

**DISEÑO, CÁLCULOS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS DE LAS REDES DE
DISTRIBUCIÓN EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA LAS VEREDAS DE
AGUALINDA EN EL MUNICIPIO DE BOLÍVAR, TOGÜI EN EL MUNICIPIO DEL
PEÑÓN Y EL CORREGIMIENTO DE RIOBLANCO DEL MUNICIPIO DEL
PEÑÓN.**



**WILLIAM RENÉ ESTEPA ROMERO
SERGIO URBANO CONTRERAS
RICARDO ANDRÉS RODRÍGUEZ PÉREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELAS DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES – E3T
BUCARAMANGA**

2010

**DISEÑO, CÁLCULOS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS DE LAS REDES DE
DISTRIBUCIÓN EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA LAS VEREDAS DE
AGUALINDA EN EL MUNICIPIO DE BOLÍVAR, TOGÜI EN EL MUNICIPIO DEL
PEÑÓN Y EL CORREGIMIENTO DE RIOBLANCO DEL MUNICIPIO DEL
PEÑÓN.**

Autores

**WILLIAM RENÉ ESTEPA ROMERO
SERGIO URBANO CONTRERAS
RICARDO ANDRÉS RODRÍGUEZ PÉREZ**

**Trabajo de grado para optar el título de:
INGENIERO ELECTRICISTA**

Director del Proyecto

Ing. CIRO JURADO JEREZ

Codirector del Proyecto

Ing. José Alejandro Amaya Palacio

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS
ESCUELAS DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE
TELECOMUNICACIONES – E3T
BUCARAMANGA**

2010

A mi padre
A mi madre
A mis hermanos
A mi familia y amigos

Los Autores....

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

A los profesores Ciro Jurado Jerez y José Alejandro Amaya por su apoyo, colaboración y valiosos aportes en este proceso de aprendizaje.

Profesores de la escuela de Ingenieros Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones por todas las experiencias y vivencias compartidas.

A los compañeros electricistas dedicados a la búsqueda del conocimiento y al crecimiento profesional, de los cuales conservo muy gratos recuerdos.

A todas las personas y entidades que en algún momento brindaron su colaboración para el desarrollo de esta investigación, en especial, las que me acogieron en los semestres de práctica.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	27
1. MONOGRAFÍA CORREGIMIENTOS Y VEREDAS BENEFICIADAS CON EL PRESENTE PROYECTO	29
1.1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DEL PEÑÓN.....	29
1.1.1. Reseña Histórica.....	30
1.1.2. Geografía	31
1.1.3. Áreas de los límites del Municipio del Peñón.....	33
1.1.3.1. Localización y ExTensión.....	33
1.1.4. Estructura Administrativa Municipal	34
1.1.5. Límites del Municipio.	36
1.1.6. Ecología.....	37
1.1.7. Economía.....	38
1.1.8. Vías de comunicación.....	40
1.1.9. Veredas de influencia en el presente proyecto.....	40
1.2. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR	41
1.2.1. Reseña Histórica.....	41
1.2.2. Límites del municipio.	43
1.2.3. Ecología	43
1.2.4. Economía.....	45
2. RESUMEN GENERAL DEL PROYECTO	48
2.1. MUNICIPIO DEL PEÑÓN	48
2.1.1. Número de usuarios.....	48
2.1.2. Tipo de Acometida.....	48

2.1.3. Demanda máxima por usuario.....	48
2.1.4. Cantidad de Transformadores.....	48
2.1.5. Líneas y redes.....	49
2.2. MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	49
2.2.1. Número de Usuarios.....	49
2.2.2. Tipo de Acometida.....	49
2.2.3. Demanda máxima por usuario.....	49
2.2.4. Cantidad de Transformadores.....	50
2.2.5. Líneas y redes.....	50
3. MEMORIAS DE CÁLCULO DISEÑO ELÉCTRICO.....	51
3.1. NORMATIVA.....	51
3.2. PARÁMETROS DE DISEÑO.....	53
3.2.1. Características del servicio.....	53
3.2.1.1. Demanda máxima por nivel de Tensión.....	53
3.2.1.2. Niveles de Tensión de diseño.....	53
3.2.1.3. Porcentaje de regulación de voltaje.....	53
3.2.1.4. Perdidas máximas de energía.....	54
3.2.1.5. Impedancias de puesta a tierra.....	55
3.2.1.6. Clase de apantallamiento.....	55
3.2.1.7. Distancias mínimas.....	56
3.2.1.8. Calibres mínimos de conductores.....	58
3.2.2. Características De La Demanda.....	59
3.2.2.1. Estrato Socio-económico.....	59
3.2.2.2. Factor de potencia.....	59
3.2.2.3. Demanda máxima por usuario.....	59
3.2.2.4. Factor de diversidad.....	61
3.2.2.5. Demanda máxima diversificada.....	61
3.3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....	62
3.3.1. Red de Media Tensión.....	62

