eléctricas de 13.2 KV, cada línea contará los aisladores anteriormente mencionados.

### C. ANÁLISIS DE CORTO CIRCUITO Y FALLA A TIERRA.



Para el análisis de cortocircuito y cortocircuito de falla a tierra se presentan las contribuciones del punto de conexión por M.T, las contribuciones de la red de M.T (si existe), las contribuciones de del transformador, las contribuciones de la red de B.T (si existe) y las contribuciones de la acometida.

Para el presente proyectos al no tener información de las contribuciones de las redes existentes, no se tienen en cuenta para el análisis. Solo se tendrán en cuenta las contribuciones en cuanto al transformador y para la contribución del punto de conexión; a criterio de diseñadores una corriente de cortocircuito de 5kA.

A continuación, se presentan los resultados del análisis:

CONTRIBUCIÓN PUNTO DE CONEXIÓN M.T	
Tipo de sistema	3F
<b>I<sub>cc</sub></b> : Corriente de cortocircuito (A)	5000
<b>S<sub>cc</sub></b> : Potencia de cortocircuito en (MVA)	114
<b>V<sub>p</sub></b> : Voltaje de la red en (V)	13200
<b>V<sub>s</sub></b> : Voltaje secundario del transformador en (V)	208
<b>Z<sub>ccH</sub></b> : Imped. de cc.lado de alta en (mΩ)	1524,2
<b>Z<sub>ccH</sub></b> : Imped. de cc.lado de baja en (mΩ)	0,38
CONTRIBUCIÓN DEL TRANSFORMADOR	
<b>ST</b> : Potencia del transformador (kVA)	112,5
<b>V<sub>p</sub></b> : Voltaje Primario en (V)	13200
<b>V<sub>s</sub></b> : Voltaje Secundario en (V)	208
<b>ZT(%)</b> : Impedancia del transformador en (%)	3,5
<b>Z<sub>ccH</sub></b> : Imped. de cc.lado de alta en (mΩ)	54208
<b>Z<sub>ccH</sub></b> : Imped. de cc.lado de baja en (mΩ)	13,46

**Tabla 4. Análisis de corto circuito y falla a tierra.**

 	PROYECTO: DISEÑO REDES DE DISTRIBUCIÓN BARRIO JUAN BAUTISTA FORERO-SAN JUAN DEL CESAR-GUAJIRA	SERGIO MANUEL BRITO GARCIA
		MARIA CAMILA CALA QUINTERO
		COD: 2154179
		COD: 2154190
		TEL: 3185349320
		SERGIO.BRITO@CORREO.UIS.EDU.CO
		MARIA.CALAQUINTERO4@CORREO.UIS.EDU.COM

**Tabla 5. Resultados de cortocircuito sistema 3F**

Nota 1: Las corrientes de cortocircuito del sistema se tendrán presente en el estudio de coordinación de protecciones, y la corriente de cortocircuito simétrica de falla a tierra servirá para el diseño del sistema de puesta a tierra.

#### **D. ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO POR RAYOS Y MEDIDAS DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS.**

El presente proyecto está diseñado para viviendas de dos pisos máximo, donde el nivel de riesgo por rayos es mínimo, por lo tanto, no se considera necesario el análisis de descargas atmosféricas para estas viviendas. No obstante, la red de media tensión que alimentara este proyecto si debe contar con protección ya que tendrá equipos conectados a ella, por tanto, el dispositivo de protección contra sobretensiones garantiza que la red no sufra fluctuaciones graves de energía en caso de una sobre tensión en la misma, siguiendo lo expuesto en la NTC2050 en circuitos de 1 kV y más, tipo punta de carburo de silicio. El valor nominal de un descargador de sobretensiones tipo punta de carburo de silicio no debe ser menor al 125 % de la máxima tensión continua de fase a tierra en el punto de contacto.

Para este proyecto se tiene una tensión de 13,2 KV, por lo tanto, con la restricción propuesta por la NTC2050 se tendrá un DPS de una tensión mínima de 10 kV monofásico y 10kA nominales.

## E. ANÁLISIS DE NIVEL DE RIESGO DE ORIGEN ELÉCTRICO Y MEDIDAS PARA MITIGARLOS.

Siguiendo lo expuesto en el RETIE en su artículo 9 en “Análisis de riesgos de origen eléctrico” se debe acatar los criterios establecidos en las normas sobre la soportabilidad de la energía eléctrica en los seres humanos, por ello es importante conocer los diferentes riesgos a los que se está expuesto en caso de circulación de corriente por el cuerpo como lo detalla la gráfica tomada de la NTC 4120, con referente IEC 60479-2, en la Figura 1, se detallan los efectos de la corriente alterna de 15 HZ a 100HZ.

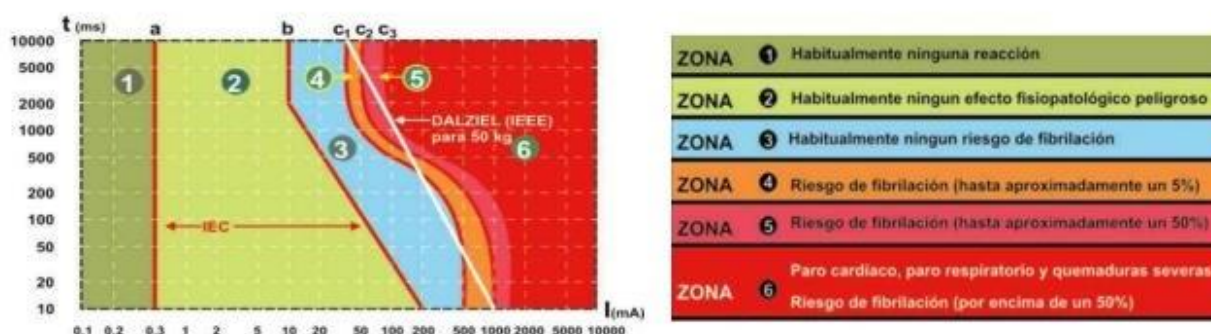


Figura 1. Zonas de tiempo/corriente de los efectos de las corrientes alternas de 15 HZ a 100 HZ-RETIE.

En lo expuesto en el artículo 9 en el RETIE se presenta una metodología para el análisis y evaluación de riesgos y mecanismos para controlar los mismos como se muestra en la Tabla 6.

RIESGO A EVALUAR:		por		(al) o (en)						
		EVENTO O EFECTO		FACTOR DE RIESGO (CAUSA)		FUENTE				
		(Ej: Quemaduras)		(Ej: Arco eléctrico)		(Ej: Celda de 13,8 kV)				
POTENCIAL		REAL		FRECUENCIA						
CONSECUENCIAS	En personas	Económicas	Ambientales	En la imagen de la empresa		E	D	C	B	A
	Una o más muertes	Daño grave en infraestructura. Interrupción regional.	Contaminación irreparable	Internacional	5	MEDIO	ALTO	ALTO	ALTO	MUY ALTO
	Incapacidad parcial permanente	Daños mayores. Salida de Subestación	Contaminación mayor	Nacional	4	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO	ALTO
	Incapacidad temporal (>1 día)	Daños severos. Interrupción temporal	Contaminación localizada	Regional	3	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	ALTO
	Lesión menor (sin incapacidad)	Daños importantes. Interrupción breve	Efecto menor	Local	2	BAJO	BAJO	MEDIO	MEDIO	MEDIO
	Molestia funcional (afecta rendimiento laboral)	Daños leves. No interrupción	Sin efecto	Interna	1	MUY BAJO	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO

Tabla 6. Matriz de análisis de riesgo- RETIE 9.2.1 - TABLA 9.3.