3.3.1.1. Nivel de Tensión	62
3.3.1.2. Tipo de distribución	62
3.3.1.3. Protección y maniobra	63
3.3.2. Transformadores.....	63
3.3.2.1. Determinación de la capacidad de los transformadores	64
3.3.2.2. Selección de conductor económico para un usuario.....	65
3.3.2.3. Selección de conductor económico para dos usuarios	66
3.3.2.4. Selección de conductor económico para tres usuarios	67
3.3.2.5. Ubicación	68
3.3.2.6. Protección y maniobra	69
3.3.3. Redes de Baja Tensión.....	71
3.3.3.1. Tipo de distribución	71
3.3.3.2. Regulación de Tensión	72
3.3.3.3. Longitud máxima de acometida	74
3.3.3.4. Pérdidas de energía y potencia	75
4. MEMORIAS DE CÁLCULO DISEÑO MECÁNICO.....	81
4.1. FACTORES DE SEGURIDAD	82
4.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL CONDUCTOR UTILIZADO EN MT	83
4.2.1. Cálculo del coeficiente de dilatación lineal del cable [α_c]	84
4.2.2. Cálculo del modulo de elasticidad del cable [E_c].....	84
4.3. HIPÓTESIS DE DISEÑO	84
4.3.1. Condición inicial de tendido	85
4.3.2. Condición extrema de trabajo mecánica	85
4.3.3. Condición extrema de flecha.....	85
4.4. VANO IDEAL DE REGULACIÓN.....	86
4.4.1.1. Ángulo de inclinación del conductor para máxima velocidad del viento....	86
4.4.1.2. Flecha para temperatura máxima a partir de las distancias mínimas de seguridad.	87

4.4.2. Cálculo de tensiones y flechas en MT para las hipótesis de diseño	89
4.4.2.1. Condición inicial de tendido.	89
4.4.2.2. Condición extrema de trabajo mecánico a partir de la condición inicial	90
4.5. CÁLCULO DE TABLAS Y CURVAS DE TENDIDO EN MT	90
4.6. CÁLCULO DE ESFUERZOS SOBRE CONDUCTORES Y APOYOS EN MT	92
4.6.1. Esfuerzo transversal producido por el viento sobre el poste.....	92
4.6.2. Esfuerzo transversal producido por el viento sobre los conductores (M_V)..	94
4.6.3. Esfuerzo transversal producido por las desviaciones en la red (M_A).....	95
4.6.4. Esfuerzo resistente del poste (M_R).	95
4.7. CURVA DE UTILIZACIÓN PARA ESTRUCTURAS TIPO	96
4.7.1. Curva de utilización para estructuras en ángulo (P112).	96
4.7.2. Curva de utilización para estructuras en retención (R-130).	97
4.8. CÁLCULOS MECÁNICOS PARA LA RED DE BAJA TENSIÓN.....	97
4.8.1. Características mecánicas de los conductores usados en Baja Tensión.....	99
4.8.2. Flecha para la condición inicial de tendido a partir de las distancias mínimas de seguridad.....	100
4.8.3. Cálculo de tensiones para las hipótesis del diseño.....	101
4.8.4. Cálculo de tablas y curvas de tendido.	102
4.9. ANÁLISIS MECÁNICO DE LAS ESTRUCTURAS	111
4.9.1. Clasificación de las estructuras de apoyo.....	111
4.9.1.1. Apoyos de madera	111
4.9.1.2. Apoyos de concreto	112
4.9.1.3. Anclaje	113
4.9.2. Esfuerzos sobre los apoyos	114
4.9.2.1. Esfuerzos verticales	114
4.9.2.2. Esfuerzos por acción del viento	114
4.9.2.3. Esfuerzos que causan las tensiones en desequilibrio.....	114
4.9.2.4. Esfuerzos por cambio de dirección de la línea.....	115

4.9.2.5. Esfuerzos por levantamiento.....	115
4.9.3. Hipótesis de carga para apoyos en postería.....	115
4.9.3.1. Hipótesis para condición normal	115
4.9.3.2 .Hipótesis excepcional de ruptura de conductor	116
4.9.4. Cálculo de los esfuerzos transversales sobre una estructura, para la hipótesis de condición normal.....	117
4.9.4.1. Esfuerzos por acción del viento.	117
4.9.4.2. Esfuerzos por cambio de dirección de la línea.....	119
4.9.5. Análisis mecánicos de los apoyos sencillos.....	121
4.9.5.1. Cálculo de los momentos que causan los esfuerzos transversales para la hipótesis de la condición normal	121
4.9.5.2. Gráfica de utilización de apoyos sencillos.....	124
4.9.5.3. Análisis de los esfuerzos verticales para la hipótesis de condición normal.....	126
4.9.5.4. Análisis de los esfuerzos longitudinales.....	129
4.9.5.5. Hipótesis por ruptura de un conductor	130
4.9.6. Análisis mecánico de las estructuras dobles.....	131
4.9.6.1. Cálculo de los momentos que causan los esfuerzos transversales para la hipótesis de condición normal.....	131
4.9.6.2. Gráfica de utilización de apoyos dobles.....	133
4.9.6.3. Análisis de los esfuerzos verticales para la hipótesis de condición normal en la estructura doble.....	136
4.9.6.4. Esfuerzos longitudinales	137
4.9.6.5. Hipótesis excepcional de ruptura en un conductor	138
4.9.7. Análisis mecánico de las estructuras en triple apoyo.....	139
4.9.7.1. Cálculo de los momentos que causan los esfuerzos transversales para la hipótesis de condición normal.....	139
4.9.7.2. Gráfica de utilización de apoyos triples.....	143
4.9.7.3. Análisis de los esfuerzos verticales para la hipótesis de condición normal en la estructura triple.....	145

4.9.8. Árboles de Carga	147
4.9.9. Cálculo de templetas	147
4.9.9.1. Templetas para contrarrestar los esfuerzos longitudinales, en estructuras de retención	148
4.9.9.2. Retención doble	156
4.9.9.3. Templetas para contrarrestar los esfuerzos transversales en las estructuras	158
4.9.9.4. Estructura sencilla.....	171
4.9.9.5. Templetas para viento.....	175
4.9.9.6. Anclajes de los templetas	179
4.9.9.7. Localización de templetas.....	181
4.9.10. Cálculo de espigos (Porta-Aisladores).....	184
4.9.10.1. Características de los soportes para aisladores tipo espigo en cruceta metálica.....	184
4.9.10.2. Análisis mecánico del espigo	185
4.9.10.3. Grafico de utilización del espigo	188
4.9.11. Crucetas.....	190
4.9.11.1. Selección de crucetas.....	190
4.9.11.2. Diagonales metálicas	191
4.9.11.3. Análisis mecánico de las crucetas	192
4.9.12. Soportes para cables de guardia	209
4.10. HERRAJES	212
4.10.1. Utilización de herrajes que se someten a esfuerzos grandes de tracción	212
4.10.2. Arandelas.....	212
4.10.2.1. Arandelas planas	212
4.10.2.2. Arandelas de presión	213
4.10.3. Tuercas de ojo	213
4.10.4. Grapas de retención	213
4.10.5. Pernos, tornillos y espárragos.....	214

4.10.5.1. Tornillos	214
4.10.5.2. Pernos.....	215
4.10.5.3. Espárragos.....	215
4.10.6. Varilla de anclaje.....	216
4.10.7. Tuercas de contratueras hexagonales	216
4.10.8. Varillas de puesta a tierra	216
4.10.9. Abrazaderas o collarines.....	216
4.10.10. Cinta y hebillas de acero inoxidable.....	217
4.10.11. Perchas.....	217
4.10.12. Guardacabos	218
4.10.13. Eslabones y adaptadores.....	218
4.11. SELECCIÓN DE ESTRUCTURAS	219
4.11.1. Determinar el número de apoyos que se requieren	219
4.11.2. Obtención del vano limitante por el poste o la cruceta.....	219
4.11.3. Establecer la longitud de la cruceta.	221
4.11.4. Calcular el número de espigos por fase o el número de aisladores por cadena de retención que se requieren.....	224
4.11.5. Verificación mecánica de la cruceta.....	224
4.11.6. Determinación del Número de templetas	225
4.11.8. Cálculo tipo para la selección de estructuras.....	225
4.12. CIMENTACIONES PARA POSTERÍA Y TEMPLETES.....	231
4.12.1. Cimentaciones para postería	232
4.12.2. Cimentaciones para templetas.....	234
5. PRESUPUESTO	235
6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONTRATOS DE ELECTRIFICACIÓN.....	284
6.1 ASPECTOS GENERALES.....	284
6.1.1. Actualización de la Información	284

6.1.2. De la protección del medio ambiente.....	286
6.2. SOBRE LOS MATERIALES Y EL PROCESO CONSTRUCTIVO	287
6.2.1. Sobre el replanteo de la topografía.....	288
6.2.2. Apoyos.....	291
6.2.2.1. Postes de concreto	291
6.2.2.2. Torrecillas metálicas	292
6.2.2.3. Proceso constructivo.....	293
6.2.3. Conductores.....	294
6.2.3.1. Cables de aluminio con núcleo de acero galvanizado – ACSR	294
6.2.3.2. Alambre de aluminio aislado	295
6.2.3.3. Alambre de cobre aislado	296
6.2.3.4. Cables de cobre semiduro desnudo	297
6.2.3.5. Cable de acero galvanizado extra-resistente	297
6.2.3.6. Proceso constructivo.....	298
6.2.4. Transformadores y protecciones.....	302
6.2.5. Cajas Cortacircuitos	304
6.2.6. Pararrayos	305
6.3. INSTALACIONES INTERNAS	306
6.3.1. Medidores monofásicos de energía de 15*.....	309
6.4. OTROS MATERIALES.....	310
6.4.1. Aisladores	310
6.4.2. Tuercas de ojo de diferentes formas.....	311
6.4.3. Varillas de anclaje.....	312
6.4.4. Espigos.	312
6.4.5. Espigo extremo de poste	313
6.4.6. Grapas.	314
6.4.7. Guardacabos de diferentes dimensiones.....	314
6.4.8. Varilla de puesta a tierra tipo copperweld.	315
6.4.9. Perchas metálicas.....	316
6.4.10. Tubo conduit galvanizado de 3/4” de diametro	316

6.4.11.Crucetas y diagonales metálicas	316
7. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES.....	318
BIBLIOGRAFÍA.....	320