NIVEL DE RIESGOS	DECISIONES A TOMAR Y CONTROL DE RIESGO	PARA EJECUTAR LOS TRABAJOS
MUY ALTA	INADMISIBLE PARA TRABAJAR. HAY QUE ELIMINAR FUENTES POTENCIALES, HACER REINGENIERÍA O MINIMIZARLO Y VOLVER A VALORARLO EN GRUPO, HASTA REDUCIRLO. REQUIERE PERMISO ESPECIAL DE TRABAJO.	BUSCAR PROCEDIMIENTOS ALTERNATIVOS SI SE DECIDE HACER EL TRABAJO. LA ALTA DIRECCIÓN PARTICIPA Y PRUEBA EL ANÁLISIS DE TRABAJO SEGURO (ATS) Y AUTORIZA SU REALIZACIÓN, MEDIANTE UN PERMISO ESPECIAL DE TRABAJO (PES)
ALTO	MINIMIZARLO. BUSCAR ALTERNATIVAS QUE PRESENTEN MENOR RIESGO. DEMOSTRAR COMO SE VA A CONTROLAR EL RIESGO, AISLAR CON BARRERAS O DISTANCIA, USAR EPP. REQUIERE PERMISO DE TRABAJO.	EL JEFE O SUPERVISOR DEL ÁREA INVOLUCRADA, A PRUEBA EL ANÁLISIS DE TRABAJO SEGURO (ATS) Y EL PERMISO DE TRABAJO (PT) PRESENTADOS POR EL LÍDER A CARGO DEL TRABAJO.
MEDIO	ACEPTARLO. APLICAR LOS SISTEMAS DE CONTROL (MINIMIZAR, AISLAR, SUMINISTRAR EPP, PROCEDIMIENTOS, PROTOCOLOS, LISTA DE VERIFICACIÓN, USAR EPP). REQUIERE PERMISO DE TRABAJO.	EL LÍDER DEL GRUPO DE TRABAJO DILIGENCIA EL ANÁLISIS DE TRABAJO SEGURO (ATS) Y EL JEFE DE ÁREA APRUEBA EL PERMISO DE TRABAJO (PT) SEGÚN PROCEDIMIENTO ESTABLECIDO.
BAJO	ASUMIRLO. HACER CONTROL ADMINISTRATIVO RUTINARIO. SEGUIR LOS PROCEDIMIENTOS ESTABLECIDOS. UTILIZAR EPP. NO REQUIERE PERMISO ESPECIAL DE TRABAJO	EL LÍDER DEL TRABAJO DEBE VERIFICAR: ¿QUE PUEDE SALIR MAL O FALLAR? ¿QUÉ PUEDE CAUSAR QUE ALGO SALGA MAL O FALLE? ¿QUE PODEMOS HACER PARA EVITAR QUE ALGO SALGA MAL O FALLE?

**Tabla 7. Decisiones y acciones para controlar el riesgo-RETIE - tabla 9.4.**

Teniendo en cuenta la Tabla 6 y 7, se estudió cuál es el nivel de riesgo crítico según los aspectos de personas, económicas, ambientales e imagen de la empresa y cuáles son las medidas de protección, como se observa en la Tabla 8.



PROYECTO: DISEÑO REDES DE  
DISTRIBUCIÓN BARRIO JUAN BAUTISTA  
FORERO-SAN JUAN DEL CESAR-GUAJIRA

SERGIO MANUEL BRITO GARCIA  
MARIA CAMILA CALA QUINTERO  
COD: 2154179  
COD: 2154190  
TEL: 3185349320  
SERGIO.BRITO@CORREO.UIS.EDU.CO  
MARIA.CALAQUINTERO4@CORREO.UIS.EDU.COM

FACTOR DE RIESGO	MATRIZ DE RIESGO			MEDIDAS DE PROTECCIÓN
	CONSECUENCIAS	FRECUENCIA	NIVEL RIESGO	
ARCOS ELÉCTRICOS	2	Ha ocurrido en el sector	BAJO	SE RESPETARON DISTANCIAS DE SEGURIDAD, SE
CONTACTO DIRECTO	2	Ha ocurrido en el sector	BAJO	TABLEROS DE ACUERDO CON LA NORMA CON AISLAMIENTO DE PARTES ACTIVAS, PUESTA A TIERRA, MANTENIMIENTO A REALIZAR SOLAMENTE POR PERSONAL TÉCNICO CAPACITADO.
CONTACTO INDIRECTO	5	No ha ocurrido en el Sector	MEDIO	SE RESPETARON DISTANCIAS DE SEGURIDAD, SE CUENTA CON CONEXIONES EQUIPOTENCIALES, SISTEMA DE PUESTA A TIERRA Y SE RECOMIENDA MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y PREVENTIVO.
ELECTRICIDAD ESTATICA	2	No ha ocurrido en el Sector	BAJO	SE CUENTA CON CONEXIONES EQUIPOTENCIALES, SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.
EQUIPO DEFECTUOSO	1	Ha ocurrido en la Empresa	BAJO	DISEÑO CUMPLIENDO CON LAS NORMAS TÉCNICAS, MANTENIMIENTO SOLAMENTE PERSONAL TÉCNICO CAPACITADO.
RAYOS	1	Ha ocurrido en la Empresa	BAJO	SE CONSIDERA SISTEMA DE APANTALLAMIENTO CUMPLIENDO CON LAS NORMAS VIGENTES EN LA RED DE MEDIA TENSIÓN CONSTRUIDA.
TENSIÓN DE CONTACTO	5	No ha ocurrido en el Sector	MEDIO	SE CUENTA CON PUESTA A TIERRA DE BAJA RESISTENCIA, SE CUMPLEN DISTANCIAS DE SEGURIDAD

**Tabla 8. Estudio de riesgos.**



## F. ANÁLISIS DEL NIVEL DE TENSIÓN REQUERIDO.

Los niveles de tensión requeridos varían de acuerdo con el operador de red, para este proyecto el operador de red en la costa caribe es Air-e el cual en sus Especificaciones particulares para instalaciones de conexión y enlace define los niveles de tensión así:

- Suministro en Redes de Distribución Secundaria

Monofásico bifilar a 120 V (+10% y -10%), mediante acometida de dos conductores conectados a fase y neutro.

Bifásico trifilar a 120/208 V (+10% y -10%), mediante acometida de tres conductores conectados dos a fases y uno al neutro de un sistema trifásico tetrafilar.

Trifásico tetrafilar a 120/208 V (+10% y -10%), mediante acometida de cuatro conductores conectados tres a fases y uno al neutro de un sistema trifásico tetrafilar.

- Suministro en Redes de Media Tensión

Se permiten variaciones de tensión de más diez por ciento (+10%) y menos diez por ciento (-10%) para los siguientes voltajes de suministro:

Trifásico trifilar a 13.200 Voltios +10%/-10% Trifásico trifilar a 34.500 Voltios +10%/-10%.

Para el objeto de este proyecto será una red tipo trifásico trifilar de 13.200 voltios para la tensión de suministro por M.T.



## G. CÁLCULOS DE CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS.

Para el presente proyecto se tiene una tensión máxima de alimentación de 13.2 kV, y según lo expuesto en el RETIE en su artículo 14.4 dicho cálculo y medición de campos electromagnéticos no se considera dentro del alcance de este proyecto ya que las redes de 13.2KV guardan las distancias de seguridad estipuladas por el RETIE en el artículo 13.

## H. CÁLCULOS DE TRANSFORMADORES INCLUYENDO LOS EFECTOS DE LOS ARMÓNICOS Y FACTOR DE POTENCIA EN LA CARGA.

Para el presente proyecto se seleccionan transformadores trifásicos en poste con capacidad de 112.5 kVA, ya que cumple con la demanda requerida, esta selección se produjo con base al proyecto tipo centros de transformación tipo poste sin neutro del operador de red. A continuación, en las Tablas 9, 10 y 11, se muestran las especificaciones para cada subestación tipo poste, la proyección de donde se ubicarían geográficamente, sus respectivas tensiones de operación, los usuarios a alimentar y otras características técnicas.

Los efectos de dichos armónicos se consideran despreciables en el cálculo, ya que no se cuenta con este tipo de cargas en el proyecto.

CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR				
Característica	Transformador 1	Transformador 2	Transformador 3	Transformador 4
Tensión Primaria (kV)	13.2	13.2	13.2	13.2
Tensión Secundaria (V)	208	208	208	208
Potencia (kVA)	112.5	112.5	112.5	112.5
Trifásico/Monofásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico
Autoprotegido/Convencional	Convencional	Convencional	Convencional	Convencional
Aislante aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral
Localización (coordenadas)	10°45'38.7"N 73°00'03.1"W	10°45'34.9"N 73°00'09.5"W	10°45'35.2"N 73°00'02.7"W	10°45'32.1"N 73°00'07.7"W
No Usuarios a Alimentar	49	48	49	49
Altura del poste/esfuerzo	PH-12/4000 daN	PH-12/4000 daN	PH-12/4000 daN	PH-12/4000 daN

Tabla 9. Características centros de transformación tipo poste sin neutro.

CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR				
Característica	Transformador 5	Transformador 6	Transformador 7	Transformador 8
Tensión Primaria (kV)	13.2	13.2	13.2	13.2
Tensión Secundaria (V)	208	208	208	208
Potencia (kVA)	112.5	112.5	112.5	112.5
Trifásico/Monofásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico
Autoprotegido/Convencional	Convencional	Convencional	Convencional	Convencional
Aislante aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral
Localización (coordenadas)	10°45'30.7"N 73°00'02.7"W	10°45'25.9"N 73°00'03.8"W	10°45'23.9"N 73°00'00.5"W	10°45'21.9"N 73°00'03.6"W
No Usuarios a Alimentar	49	50	46	49
Altura del poste/esfuerzo	PH-12/4000 daN	PH-12/4000 daN	PH-14/4000 daN	PH-14/4000 daN

Tabla 10. Características centros de transformación tipo poste sin neutro.



PROYECTO: DISEÑO REDES DE  
DISTRIBUCIÓN BARRIO JUAN BAUTISTA  
FORERO-SAN JUAN DEL CESAR-GUAJIRA

SERGIO MANUEL BRITO GARCIA  
MARIA CAMILA CALA QUINTERO  
COD: 2154179  
COD: 2154190  
TEL: 3185349320  
SERGIO.BRITO@CORREO.UIS.EDU.CO  
MARIA.CALAQUINTERO4@CORREO.UIS.EDU.COM

CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR					
Característica	Transformador 9	Transformador 10	Transformador 11	Transformador 12	Transformador 13
Tensión Primaria (kV)	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2
Tensión Secundaria (V)	208	208	208	208	208
Potencia (kVA)	112.5	112.5	112.5	112.5	112.5
Trifásico/Monofásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico	Trifásico
Autoprotegido/Convencional	Convencional	Convencional	Convencional	Convencional	Convencional
Aislante aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral	Aceite mineral
Localización (coordenadas)	10°45'31.0"N 73°00'09.6"W	10°45'27.8"N 73°00'07.6"W	10°45'25.9"N 73°00'10.8"W	10°45'23.8"N 73°00'07.4"W	10°45'19.9"N 73°00'07.1"W
No Usuarios a Alimentar	56	45	47	55	50
Altura del poste/esfuerzo	PH-14/4000 daN	PH-12/4000 daN	PH-12/4000 daN	PH-14/4000 daN	PH-14/4000 daN

**Tabla 11. Características centros de transformación tipo poste sin neutro.**

## I. CÁLCULO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA.

Para el presente proyecto las funciones de un sistema de puesta a tierra son:

1. Garantizar condiciones de seguridad en los seres vivos.
2. Permitir a los equipos de protección despejar rápidamente la falla.
3. Servir de referencia común al sistema eléctrico.
4. Conducir y disipar con suficiente capacidad las corrientes de: falla, electrostáticas y de rayo
5. Transmitir señales de RF en onda media y larga
6. Realizar una conexión de baja resistencia con la tierra y con puntos de referencia de los equipos.

En este proyecto se hará el cálculo del sistema de puesta a tierra para dos casos distintos, el primero para el punto de conexión entre la red nueva de M.T. diseñada y la existente de M.T., ya que es una transición de cable desnudo a forrado y el segundo para el sistema de puesta a tierra de las subestaciones aéreas a 13.2 kV. Esta selección de PAT se asume la misma configuración para los dos casos.

### Selección del conductor a tierra.

La selección del conductor a tierra depende del valor de la corriente de cortocircuito de régimen transitorio a 150 ms, en el punto de instalación de la puesta a tierra. Este valor será suministrado por AIR-E S.A.S. E.S.P.

El conductor para seleccionar debe cumplir la siguiente ecuación:

$$I_{cc} \leq I_{cc\_adm}$$

Donde:

$I_{cc}$  = corriente de cortocircuito en el punto de instalación de la puesta a tierra (kA)

$I_{cc\_adm}$  = Intensidad de cortocircuito máxima admisible del conductor (kA).

En la Tabla 12, se muestran las características generales que deben tener los conductores a tierra.

Denominación	Copper Clad Steel	Fleje Acero Austenítico
	3/8"	22,22x1,2 mm
Sección Transversal Total (mm²)	58,56	26,66
Dimensiones (mm)	Ø = 9,8	1,2 x 22,22
Conductividad (%)*	30	2,4
Temperatura de Fusión (°C)*	1.084	1.400
Constante K <sub>F</sub> *	14,64	30,05
Intensidad de Cortocircuito Max. Admisible (kA)	20,38	4,52

**Tabla 12. Características Generales de los conductores a tierra- Proyecto tipo: Líneas eléctricas aéreas forradas de M.T- AIR-E-Tabla 16.**

Para el presente proyecto, y a criterio de los diseñadores se utilizará un conductor Copper-clad Steel 3/8", por contar con una capacidad elevada de corriente de cortocircuito.

### **Selección del electrodo de puesta a tierra.**

La selección del electrodo de puesta a tierra se realiza con el fin de instalar una protección en caso de sobretensiones, según lo expuesto en el proyecto tipo centros de transformación tipo poste se tiene que:

El máximo valor establecido para protección contra rayos y que determina la selección del electrodo es de 10 Ω. Se deberá medir la resistividad aparente del terreno, siguiendo los métodos establecidos en el RETIE.

### **Cálculo de la resistencia de PAT para un electrodo de difusión vertical.**

Con base en las recomendaciones de la norma IEEE Std 142, tabla 13, pág.131 para el cálculo de la resistencia de puesta a tierra se establece una fórmula simplificada estandarizando un electrodo de difusión vertical y con una resistencia del terreno de 28 Ωm; se selecciona una varilla de 2,4 m de longitud y 16 mm (5/8") de diámetro.

$$R_{PAT} = \frac{\rho}{2,79}$$

Siendo:

$R_{PAT}$ : Resistencia de PAT de una varilla (Ω)



$\rho$ : Resistividad aparente del terreno ( $\Omega - m$ )

Para una resistividad aparente del terreno  $\rho=28 (\Omega m)$  el cálculo de resistencia de PAT de la varilla es de  $R_{PAT} = 10 \Omega$ ; cumpliendo con el valor máximo establecido.

## J. CÁLCULO ECONÓMICO DE CONDUCTORES.

La finalidad de realizar el cálculo económico de conductores es para disponer en términos de dinero las pérdidas de energía presentes en los conductores debido al efecto joule. Este cálculo se realiza para el periodo de un año, a este cálculo se debe sumar el costo de la instalación.

Las pérdidas de energía se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$E = (3 * R * L * I^2 * 10^{-3}) * \Delta t$$

Donde:

- $\Delta t$ : Es el intervalo de tiempo.
- R: Resistencia de la línea por kilómetro ( $\Omega/\text{km}$ ).
- L: Longitud de la línea (km).
- I: Intensidad de la línea (A).
- E: Es la energía disipada por el conductor.

Para este proyecto se detalla el análisis con la red de media tensión en las Tablas 13, 14 y 15, así:

**Tabla 13. Pérdida de energía por efecto Joule.**

**Tabla 14. Cálculo costo de valor inicial instalación.**

VALOR DE PERDIDAS COSTO OPERACIÓN UN AÑO	COSTO INICIAL	COSTO TOTAL
\$ 4.486.372	\$ 48.000.000	\$ 52.486.372

**Tabla 15. Pérdidas y costos de operación en un año.**

## K. VERIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES IEC 60909.

### Capacidad de corriente de Cortocircuito ( $I_{cc}$ )

Es la intensidad de corriente que no provoca ninguna disminución de las características mecánicas de los conductores, incluso después de un número elevado de cortocircuitos.

Se calcula admitiendo que el calentamiento de los conductores se realiza mediante un proceso adiabático (a calor constante).

La intensidad máxima de cortocircuito para un conductor de sección A, viene dada por:

$$I_{cc} = k * A * \sqrt{\frac{1}{t}}$$

Donde:

- A: la sección del conductor [mm<sup>2</sup>].
- K: Coeficiente que depende de la naturaleza del conductor, del aislamiento y de sus temperaturas al principio y al final del cortocircuito. En este caso se toman como valores 143 para el cobre y 93 para el aluminio.
- $I_{cc}$ : Intensidad máxima de cortocircuito admisible (kA).
- t: tiempo de despeje de la falla en segundos o tiempo de duración del cortocircuito. Corresponde al tiempo que tardan en actuar las protecciones. Se debe calcular con un tiempo no inferior a 30 ms, con el fin de que las protecciones aguas abajo puedan tener un tiempo menor para efectos de coordinación de protecciones.