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Demanda máxima por nivel de Tensión.....	53
Tabla 2. Niveles de Tensión de diseño	53
Tabla 3. Porcentajes máximos de regulación de voltaje	54
Tabla 4. Pérdidas máximas de energía	54
Tabla 5. Impedancias de puesta a tierra.....	55
Tabla 6. Salidas de descargadores de sobreTensión	55
Tabla 7. Distancias mínimas de aislamiento	56
Tabla 8. Distancias mínimas de seguridad para diferentes lugares y situaciones.....	57
Tabla 9. Distancias mínimas a edificaciones y estructuras similares.....	58
Tabla 10. Calibres mínimos de conductores redes Aéreas.....	59
Tabla 11. Demanda máxima diversificada.	61
Tabla 12. Selección de conductor económico para un usuario zona rural.....	66
Tabla 13. Selección de conductor económico para dos usuarios zona rural.	67
Tabla 14. Selección de conductor económico para tres usuarios zona rural.	68
Tabla 15. Valor de la constante K_G para conductor aislado (ACSR)	73
Tabla 16. Factor de corrección por tipo de red y subestación	73
Tabla 17. Longitud máxima de acometida	75
Tabla 18. Resistencia eléctrica de los conductores	80
Tabla 19. Factores de seguridad redes de distribución	82
Tabla 20. Ángulos máximos de oscilación conductores según nivel de Tensión....	88
Tabla 21. Características mecánicas de los conductores usados en Baja Tensión.	100
Tabla 22 Tensiones conductores B.T.	101
Tabla 23 Tensiones y flechas conductores B.T.	102

Tabla 24 Dimensiones físicas postería concreto.....	103
Tabla 25 Momento resistente Postería concreto.....	104
Tabla 26. Características del poste de madera.....	112
Tabla 27. Características del poste de concreto.....	113
Tabla 28. Anclajes de postería.....	113
Tabla 29. Características de los apoyos triples en concreto.....	141
Tabla 30. Características de los apoyos triples en madera.	141
Tabla 31. Número de templetes para retención simple.....	156
Tabla 32. Números de templetes para retención doble.	157
Tabla 33. ($\phi = 54^\circ 30' 57,7''$) templetes para ángulo	172
Tabla 34. ($\phi = 54^\circ 30' 57,7''$) templetes para ángulo	173
Tabla 35. ($\phi = 54^\circ 30' 57,7''$) templetes para ángulo	174
Tabla 36. ($\phi = 54^\circ 30' 57,7''$) templetes para ángulo	175
Tabla 37. Características del espigo.....	185
Tabla 38. Vanos máximos por estructura	222
Tabla 39. Análisis mecánico del vano especial.....	228

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Provincia de Velez	29
Figura 2. Localización general del Municipio	29
Figura 3. Municipio de Bolívar.....	41
Figura 4. Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones	58
Figura 5. Transformador Autoprotegido	64
Figura 6. Curva demanda diaria Estrato 1	78
Figura 7. Ángulo de inclinación conductor por acción del viento.....	86
Figura 8. Curvas de utilización estructuras de paso y retención	98
Figura 9. Curvas de utilización apoyos de paso y retención	99
Figura 10 Curvas de utilización estructuras de paso en B.T.....	107
Figura 11 Curvas de utilización estructuras de paso en B.T.....	108
Figura 12 Curvas de utilización estructuras de paso en B.T.....	109
Figura 13 Curvas utilización estructuras de paso en BT.....	110
Figura 14. Curva de utilización de apoyos sencillos (conductor No 2 AWG)	126
Figura 15. Grafico de utilización de apoyos dobles (conductor No 2 AWG)	135
Figura 16. Gráfico de utilización de apoyos triples (conductor No. 2AWG)	144
Figura 17. Árbol de cargas en estructura sencilla	149
Figura 18. Árbol de cargas en estructura.....	150
Figura 19. Árbol de cargas en estructura triple	151
Figura 20. Árbol de cargas en estructura sencilla de retención (R-130G)	153
Figura 21. Árbol de cargas en estructura doble de retención (RH-230G).....	153
Figura 22. Grafico de utilización de templetes, para estructura sencilla en madera (Conductor No. 2 AWG).....	162
Figura 23. Gráfico de utilización de templetes para estructura sencilla en concreto (Conductor No. 2 AWG)	164

Figura 24. Gráfico de utilización de templete para estructura doble en madera (Conductor No. 2 AWG).....	167
Figura 25. Gráfico de utilización de templete para estructura doble en concreto (Conductor No. 2 AWG)	170
Figura 26. Poste sencillo en ángulo. Localización de los templete	181
Figura 27. H-Estructura en poste doble retención. Localización de los templete.	182
Figura 28. Estructura de retención especial (3 postes).Localización de los templete, ángulo de deflexión.	183
Figura 29. Fuerzas sobre un aislador y un espigo	186
Figura 30 Gráfico de utilización del espigo	190
Figura 31. Distancia mínima entre centros de agujeros y borde de ángulo	192
Figura 32. Características de perfiles L mas usados en crucetas metálicas.....	196
Figura 33 Cruceta metálica en estructura sencilla. Análisis de los esfuerzos verticales.....	197
Figura 34. Cruceta metálica en estructura sencilla. Análisis de los esfuerzos horizontales.....	200
Figura 35. Cruceta metálica en estructura doble. Análisis de los esfuerzos verticales.....	204
Figura 36. Cruceta metálica en estructura doble. Análisis de los esfuerzos horizontales.....	207
Figura 37. Bayoneta sencilla.....	210
Figura 38. Bayoneta para estructuras en H	211
Figura 39. Cimentaciones para postería y templete.....	233

LISTA DE PLANOS

- *Electrificación rural redes en Media y Baja Tensión vereda Agualinda, Municipio Bolívar-Santander.*
- *Electrificación rural redes en Media y Baja Tensión corregimiento de Río Blanco, Municipio del Peñón-Santander.*
- *Electrificación rural redes en Media y Baja Tensión vereda Togüi, Municipio del Peñón-Santander.*

RESUMEN

TÍTULO

DISEÑO, CÁLCULOS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA LAS VEREDAS DE AGUALINDA EN EL MUNICIPIO DE BOLÍVAR, TOGÜI EN EL MUNICIPIO DEL PEÑÓN Y EL CORREGIMIENTO DE RIOBLANCO DEL MUNICIPIO DEL PEÑÓN. *

AUTORES:

WILLIAM RENÉ ESTEPA ROMERO
SERGIO URBANO CONTRERAS
RICARDO ANDRÉS RODRÍGUEZ PÉREZ**

PALABRAS CLAVE: electrificación rural, cálculos eléctricos y mecánicos, viabilidad económica.

DESCRIPCIÓN:

El presente estudio, pretende contribuir a los habitantes de las veredas Agualinda (municipio de Bolívar), vereda Togüi y corregimiento de rio blanco (municipio del Peñón) del departamento de Santander, con la formulación y evaluación técnico - económica para la electrificación rural en baja y media tensión de dichas zonas, esto ante el carácter social que la Universidad Industrial de Santander tiene como entidad educativa de carácter oficial.

A través del presente estudio se analizan las diferentes variables eléctricas, mecánicas y económicas particulares del presente proyecto haciendo énfasis en lo relacionado con lo que a electrificación rural se refiere, ciñéndose a lo expresado por las normativas vigentes para el sector eléctrico, como lo son el RETIE “Reglamento Técnico para Instalaciones eléctricas” y la “Norma para la construcción de sistemas de distribución y electrificación rural” de la Electrificadora de Santander. Cabe resaltar , que la comunidad beneficiada con la elaboración del presente proyecto habita actualmente en condiciones precarias en lo referente a la cobertura de los servicios públicos, no solo del orden energético sino que también en aspectos como acueductos y alcantarillado, dada la lejanía de dichas regiones con los casco urbanos.

Con este tipo de proyectos la Universidad Industrial de Santander, contribuye al desarrollo y progreso de la comunidad, brindándoles acompañamiento en la formulación de este tipo de proyectos ante los entes Gubernamentales, buscando con esto establecer una unión entre la academia y el gobierno en pos del desarrollo social y económico de aquellas regiones aún no interconectadas del departamento de Santander.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Ingenierías eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones, Director Ing. Ciro Jurado jerez, Codirector MPE Ing. José Alejandro Amaya P.

SUMMARY

TITLE:

DESIGN, ELECTRICAL AND MECHANICAL CALCULATIONS OF DISTRIBUTION NETWORKS IN MEDIUM AND LOW VOLTAGE FOR AGUALINDA SHIRE OF BOLIVAR TOWN, TOGÜI SHIRE IN THE PEÑÓN TOWN AND RIOBLANCO TOWNSHIP OF THE PEÑÓN TOWN *

AUTHORS:

WILLIAM RENÉ ESTEPA ROMERO
SERGIO URBANO CONTRERAS
RICARDO ANDRÉS RODRIGUEZ PEREZ **

KEYWORDS: rural electrification, electrical and mechanical load, economic viability.

DESCRIPTION:

The present study, aims contribute to the habitants of the villages Agualinda (municipality of Bolívar), village and township Togüi of White River (municipality of the Peñón) in the department of Santander, the formulation and technical - economical evaluation for rural electrification in low and medium voltage in those areas, this social character before the Industrial University of Santander is an official educational institution.

Through this study we analyzed the different variables electrical, mechanical and special economic emphasis of this project as far as related to rural electrification is concerned, sticking to the statement by the current regulations for the electricity sector, as are the RETIE " Reglamento Técnico para Instalaciones eléctricas " and the "Standard for the construction of distribution systems and rural electrification" of the Electrificadora of Santander.

It should be noted that the community benefited from the development of this project is currently living in precarious conditions with regard to coverage of public services, not just the energy order but also on issues such as water supply and sanitation, given the remoteness the urban center.

With this type of project the Industrial University of Santander, contributes to the development and progress of the community by providing support in developing these projects with governmental entities, seeking to establish this link between academia and government in achieving social and economic development of regions interconnected yet Santander department.

* Undergraduate thesis.

** Physic-Mechanic Science Faculty, Electric, Electronic and Telecommunications Engineering School. Ing. ,
Ciro Jurado Jerez. Ing. José Alejandro Amaya Palacio.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado se encuentra enfocado hacia el diseño de las instalaciones de Media y Baja Tensión, instalaciones internas y montaje de transformadores para la electrificación rural de las veredas AGUALINDA en el Municipio de Bolívar Santander, TOGUI del Municipio del Peñón Santander y el corregimiento de RIOBLANCO del Municipio del Peñón Santander.

Se realizaron tanto los cálculos eléctricos como mecánicos para los tres proyectos mencionados, con el fin de colaborar a ACRUPAP (Asociación de Campesinos de Río Blanco unidos por la Paz y el Progreso), los cuales son requisito para poder radicar los proyectos en la Electrificadora de Santander EPM S.A. y de esta manera aplicar ante la Gobernación de Santander, en los presupuestos de electrificación rural que esta entidad territorial desarrolla en el departamento.

Aunque la electrificación rural no representa un beneficio económico directo para las empresas electrificadoras nacionales, este tipo de obras sociales genera un gran impacto positivo en el desarrollo de las regiones apartadas, forjando un aumento en la calidad de vida, debido a la utilización de la energía eléctrica en procesos productivos en el sector agrícola que caracteriza estas poblaciones.