En las Tablas 16 y 17 se observa que el conductor seleccionado tanto en M.T. como en B.T. cumple con los requisitos mínimos del sistema por corrientes de cortocircuito:

VERIFICACIÓN DE CONDUCTOR						
CONDUCTOR DE M.T.	SECCIÓN DEL CONDUCTOR (mm <sup>2</sup> )	CORRIENTE MÁXIMA DEL CONDUCTOR [A]	CONDUCTORES POR FASE	NIVEL DE TENSIÓN 3F [V]	DURACIÓN DEL C.CIRCUITO [s]	$I_{cc}$ DEL CONDUCTOR [kA]
CF-63	62,43	241,58	1	13200	0,1	18,4

**Tabla 16. Verificación conductor CF-63.**

VERIFICACIÓN DE CONDUCTOR						
CONDUCTOR DE B.T.	SECCIÓN DEL CONDUCTOR (mm <sup>2</sup> )	CORRIENTE MÁXIMA DEL CONDUCTOR [A]	CONDUCTORES POR FASE	NIVEL DE TENSIÓN 3F [V]	DURACIÓN DEL C.CIRCUITO [s]	$I_{cc}$ DEL CONDUCTOR [kA]
CUÁDRUPLEX 4/0 AWG	107,2	275	1	208	0,1	31,53

**Tabla 17. Verificación conductor Cuádruplex 4/0 AWG.**

Con este análisis se verifica que los conductores seleccionados cumplen con las corrientes de cortocircuito calculadas en el sistema.

## L. CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y ELEMENTOS DE SUJECCIÓN.

Para el presente proyecto se realizó cálculos mecánicos de estructuras tanto para M.T como para B.T.

### CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y ELEMENTOS DE SUJECCIÓN PARA M.T.

Según la metodología expuesta por el operador de red en el capítulo 9 del proyecto tipo líneas eléctricas forradas de M.T. se realiza el cálculo de la siguiente manera:

El cálculo mecánico en condición normal y anormal de forma individual para cada uno de los postes. Dependerá de su función (AL, ANG, ANC, ANC (0°) y FL) y del cumplimiento de todas las hipótesis y condiciones de carga consideradas según la Tabla 18.

Las cargas se referirán a un sistema de coordenadas cartesiano ortogonal a derechas (verticales, transversales, longitudinales).

Función	Hipótesis Normal	Hipótesis Anormal	
	Condición 1	Condición 2 (Rotura de Conductor)	Condición 3 (Desequilibrio 50% de tensiones)
AL	cargas verticales permanentes	No aplica	No aplica
	Carga Horizontal Resultante debida a la Acción del Viento transversal (1) sobre conductores y Resultante de Tensiones		
	Carga horizontal transversal por la acción del viento en postes, aisladores y equipos (1)		
	Carga horizontal transversal por excentricidad del peso propio de los conductores		
	Carga horizontal longitudinal por excentricidad del peso de equipo		
ANG	Cargas verticales permanentes	No aplica	No aplica
	Carga horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores y por resultante de tensiones (1)		
	Carga horizontal transversal por la acción del viento en postes, aisladores y equipos (1)		
	Carga horizontal transversal por excentricidad del peso propio de los conductores		
	Carga horizontal longitudinal por excentricidad del peso de equipos		

ANC	Cargas verticales permanentes	No aplica	No aplica
	Carga horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores y por resultante de tensiones (1)		
	Carga horizontal transversal por la acción del viento en postes, aisladores y equipos (1)		
	Carga horizontal longitudinal por desequilibrio REAL de tensiones por la acción del viento máximo (1)		
ANC (0°)	Cargas verticales permanentes	Cargas verticales permanentes	Cargas verticales permanentes
	Carga horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores (1)	Carga horizontal longitudinal por rotura de un conductor bajo la acción del viento reducido (2)	Carga horizontal longitudinal por 50% de desequilibrio de tensiones bajo la acción del viento máximo (1)
	Carga horizontal transversal por la acción del viento en postes, aisladores y equipos (1)		
	Carga horizontal longitudinal por desequilibrio REAL de tensiones por la acción del viento máximo (1)	No considerar ninguna otra acción transversal por viento en conductores, postes, etc.	No considerar ninguna otra acción transversal por viento en conductores, postes, etc.
FL	Cargas verticales permanentes	Cargas verticales permanentes	No aplica
	Carga horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores (1)		
	Carga horizontal transversal por la acción del viento en postes, aisladores y equipos (1)	Carga horizontal longitudinal por rotura de un conductor bajo la acción del viento reducido (2)	
	Carga horizontal transversal por excentricidad del peso propio de los conductores		
	Carga horizontal transversal por excentricidad del peso de equipos	No considerar ninguna otra acción transversal por viento en conductores, postes, etc.	
	Carga horizontal longitudinal por desequilibrio REAL de tensiones por la acción del viento máximo (1)		
Nota: (1) a temperatura coincidente y velocidad según Zona y Área y (2) a temperatura mínima y velocidad según Zona y Área.			

**Tabla 18. Hipótesis y tipos de cargas. Proyecto Tipo: Líneas Eléctricas Aéreas Forradas de M.T.- AIR-E-Tabla 35.**

La teoría del método de cálculo para postes se complementa con lo descrito en el ANEXO B6: Teoría Complementaria Para El Cálculo Mecánico De Postes, normativa Air-e.

### Cálculo Mecánico De Retenidas.

Este cálculo se fundamentó en lo expuesto en los proyectos tipo siguiendo todas las especificaciones y restricciones de cada caso. Las retenidas son utilizadas para compensar los esfuerzos a los que se someten los postes. Se debe comprobar que el cable de la retenida a utilizar puede soportar dichos esfuerzos. Para un mejor detalle en el ANEXO B8: Teoría De Retenidas, se encuentra toda la base teórica del cálculo de retenidas.

En los planos de diseño del proyecto se encuentra la ubicación de los apoyos que cuentan con retenida.

En las Tablas 19 a 22, se indican las principales características de los cables de acero galvanizado, varillas de anclaje, aislador tensor y perno de fijación para retenida.


La denominación de la retenida de acero galvanizado seleccionada es la de 1/2".

Denominación		3/8"	1/2"
Sección Transversal	Total (mm²)	51,1	96,5
	Nº Alambres	7	7
Composición	Diámetro nominal del alambre (mm)	3,05	4,19
	Diámetro Nominal del Cable (mm)	9,52	12,7
Peso (daN/m)		0,399	0,755
Carga de Rotura (daN)		≥ 6.840	≥ 11.960
Módulo de Elasticidad (daN/mm²)		18.130	
Coeficiente de dilatación lineal (°C⁻¹)		11,5*10⁻⁶	

**Tabla 19. Características Generales de los Cables de Acero Galvanizado. Proyecto Tipo: Líneas Eléctricas Aéreas Forradas de M.T- Air-e** **Tabla 12.**

Denominación	3 / 4"
Diámetro (mm)	19,05
Longitud (mm)	2.440
Carga de rotura mínima (daN)	10.000

**Tabla 20. Características Generales de las Varillas de Anclaje. Proyecto Tipo: Líneas Eléctricas Aéreas Forradas de M.T- Air-e** **Tabla 13.**

	<b>PROYECTO: DISEÑO REDES DE DISTRIBUCIÓN BARRIO JUAN BAUTISTA FORERO-SAN JUAN DEL CESAR-GUAJIRA</b>	SERGIO MANUEL BRITO GARCIA
		MARIA CAMILA CALA QUINTERO
		COD: 2154179
		COD: 2154190
		TEL: 3185349320
		SERGIO.BRITO@CORREO.UIS.EDU.CO
		MARIA.CALAQUINTERO4@CORREO.UIS.EDU.COM

Denominación	Clase 54-2	Clase 54-4
Longitud (mm)	108	171
Carga de rotura mínima (daN)	≥ 5.300	≥ 8.900

**Tabla 21. Características Generales de los Aisladores Tensores. Proyecto Tipo: Líneas Eléctricas Aéreas Forradas de M.T.- Air-e Tabla 14.**

Denominación	Pletina
Espesor (mm)	17,5
Diámetro taladro (mm)	17,5
Carga de rotura mínima (daN)	8.900

**Tabla 22. Características Generales de la Pletina de Sujeción de Retenida Ancla de la retenida. Proyecto Tipo: Líneas Eléctricas Aéreas Forradas de M.T.- Air-e Tabla 15.**

La carga máxima de las retenidas que pueden ser aplicadas en cada tipo de ancla se presentan en la Tabla 23 y 24, y el tipo de ancla a seleccionar dependerá de sus parámetros y las características o estudio del terreno. Esta carga ya cuenta con los coeficientes de seguridad para el ancla y la retenida como se determina en la sección B8.28 del ANEXO B8: Teoría De Retenidas.