La Gobernación de Santander está comprometida con este desarrollo social de las regiones rurales, y por este motivo contribuye en las instalaciones de dichas redes, a través de convenios interadministrativos con la Electrificadora de Santander, en los cuales, la Gobernación hace el aporte económico, para la construcción de los proyectos y la Electrificadora de Santander se encarga de su construcción y posterior mantenimiento de las mismas.

Para este caso especial La Universidad Industrial de Santander se une a los esfuerzos por propender el desarrollo regional, y a través de este proyecto pone a disposición sus estudiantes y docentes, para la elaboración de estos diseños, cumpliendo de esta manera con su responsabilidad social frente a la región.

1. MONOGRAFÍA CORREGIMIENTOS Y VEREDAS BENEFICIADAS CON EL PRESENTE PROYECTO

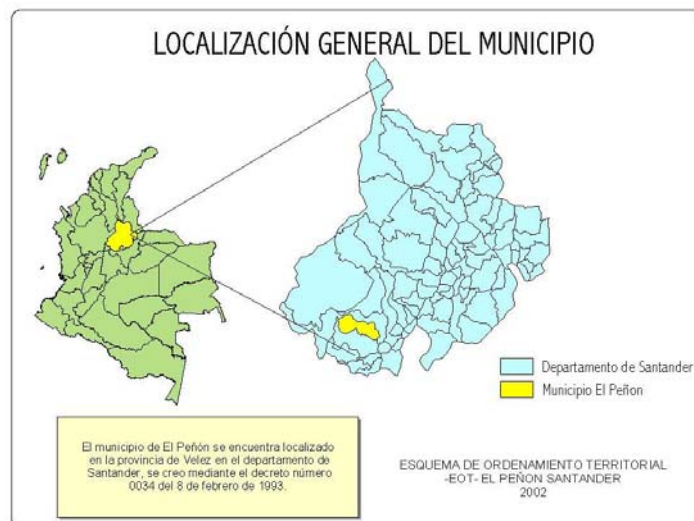
Figura 1. Provincia de Velez



Fuente. Secretaria de Transporte e Infraestructura Vial Departamental

1.1. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DEL PEÑÓN.

Figura 2. Localización general del Municipio



1.1.1. Reseña Histórica

Cuando los Españoles llegaron a territorios de los que hoy ocupan el Departamento de Santander, existían varias agrupaciones aborígenes con características bien definidas tales como: Los Guanes, Carares, Agathaes y Yariquies. En el territorio de Bolívar en su zona Andina estaba habitada por los Guanes, que fue el grupo más importante y el que más contribuyó con sus sangres en la formación de los habitantes en la actualidad.

En las tierras Bajas del Magdalena, sobre las hoyas del río Horta y las del Carare, tuvo asentamiento los Carares, cuyas tribus belicosas y errabundas desaparecieron rápidamente al enfrentarse a los conquistadores españoles.

En la jurisdicción del corregimiento de Berbeo, conocida como “La gran aldea de las cuevas”, se encontraron tribus pertenecientes a los indios Mineros y Opones, que a la llegada de los españoles opusieron gran resistencia y ante el terror impuesto por aquellos, se internaron en cuevas donde fueron humillados por los españoles. Esto lo prueba los restos, momias y los utensilios de uso doméstico encontrados en dichos socavones, de los cuales actualmente ya no se encuentran rastros.

La Conquista: En el año 1540 Martín Galeano comandó las tropas que recorrieron el territorio de los Guanes. Para Martín Galeano esto no fue una empresa fácil, ya que los nativos opusieron tenaz resistencia y les causaron numerosas Bajas; pues a pesar de estar con enormes desventajas frente a los ejércitos españoles, eran muy astutos, disciplinados y valerosos, usaban armas tales como: lanzas de 25 a 30 palmos, arcos, flechas y ondas que manejaban con gran destreza; utilizaban pequeños escudos hechos de cuero de venado y cortezas de árboles, y en los combates peleaban enardecidos con el sonido de los tambores, caracoles y bocinas.

En el Departamento de Santander, las primeras tierras habitadas fueron las del sur, la ciudad de Vélez fue la primera población fundada y su territorio comprendía las actuales Provincias de Socorro, San Gil y Soto. En los siguientes tres años de su fundación, por Martín Galeano, éste efectuó la repartición de las tierras entre sus compañeros y familiares venidos de España.

Las viviendas fueron chozas de paja con pisos de tierra, el agua era traída en vasijas de barro, las ropas fueron lavadas en los aljibes o quebradas, utilizando como lavadero piedras o pedazos de tabla, las necesidades biológicas eran hechas a campo abierto, el alumbrado lo constituía astillas de palo engrudadas con cebo, posteriormente lo reemplazaron por mecheras de petróleo, después con velas o con lámparas de gasolina. La asistencia médica la practicaban los hechiceros que hacían menjurjes o cataplasmas de hierbas ayudados con rituales, los nacimientos eran practicados por los mismos hechiceros o comadronas, que ayudaban a las parturientas sin ningún aseo, muchos niños murieron desangrados.

El único medio de transporte que existía era a lomo de mula, que servía para llevar y traer los productos que intercambiaban con la población.