Clasificación de suelo	Subclasificación de suelo	Tipo ancla Parámetros mínimos			Tipo ancla Parámetros máximos		
		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
1	Friccionante: Denso	47,8	68,8	169,2	50,5	72,8	178,0
	Friccionante: Medianamente denso	45,0	64,9	160,3	47,8	68,8	169,2
	Friccionante: Suelto	39,5	57,0	142,7	45,0	64,9	160,3
	Cohesivo: Duro	50,5	72,8	178,0	61,5	88,5	213,4
	Cohesivo: Compacto	47,8	68,8	169,2	56,0	80,6	195,7
	Cohesivo: Medianamente compacto	39,5	57,0	142,7	50,5	72,8	178,0
	Cohesivo: Blando	28,5	41,3	107,3	39,5	57,0	142,7
2	Suelo rígido	50,5	72,8	178,0	61,5	88,5	213,4
	Suelo medianamente rígido	47,8	68,8	169,2	56,0	80,6	195,7
	Suelo poco rígido	28,5	41,3	107,3	45,0	64,9	160,3

Tabla 23. Carga máxima que puede ser aplicada a la retenida de acuerdo con el tipo de ancla y el tipo de suelo [kN], Proyecto Tipo: Líneas Eléctricas Aéreas Forradas de M.T.- Air-e Tabla 50.

Carga máxima [kN] requerida $h_N = 0.2 \text{ m}$				
Denominación	Bisectora		Conjunto a 90°	
	3/8"	1/2"	3/8"	1/2"
PH-12/500 daN	44,06	78,42	22,03	39,21
PH-12/735 daN	52,21	92,91	26,10	46,46
PH-12/1030 daN	50,55	89,97	25,28	44,98
PH-12/1324 daN	53,82	95,78	26,91	47,89
PH-12/1600 daN	47,03	83,69	23,51	41,85
PH-12/2500 daN	67,05	119,32	33,52	59,66
PH-12/4000 daN	65,76	117,04	32,88	58,52
PH-14/735 daN	52,93	94,20	26,47	47,10
PH-14/1030 daN	52,31	93,09	26,15	46,55
PH-14/1324 daN	55,54	98,85	27,77	49,43
PH-14/1600 daN	49,82	88,67	24,91	44,33
PH-14/2500 daN	59,30	105,54	29,65	52,77
PH-14/4000 daN	58,62	104,33	29,31	52,17
PH-16/1600 daN	76,70	136,51	38,35	68,25
PH-16/2000 daN	67,06	119,35	33,53	59,67
PH-16/2500 daN	73,46	130,74	36,73	65,37

Tabla 24. Carga máxima que puede ser aplicada a la retenida de acuerdo con el tipo de poste y tipo de retenida [kN], Proyecto Tipo: Líneas Eléctricas Aéreas Forradas de M.T.- Air-e Tabla 51.

Para el presente proyecto en la red de M.T. se proyectan 33 estructuras de soporte, en la Tabla 25, se observa cada una de ellas con su respectiva descripción, y especificaciones.

Número de postes	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre m	vano posterior m	vano anterior m	Retenida	
			°				Bisectora	Conjunto a 90
PM.P0	FL: MTF 331	PH-12/4000 daN	0	10,2	12	-	X	
PM.P1	AL: MTF 332	PH-12/1600 daN	0	10,2	12	-		
PM.P2	FL: MTF 331	PH-12/4000 daN	0	10,2	-	12	X	
PM.P3	FL: MTF 331	PH-14/2000 daN	0	11,7	50	-	X	
PM.P4	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	48	50		
PM.P5	ANG: MTF 335	PH-14/2000 daN	90	11,7	-	48	X	
PM.P6	AL: MTF 332	PH-12/735 daN	0	10,2	42	59		
PM.P7	AL: MTF 332	PH-12/735 daN	0	10,2	39	42		
PM.P8	FL: MTF 331	PH-12/4000 daN	0	10,2	-	39	X	
PM.P9	FL: MTF 331	PH-12/4000 daN	0	10,2	-	58	X	
PM.P10	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	60	50		
PM.P11	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	21	60		
PM.P12	ANG: MTF 335	PH-14/2000 daN	90	11,7	-	21	X	
PM.P13	FL: MTF 331	PH-12/4000 daN	0	10,2	-	57	X	
PM.P14	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	60	60		
PM.P15	ANG: MTF 335	PH-14/2000 daN	90	11,7	-	60	X	
PM.P16	FL: MTF 331	PH-12/4000 daN	0	10,2	-	58	X	
PM.P17	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	53	60		
PM.P18	ANG: MTF 335	PH-14/2000 daN	90	11,7	57	53	X	
PM.P19	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	65	57		
PM.P20	FL: MTF 331	PH-14/4000 daN	0	11,7	-	65	X	
PM.P21	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	37	60		
PM.P22	AL: MTF 332	PH-14/4000 daN	0	11,7	45	37		
PM.P23	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	45	45		
PM.P24	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	43	45		
PM.P25	ANG: MTF 335	PH-14/2000 daN	90	11,7	-	43	X	
PM.P26	FL: MTF 331	PH-12/4000 daN	0	10,2	-	63	X	
PM.P27	ANG: MTF 335	PH-12/2000 daN	90	10,2	12	57	X	
PM.P28	FL: MTF 331	PH-12/4000 daN	0	10,2	-	12	X	
PM.P29	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	48	60		
PM.P30	AL: MTF 332	PH-14/4000 daN	0	11,7	61	48		
PM.P31	AL: MTF 332	PH-14/735 daN	0	11,7	61	61		
PM.P32	ANG: MTF 335	PH-14/2000 daN	90	11,7	65	61	X	
PM.P33	FL: MTF 331	PH-14/4000 daN	0	11,7	-	65	X	

Tabla 25. Características cálculos mecánicos de estructuras en M.T.

### CÁLCULO MECÁNICO DE ESTRUCTURAS Y ELEMENTOS DE SUJECCIÓN PARA B.T.

Según la metodología expuesta por el operador de red en el capítulo 9 del Proyecto Tipo: Líneas Eléctricas Aéreas Trenzadas De Baja Tensión, se realiza el cálculo de la siguiente manera:

El cálculo mecánico en condición normal y anormal de forma individual para cada uno de los postes. Dependerá de su función (AL, ANG, ANC, ANC (0°) y FL) y del cumplimiento de todas las hipótesis y condiciones de carga consideradas según la Tabla 26.

Las cargas se referirán a un sistema de coordenadas cartesiano ortogonal a derechas (verticales, transversales, longitudinales).

Función	Hipótesis Normal
AL	Carga Horizontal Resultante debida a la Acción del Viento transversal (1) sobre conductores y Resultante de Tensiones
	Carga horizontal transversal por la acción del viento en postes (1)
ANG	Carga horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores y por resultante de tensiones (1)
	Carga horizontal transversal por la acción del viento en postes (1)
FL	Carga horizontal transversal por la acción del viento sobre conductores (1)
	Carga horizontal transversal por la acción del viento en postes (1)
	Carga horizontal longitudinal por desequilibrio REAL de tensiones por la acción del viento máximo (1)
Nota: (1) a temperatura coincidente y velocidad según Zona y Área	

**Tabla 26. Hipótesis y tipos de cargas. Proyecto Tipo: Líneas Eléctricas Aéreas Trenzadas De Baja Tensión- Air-e Tabla 20.**

La teoría del método de cálculo para postes se complementa con lo descrito en el ANEXO B6: Teoría Complementaria Para El Cálculo Mecánico De Postes, normativa Air-e.

### **Cálculo Mecánico De Retenidas.**

Las retenidas son utilizadas para compensar los esfuerzos a los que se someten los postes. Se debe comprobar que el cable de la retenida a utilizar puede soportar dichos esfuerzos. Para un mejor detalle de la base teórica del cálculo de retenidas es necesario entender lo estipulado en la sección 10.1.1 para proyecto Tipo de Líneas Aéreas MT Sin Neutro y tipo de retenida, pero con los tipos de poste necesarios para en la red de baja tensión.

En los planos de diseño del proyecto se encuentra la ubicación de los apoyos que cuentan con retenida.

En las Tablas 27 a 32, se indican las principales características de los cables de acero galvanizado, varillas de anclaje, aislador tensor y perno de fijación para retenida.

La denominación de la retenida de acero galvanizado seleccionada es la de ½”.

Denominación		3/8"
Sección Transversal	Total (mm <sup>2</sup> )	51,1
Composición	Nº Alambres	7
	Diámetro nominal del alambre (mm)	3,05
Diámetro Nominal del Cable (mm)		9,52
Peso (daN/m)		0,399
Carga de Rotura (daN)		≥ 6.840
Módulo de Elasticidad (daN/mm <sup>2</sup> )		18.130
Coeficiente de dilatación lineal (°C <sup>-1</sup> )		11,5*10 <sup>-6</sup>

**Tabla 27. Características Generales de los Cables de Acero Galvanizado. Proyecto Tipo: Líneas Eléctricas Aéreas Trenzadas De Baja Tensión- Air-e Tabla 21.**

Denominación	3 / 4"
Diámetro (mm)	19,05
Longitud (mm)	2.440
Carga de rotura mínima (daN)	10.000

**Tabla 28. Características Generales de las Varillas de Anclaje. Proyecto Tipo: Líneas Eléctricas Aéreas Trenzadas De Baja Tensión- Air-e Tabla 8.**

Denominación	Clase 54-2
Longitud (mm)	108
Carga de rotura mínima (daN)	≥ 5.300

**Tabla 29. Características Generales de los Aisladores Tensores. Proyecto Tipo: Líneas Eléctricas Aéreas Trenzadas De Baja Tensión- Air-e Tabla 9.**

Denominación	Pletina
Espesor (mm)	17,5
Diámetro taladro (mm)	17,5
Carga de rotura mínima (daN)	8.900

**Tabla 30. Características Generales de la Pletina de Sujeción de Retenida. Proyecto Tipo: Líneas Eléctricas Aéreas Trenzadas De Baja Tensión- Air-e Tabla 10.**

La carga máxima de las retenidas que pueden ser aplicadas en cada tipo de ancla se presentan en las Tablas 31 y 32, se indica el tipo de ancla a seleccionar dependerá de sus parámetros y las características o estudio del terreno. Esta carga ya cuenta con los coeficientes de seguridad para el ancla y la retenida como se determina en la sección B8.28 del ANEXO B8: Teoría De Retenidas.

Clasificación de suelo	Subclasificación de suelo	Tipo ancla Parámetros mínimos			Tipo ancla Parámetros máximos		
		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
1	Friccionante: Denso	47,8	68,8	169,2	50,5	72,8	178,0
	Friccionante: Medianamente denso	45,0	64,9	160,3	47,8	68,8	169,2
	Friccionante: Suelto	39,5	57,0	142,7	45,0	64,9	160,3
	Cohesivo: Duro	50,5	72,8	178,0	61,5	88,5	213,4
	Cohesivo: Compacto	47,8	68,8	169,2	56,0	80,6	195,7
	Cohesivo: Medianamente compacto	39,5	57,0	142,7	50,5	72,8	178,0
	Cohesivo: Blando	28,5	41,3	107,3	39,5	57,0	142,7
2	Suelo rígido	50,5	72,8	178,0	61,5	88,5	213,4
	Suelo medianamente rígido	47,8	68,8	169,2	56,0	80,6	195,7
	Suelo poco rígido	28,5	41,3	107,3	45,0	64,9	160,3

Tabla 31. Carga máxima que puede ser aplicada a la retenida de acuerdo con el tipo de ancla y el tipo de suelo [kN]. Proyecto Tipo: Líneas Eléctricas Aéreas Trenzadas De Baja Tensión- Air-e  
Tabla 36.

Carga máxima requerida $h_n = 0.2 \text{ m}$				
Denominación	Bisectora		Conjunto a $90^\circ$	
	3/8"	1/2"	3/8"	1/2"
PH-9/500 daN	42,57	75,76	21,28	37,88
PH-9/735 daN	62,57	111,36	31,29	55,68
PH-9/1030 daN	47,97	85,38	23,99	42,69
PH-9/1324 daN	50,87	90,53	25,43	45,27

Tabla 32. Carga máxima que puede ser aplicada a la retenida de acuerdo con el tipo de poste y tipo de retenida [kN]. Proyecto Tipo: Líneas Eléctricas Aéreas Trenzadas De Baja Tensión- Air-e  
Tabla 37.

Para el presente proyecto en la red de B.T. se proyectan 175 estructuras de soporte, en las Tablas 33 a 45, se observa cada uno de ellos con su respectiva descripción, y especificaciones.

Número de postes TRF 1	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			°	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.A1	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	32	23		
PB.A2	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	27	32		
PB.A3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	27		
PB.A4	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	28	X	
PB.A5	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	30	-	X	
PB.A6	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	30		
PB.A7	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	26	30		
PB.A8	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	26	X	
PB.A9	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	28		
PB.A10	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	30	X	
PB.A11	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	

**Tabla 33. Características cálculos mecánicos de estructuras en B.T.**

Número de postes TRF 2	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			°	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.B1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	28		
PB.B2	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	30		
PB.B3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	25	27		
PB.B4	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	25	X	
PB.B5	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	39	X	
PB.B6	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	18		
PB.B7	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	30	X	
PB.B8	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	42	36		
PB.B9	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	42		
PB.B10	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	36	X	
PB.B11	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	28	X	
PB.B12	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	25	30		
PB.B13	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	23	X	

**Tabla 34. Características cálculos mecánicos de estructuras en B.T.**

Número de postes TRF 3	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			°	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.C1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	35	29		
PB.C2	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	35		
PB.C3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	27	27		
PB.C4	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	44	27		
PB.C5	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	44	X	
PB.C6	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	43	X	
PB.C7	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	28		
PB.C8	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	26	28		
PB.C9	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	
PB.C10	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	31		
PB.C11	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	32	X	
PB.C12	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	29	30		
PB.C13	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	29		
PB.C14	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	25	28		
PB.C15	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	25	X	

**Tabla 35. Características cálculos mecánicos de estructuras en B.T.**

Número de postes TRF 4	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			°	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.D1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	28		
PB.D2	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	23	25		
PB.D3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	30		
PB.D4	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	30		
PB.D5	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	30	X	
PB.D6	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	12		
PB.D7	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	28		
PB.D8	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	30	X	
PB.D9	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	30		
PB.D10	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	
PB.D11	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	35	30		
PB.D12	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	35	X	

**Tabla 36. Características cálculos mecánicos de estructuras en B.T.**

Número de postes TRF 5	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			°	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.E1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	31	31		
PB.E2	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	27	31		
PB.E3	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	27	X	
PB.E4	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	42		
PB.E5	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	45	30		
PB.E6	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	45		
PB.E7	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	40	X	
PB.E8	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	30	28	X	
PB.E9	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	30		
PB.E10	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	29		
PB.E11	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	36	29		
PB.E12	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	36	X	
PB.E13	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	23	34	X	
PB.E14	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	28	31	X	

Tabla 37. Características cálculos mecánicos de estructuras en B.T.

Número de postes TRF 6	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			°	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.F1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	29		
PB.F2	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	22	X	
PB.F3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	27		
PB.F4	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	32	X	
PB.F5	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	29		
PB.F6	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	34	18		
PB.F7	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	34		
PB.F8	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	
PB.F9	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	
PB.F10	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	33		
PB.F11	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	32		
PB.F12	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	30	X	
PB.F13	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	37		
PB.F14	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	28	X	

Tabla 38. Características cálculos mecánicos de estructuras en B.T.

Número de postes TRF 7	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			°	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.G1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	24	38		
PB.G2	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	31	24		
PB.G3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	31		
PB.G4	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	32		
PB.G5	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	32	X	
PB.G6	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	22	31		
PB.G7	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	
PB.G8	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	35	11		
PB.G9	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	36	35		
PB.G10	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	36		
PB.G11	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	24	32		
PB.G12	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	15	24		
PB.G13	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	37	15		
PB.G14	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	37		
PB.G15	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	
PB.G16	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	28		
PB.G17	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	35	28		
PB.G18	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	36	35		
PB.G19	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	36		

Tabla 39. Características cálculos mecánicos de estructuras en B.T.