1.1.2. Geografía

El municipio de El Peñón no cuenta actualmente con un acuerdo municipal en donde se reglamente su división Político Administrativa y urbana; así mismo, no cuenta con el respectivo acuerdo en donde reglamente los usos del suelo municipal, es decir, que en la actualidad no existe una herramienta legal que permita ejercer las acciones correspondientes para regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, para mantener concordancia con las estrategias de desarrollo social y económico, propuestas por los respectivos alcaldes.

En consonancia con esta situación, se hace una representación simbólica de la división territorial municipal, dispuesta con corregimientos y veredas para el área rural y por sectores para el casco urbano, evidenciando una mala concepción del significado de corregimiento, encontrándose una entremezcla de definiciones con los llamados centros poblados; la división veredal es tomada indistintamente por la comunidad, que con el pasar de los años ha construido su propia delimitación veredal y que se mantiene en el imaginario colectivo de sus pobladores. Para el casco urbano se asume que la periferia urbana llega hasta donde va el perímetro sanitario, sin mantener una idea clara de sus significancia e importancia dentro de los procesos de planificación urbana; hasta el momento no se ha presentado grandes dificultades con esta delimitación, debido al poco desarrollo urbanístico que presenta en este sector.

En la Parte II (Formulación), de este documento, se entrará a definir exactamente la división político-administrativa, urbana y rural; para esta primera parte, se hará una descripción de la división actual, acorde con la representación del espacio territorial realizada con la comunidad y funcionarios de la alcaldía.

Bien es sabido que la mayoría de municipios del país presentan conflictos de orden político-administrativo, en cuanto a la definición explícita de sus límites territoriales, tal situación obedece a varios aspectos como la dificultad de acceso a ciertas áreas, la esencia de la definición de los límites territoriales por parte de la asamblea departamental, la no concordancia de los límites político-administrativos municipales con accidentes geográficos claramente identificables.

Para el presente ejercicio de planificación se identificaron dos límites político-administrativos municipales para El peñón, avalados por dos entidades de carácter departamental y nacional, como son la Asamblea Departamental y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, presentando las siguientes áreas municipales así:

1.1.3. Áreas de los límites del Municipio del Peñón.

ORDENANZA DEPARTAMENTAL.

CATASTRO IGAC.

36426,4758 Ha.

Fuente: EOT Municipio del Peñón.¹

Para la elaboración de toda la cartografía rural se utilizó el límite de mayor extensión, es decir, el de la ordenanza departamental el cual cubre un territorio equivalente a 364,26 Km², dada la importancia que tiene la visión regional de los Planes y Esquemas de Ordenamiento territorial, y la integración a largo plazo de los mismos, se hace necesario abarcar la mayor área en los análisis del medio biofísico, en caso tal de que la instancia departamental defina o ratifique el límite del municipio de El Peñón de acuerdo con la ordenanza actual.

1.1.3.1. Localización y Extensión:

Por el Oriente: Tomando como punto de partida el cerro Zaruco en dirección norte, hasta encontrar el nacimiento de la quebrada Jabonero, por el curso de esta hasta encontrar la congruencia de la Cuchilla de Cedros. En el mismo sentido norte hasta encontrar el camino real de la loma de la Cruz, sigue hasta la cuchilla de los Medios Punto Puerta de los Medios. (son puntos de las veredas: La Hondura, El Gaital y ojo de agua).

Por el Norte: Partiendo del punto Puerta de los Medios en dirección occidente, se toma el cerro Morado, por este hasta encontrara el Filo del Grito, luego el filo del Gaque hasta encontrar el filo de sitio nuevo. Continúa en el mismo sentido hasta

¹ Tomado textualmente de el decreto número 0034 del 8 de febrero de 1993.

empalmar la cuchilla Puerta de los Cerros. (Son puntos de las veredas: Ojo de agua, San Pablo, Sitios nuevo, Agua Blanca)

Por el occidente: La cuchilla Puerta de los Cerros en sentido sur se toma la cuchilla Altamira hasta la congruencia con Filo el Gogo. Por este hasta encontrar el paso sobre el río Horta Puente Macanas. De este punto tomando el camino real de la vereda Alta Ceiba en sentido nuevamente occidente hasta encontrar el paso sobre la quebrada la Ceiba y por el cauce de esta, en sentido sur, hasta la desembocadura de la misma sobre el río Horta punto Pozo del Helecho. Siguiendo el cauce del río Horta hasta Agua Blanca, el Venado, El Godo, Alta Ceiba, San Francisco, Bocas del Horta, Socorrito y la región de la Amarilla, zona Baldía del municipio.

Por el Sur: Partiendo del cerro el Tambo en sentido oriente, pasa por el Filo de Socorrito hasta la desembocadura la quebrada la Negra sobre el río Blanco, sigue el cauce de este río hasta encontrar el paso hacia la escuela Buena Esperanza tomando el Filo la Palma Real y por este en el mismo sentido oriente hasta encontrar las estribaciones de la cuchilla del Cerro Zaruco para encontrar el punto de partida (son puntos de las veredas: Socorrito, Buena Esperanza, La Victoria, Hoya de Panamá y la Honduras).

1.1.4. Estructura Administrativa Municipal

El Municipio de El Peñón es una entidad territorial fundamental en la división política administrativa del Estado que goza de autonomía política, fiscal y administrativa, cuya finalidad es el bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. Su organización y funcionamiento esta desarrollada con arreglo a los postulados que rigen la función administrativa y regulan la conducta de los servidores públicos.