Número de postes TRF 8	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			°	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.H1	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	23	-	X	
PB.H2	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	31		
PB.H3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	32		
PB.H4	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	28	X	
PB.H5	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	35	28		
PB.H6	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	34	35		
PB.H7	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	19	34		
PB.H8	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	19		
PB.H9	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	38	X	
PB.H10	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	26	X	
PB.H11	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	27	25		
PB.H12	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	24	27		
PB.H13	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	40	40		
PB.H14	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	40	X	

Tabla 40. Características cálculos mecánicos de estructuras en B.T.

Número de postes TRF 9	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			°	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.I1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	25	36		
PB.I2	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	28	25		
PB.I3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	27	28		
PB.I4	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	27	27		
PB.I5	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	27	X	
PB.I6	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	32		
PB.I7	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	27	X	
PB.I8	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	29		
PB.I9	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	28	29		
PB.I10	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	26	28	X	
PB.I11	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	26		
PB.I12	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	15	28		
PB.I13	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	15	X	

**Tabla 41. Características cálculos mecánicos de estructuras en B.T.**

Número de postes TRF 10	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			°	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.J1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	39		
PB.J2	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	28		
PB.J3	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	39	X	
PB.J4	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	24	X	
PB.J5	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	26	11		
PB.J6	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	26	26		
PB.J7	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	26		
PB.J8	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	30	X	
PB.J9	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	36	27		
PB.J10	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	21	X	

**Tabla 42. Características cálculos mecánicos de estructuras en B.T.**

Número de postes TRF 11	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			°	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.K1	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	
PB.K2	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	35	X	
PB.K3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	25	27		
PB.K4	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	25		
PB.K5	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	28		
PB.K6	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	
PB.K7	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	39		
PB.K8	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	35	29		
PB.K9	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	35	35		
PB.K10	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	35	X	
PB.K11	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	42	25		
PB.K12	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	27	42		
PB.K13	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	25	27	X	
PB.K14	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	25		
PB.K15	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	30	28		
PB.K16	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	29	39		
PB.K17	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	

Tabla 43. Características cálculos mecánicos de estructuras en B.T.

Número de postes TRF 12	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			°	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.L1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	27	37		
PB.L2	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	36	27		
PB.L3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	36	36		
PB.L4	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	36	X	
PB.L5	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	19		
PB.L6	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	40	X	
PB.L7	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	34	27		
PB.L8	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	30	X	
PB.L9	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	28	28		
PB.L10	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	28		
PB.L11	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	35	X	
PB.L12	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	40		
PB.L13	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	29	X	

Tabla 44. Características cálculos mecánicos de estructuras en B.T.



PROYECTO: DISEÑO REDES DE  
DISTRIBUCIÓN BARRIO JUAN BAUTISTA  
FORERO-SAN JUAN DEL CESAR-GUAJIRA

SERGIO MANUEL BRITO GARCIA  
MARIA CAMILA CALA QUINTERO  
COD: 2154179  
COD: 2154190  
TEL: 3185349320  
SERGIO.BRITO@CORREO.UIS.EDU.CO  
MARIA.CALAQUINTERO4@CORREO.UIS.EDU.COM

Número de postes TRF 13	Tipo de poste	Descripción del poste	Angulo de deflexión de la línea	Altura libre	vano posterior	vano anterior	Retenida	
			°	m	m	m	Bisectora	Conjunto a 90
PB.M1	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	37	10		
PB.M2	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	35	37		
PB.M3	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	34	35		
PB.M4	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	34		
PB.M5	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	37	X	
PB.M6	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	31	X	
PB.M7	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	38	X	
PB.M8	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	30		
PB.M9	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	31	32		
PB.M10	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	31	X	
PB.M11	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	29	30		
PB.M12	ANG: BT-25	PH-9/1324 daN	90	7,5	-	29		
PB.M13	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	32	30		
PB.M14	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	32	X	
PB.M15	AL:BT-12	PH-9/500 daN	0	7,5	35	47		
PB.M16	FL:BT-21	PH-9/1324 daN	0	7,5	-	35	X	

Tabla 45. Características cálculos mecánicos de estructuras en B.T.

### M. CÁLCULO Y COORDINACIÓN DE PROTECCIONES CONTRA SOBRECORRIENTES.

Para Transformadores de distribución de este proyecto, los dispositivos de protección de se instalarían en el mismo poste y en el lado de M.T. Estos dispositivos son los seccionadores fusibles de expulsión o cortacircuitos, fusibles y descargadores de sobretensiones (DPS) en la parte superior de la cuba. El cortacircuito debe actuar ante sobrecargas, fallas en los bobinados o cortocircuitos en la red de BT.

Siguiendo las recomendaciones de la NTC 2050, en la Tabla 46, se muestran la intensidad a la cual se deben ajustar los elementos de protección.

Corriente nominal máxima o ajuste de disparo del dispositivo de protección contra sobrecorriente (porcentajes)					
Impedancia nominal del transformador	Primario		Secundario		
	De más de 600 V		De más de 600 V		Hasta 600 V
	Ajuste del interruptor automático	Corriente nominal del fusible	Ajuste del interruptor automático	Corriente nominal del fusible	Ajuste del interruptor automático o corriente nominal del fusible
Hasta 6%	600 %	300 %	300 %	250 %	125 %
Más de 6% y hasta 10%	400 %	300 %	250 %	225 %	125%

**Tabla 46. Transformadores de más de 600 V – NTC 2050 Tabla 450-3.a).1).**

El cálculo de intensidad nominal para transformadores trifásicos se calcula según lo expuesto en el capítulo 6 del proyecto tipo líneas eléctricas aéreas M.T. sin neutro del operador de red Air-e:

$$I = \frac{S_N}{\sqrt{3} * V_L}$$

I: Intensidad nominal que circula por el devanado primario

SN: Potencia nominal aparente del transformador (kVA)

VL: Tensión nominal entre fases del transformador (kV)

Con SN = 112.5 [kVA] y VL = 13.2 [kV], la intensidad es I = 4.92 [A].

Con una impedancia nominal del transformador del 3%, la corriente nominal del fusible es del 300%.

Por lo tanto, su capacidad es de I = 4.92\*300% = 14.76 [A].

Según los valores normalizados, el fusible seleccionado para cada transformador debe tener una capacidad de 15 [A] y tensión de operación de 17 [kV] para el correcto funcionamiento del centro de transformación.

Para la capacidad nominal del DPS, y siguiendo las recomendaciones de la NTC 2050, el valor nominal de un descargador de sobretensiones tipo punta de carburo de silicio que será el que se instalará, esta no debe ser menor al 125 % de la máxima tensión continua de fase a tierra en el punto de contacto.

$$V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{13.2 \text{ kV}}{\sqrt{3}} = 7,62 \text{ kV}$$

$$7,62 \text{ kV} * 1,25 = 9,53 \text{ kV}$$

El DPS seleccionado es de 10 kV y 10kA nominales.



## N. CÁLCULOS DE CANALIZACIONES.

No aplica para este proyecto ya que la red es de tipo aéreo.

## O. CÁLCULOS DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA.

Para el presente proyecto las pérdidas de potencia se calcularon siguiendo la metodología del operador de red Air-e, tanto para M.T. como para B.T.

Las pérdidas de potencia en una línea serán las debidas al efecto Joule causado por la resistencia de esta. Para una línea trifásica vendrán dadas por la siguiente expresión:

$$P_p = 3 * R * L * I^2 * 10^{-3}$$

Con:

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos \varphi$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi}$$

Donde:

R: Resistencia de la línea por kilómetro ( $\Omega/\text{km}$ ).

L: Longitud de la línea (km).

I: Intensidad de la línea (A).

$P_p$ : Pérdida de potencia (kW)

P: Potencia trifásica transportada por la línea (kW)

U: Tensión compuesta (fase-fase) de la línea (kV).

$\cos \varphi$ : Factor de potencia de la carga.

El porcentaje de potencia perdida en la línea vendrá dado por el cociente entre la potencia perdida y la potencia transportada:

$$\Delta P(\%) = \frac{P_p}{P} * 100 = \frac{\sqrt{3} * R * L * I}{10 * U * \cos \varphi} = P * L * K_P$$

Con la constante de pérdidas dada por:

$$K_P = \frac{R}{10 * U^2 * \cos^2 \varphi}$$

En la Tabla 47, se muestran las constantes de pérdida de potencia, para los diferentes tipos de tensión y para varios valores del factor de potencia.

Los cálculos detallados de pérdidas de potencia se encuentran en el Anexo de cálculos eléctricos.

CONDUCTOR		TENSIÓN (kV)	CONSTANTE DE PÉRDIDAS $K_p$		
			FP = 0,8	FP = 0,9	FP = 1
AAAC	CF-63 13,2 kV	13,2	0,00056114	0,00044337	0,00035913
	CF-125 13,2 kV		0,00028033	0,0002215	0,00017941
	CF-159 13,2 kV		0,00022126	0,00017482	0,0001416
	CF-200 13,2 kV		0,00017543	0,00013861	0,00011228
	CF 284 13,2 kV		0,0001245	0,0000983	0,0000797
	CF-63 34,5 kV	34,5	0,0000821	0,0000583	0,0000526
	CF-125 34,5 kV		0,0000410	0,0000291	0,0000263
	CF-159 34,5 kV		0,0000324	0,0000230	0,0000207
	CF-200 34,5 kV		0,0000257	0,0000182	0,0000164
	CF 284 34,5 kV		0,0000182	0,0000144	0,0000117

**Tabla 47. Constante de pérdidas de líneas trifásicas., Proyecto tipo: Líneas eléctricas forradas de M.T. ANEXO A2: Tablas De Constante De Regulación Y Pérdidas para M.T- Air-e Tabla A2.7.**

## P. CÁLCULO DE REGULACIÓN.

Para el presente proyecto, el cálculo de regulación de tensión se desarrolló siguiendo la metodología del operador de red Air-e, tanto para M.T. como para B.T, en las tablas 48 a 50, se muestran los parámetros exigidos por el operador de red para la regulación en M.T.

Los cálculos serán aplicables a un tramo de línea, siendo la caída total de tensión la suma de las caídas en cada uno de los tramos intermedios.

Para el cálculo de la caída de tensión se utiliza el método del momento eléctrico. El porcentaje de caída de tensión está dado por:

$$\% \Delta V = K_v * P * L$$

Siendo:

Kv: Constante de Regulación

P: Potencia a transportar (kW)

L: Longitud de la línea (km)

Se seleccionará aquel conductor de línea cuya caída de tensión sea menor o igual a los siguientes límites:

- Urbana: 3% de la tensión nominal desde el transformador de distribución hasta el punto de conexión de la acometida.
- Rural: 5% de la tensión nominal desde el transformador de distribución hasta el punto de conexión de la acometida.

Los límites de caída de tensión en los conductores de acometida están definidos en la norma de acometidas y medidas de AIR-E S.A.S. ESP.

En el caso de las líneas monofásicas (120/240 V) a tres hilos se considerará la carga equilibrada.

En el apartado B1.4 del anexo B se justifica el cálculo de la constante de regulación. En el capítulo A2 del anexo A aparecen las tablas para obtener la constante de regulación, dependiendo de los diferentes niveles de tensión, conductores normalizados y para diferentes factores de potencia.

CONDUCTOR		TENSIÓN (kV)	CONSTANTE DE REGULACIÓN $K_v$		
			FP = 0,8	FP = 0,9	FP = 1
AAAC	CF-63 13,2 kV	13,2	0,0005620	0,0004901	0,0003591
	CF-125 13,2 kV		0,0003710	0,0003031	0,0001794
	CF-159 13,2 kV		0,0003261	0,0002607	0,0001416
	CF-200 13,2 kV		0,0002930	0,0002290	0,0001123
	CF-284 13,2 kV		0,0002547	0,0001927	0,0000797
	CF-63 34,5 kV	34,5	0,0000833	0,0000724	0,0000526
	CF-125 34,5 kV		0,0000553	0,0000450	0,0000263
	CF-159 34,5 kV		0,0000488	0,0000388	0,0000207
	CF-200 34,5 kV		0,0000439	0,0000342	0,0000164
	CF-284 34,5 kV		0,0000383	0,0000289	0,0000117

Tabla 48. Configuración Horizontal, Proyecto tipo: Líneas eléctricas forradas de M.T.  
 ANEXO A2: Tablas De Constante De Regulación Y Pérdidas para M.T- Air-e Tabla A2.1.

CONDUCTOR		TENSIÓN (V)	CONSTANTE DE REGULACIÓN DE TENSIÓN PARA LÍNEAS AÉREAS B.T. (%) - 90 °C FP = 0,9	
AI	Línea bifásica (Kv2)			
	Triplex #2		240	3,8709736
	Triplex 1/0	2,4957997		
	Triplex 4/0	1,3312283		
	Línea trifásica (Kv3)			
	Cuádruplex 1/0	208	1,6595378	
		240	1,2464973	
	Cuádruplex 4/0	208	0,8847363	
		240	0,6645353	

Tabla 49. Constantes de Regulación de Tensión para Conductores de Línea. Proyecto Tipo: Líneas Eléctricas Aéreas Trenzadas De Baja Tensión. ANEXO A2 Tablas De Constante De Regulación Y Pérdidas para B.T - Air-e.

CONDUCTOR CONCÉNTRICO	TENSIÓN (V)	CONSTANTE DE REGULACIÓN DE TENSIÓN PARA ACOMETIDAS (%) - 90 °C	
		FP = 0,9	
Cu	Circuito monofásico (Kv2)		
	2x#8 AWG	120	37,8630863
	3x#8 AWG	240	9,4657716
	2x#6 AWG	120	24,0495029
	3x#6 AWG	240	5,9282920
	3x#4 AWG	120	15,3717390
		240	3,8429348
	Circuito trifásico (Kv3)		
	4x#6 AWG	208	4,0023211
		240	3,0061879
	4x#4 AWG	208	2,5581666
		240	1,9214674
Al	Circuito monofásico (Kv2)		
	2x#6 AWG	120	39,1356696
	3x#6 AWG	240	9,7839174
	2x#4 AWG	120	24,9488770
	3x#4 AWG	240	6,2372192
	3x#2 AWG	120	15,8085724
		240	3,9521431
	Circuito trifásico (Kv3)		
	4x#4 AWG	208	4,1519951
		240	3,1186066
	4x#2 AWG	208	2,6308845
		240	1,9780715

**Tabla 50. Constantes de Regulación de Tensión para Conductores de Acometidas. Proyecto Tipo:**  
**Líneas Eléctricas Aéreas Trenzadas De Baja Tensión. ANEXO A2 Tablas De Constante De**  
**Regulación Y Pérdidas para B.T - Air-e.**

Los cálculos detallados de regulación tanto para M.T. como para B.T. se encuentran en el Anexo de cálculos eléctricos.



## Q. CLASIFICACIÓN DE ÁREAS.

Este proyecto no contiene áreas clasificadas.



## R. ELABORACIÓN DE DIAGRAMA UNIFILARES.

Este ítem, se encuentra en el diseño del proyecto y se entregará junto con estas memorias.



## S. PLANOS Y ESQUEMAS PARA LA CONSTRUCCIÓN.

Los planos y esquemas para la construcción están consignados en el diseño o proyecto físico, que será entregado junto con estas memorias.



## T. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN COMPLEMENTARIAS.

Las especificaciones técnicas generales de materiales y procedimientos de construcción para las instalaciones eléctricas se deberán ceñir en un todo a lo contenido en las siguientes normas legales vigentes:

- La NTC 2050.
- RETIE (reglamento técnico de instalaciones eléctricas) - Resolución 0708 de 2013
- Normas para cálculo y diseño del operador de red Air-e.

## U. DISTANCIAS DE SEGURIDAD REQUERIDAS.

Apoyado en lo expuesto en el artículo 13 del RETIE, se presenta un análisis de las distancias mínimas de seguridad que se muestran en la Tabla 51.

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

Tabla 51. Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones RETIE-Tabla 13.1.

El proyecto cumple con las distancias de seguridad expuestas en el RETIE como se muestra en los planos.



**V. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE DESVIACIÓN DE LA NTC 2050 CUANDO SEA PERMITIDO, SIEMPRE Y CUANDO NO COMPROMETA LA SEGURIDAD DE LAS PERSONAS O DE LA INSTALACIÓN.**

No se realizaron desviaciones de la NTC 2050. Por lo tanto, NO APLICA.



**W. LOS DEMÁS ESTUDIOS QUE EL TIPO DE INSTALACIÓN REQUIERA PARA SU CORRECTA Y SEGURA OPERACIÓN, TALES COMO CONDICIONES SÍSMICAS, ACÚSTICAS, MECÁNICAS O TÉRMICAS.**

No se requirieron estudios anexos para este tipo de instalación. Por lo tanto, NO APLICA.