Para dar cumplimiento a lo anterior, el municipio, adoptó su estructura administrativa Mediante el Acuerdo número 002 de enero 02 de 1996 y estableció el manual de funciones y requisitos mínimo para los diferentes cargos de la Administración.

La Estructura Administrativa gira en torno al Alcalde Municipal quien es el superior jerárquico y sobre quien giran todas las decisiones de carácter administrativo. El resto es una estructura plana conformada por secretarías de despacho y demás dependencias tales como unidades, oficinas y grupos, pero se encuentra incompleta y desactualizada, por cuanto no identifica los órganos corporativos, de control, asesoría y de participación comunitaria, ni incluye la totalidad de instancias y dependencias que realmente operan y que son reconocidas por los funcionarios de la administración.

Dada esta situación se trato de diseñar la estructura organizativa real que posee actualmente el municipio, contando para ello con la participación activa de la administración, Mediante reuniones y entrevistas realizadas a sus funcionarios.

La estructura administrativa municipal se encuentra conformada por 63 funcionarios, de los cuales 40 son públicos y 23 están por orden de prestación de servicios.

De la actual estructura organizativa, puede decirse que no está acorde a los procesos de modernización del nuevo Municipio, que buscan darle un manejo empresarial estratégico que lo hagan competitivo y auto sostenible. Además, a pesar que la planta de personal es la necesaria para su normal funcionamiento, los gastos de funcionamiento son altos comparados con los ingresos propios. Esto hace inevitable una reestructuración que suprima, fusione o cree los cargos, necesarios para que el municipio se ajuste con las nuevas políticas, los nuevos lineamientos de la administración pública y normas legales. De la misma manera

que el manual de funciones y requisitos, a pesar de haber sido actualizado por el Acuerdo número 014 en el mes de marzo del 2001.

Es importante anotar que, es por intermedio de esta estructura que funciona el talento humano para lograr los objetivos propuestos, se define la jerarquía, la cantidad de funcionarios y los mecanismos que aseguran la efectiva comunicación, coordinación, e integración de esfuerzos en las dependencias del municipio. Esto para que el municipio, liderado por el Alcalde, tenga una visión con criterio de empresa, Mediante un manejo gerencial que le permita elevar sistemáticamente su capacidad y eficiencia en la utilización de sus recursos, y además que lo convierta en una auténtica unidad de gestión para producir resultados concretos y lo sintonice con las políticas departamentales y nacionales.

Otro aspecto inherente a la organización administrativa, que es importante mencionar, es el espacio físico donde actúa, del cual se puede señalar que tiene las condiciones necesarias para el normal funcionamiento y la prestación de un servicio eficiente y eficaz.

1.1.5. Límites del Municipio.

Extensión total: 130 Km²

Extensión área urbana: 14 Km²

Extensión área rural: 116 Km²

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 1.468 msnm

Temperatura Media: 12°C

Distancia de referencia: 262 Km. DE BUCARAMANGA.

1.1.6. Ecología.

La geología analiza, reconstruye e interpreta la permanente evolución de la tierra, suministra información sobre las características físicas del suelo, capacidad de soporte para las actividades antrópicas, la posible explotación del subsuelo, así como la ocurrencia de desastres naturales bien sea por las características tectónicas, por sismicidad del terreno o por fenómenos naturales como los vientos, el agua, entre otros.

La descripción de la roca, o material parental ofrece elementos de análisis para el reconocimiento de las formas del relieve y para el establecimiento de zonas con yacimientos minerales o con posibles potenciales niveles freáticos en el recurso del agua subterránea; estas descripciones también brindan idea de la composición de cada uno de los suelos, así como su evolución a partir del análisis de su grado de intemperismo, textura, estructura, contenido de materia orgánica, entre otros.

El municipio del Peñón se localiza sobre el flanco occidental de la cordillera oriental, en el departamento de Santander; para la obtención de su información geológica se empleó la información secundaria suministrada por Ingeominas en el Mapa Geológico de Santander escala 1:400.000 de 1997, la plancha geológica de Cimitarra en el cuadrángulo I11 escala 1:200.000 de 1966 y la plancha geológica No. 170 de Vélez escala 1:100.000 de 1984. En las fotografías aéreas se detectaron algunos lineamientos de falla que sin embargo no pudieron ser revisados en campo. La razón principal de esta situación fue que el acceso a varias zonas del municipio es difícil debido a la delicada situación de orden público, a esto también podemos sumar el escaso número de afloramientos rocosos en las localidades de Danubio, Socorrito, La Victoria y La Cuchilla, donde la cobertura boscosa es bastante densificada. De esta forma ha tenido que recurrirse en gran proporción a la información secundaria existente. Otra de las razones por la cual no se actualizó a gran detalle la información geológica, es que

actualmente Ingeominas tiene la cartografía geológica de la plancha 150 en concurso público, para ejecutar en el año 2003, y ya que esta, es la entidad oficial para desarrollar un estudio de esta relevancia, nos hemos limitado a la recopilación de la información existente.

1.1.7. Economía

El municipio del Peñón es un territorio de actividad agropecuaria, una región privilegiada por su riqueza forestal y de abundantes fuentes de agua en el departamento de Santander.

La estructura económica se basa en la agricultura, la ganadería y el comercio en Baja escala; sus tierras son ricas y prósperas y se dispone de abundantes fuentes hídricas que pueden garantizar el afianzamiento de procesos industrializados de producción.

Sin embargo, problemas como la deficiente infraestructura vial interveredal, las prácticas agrícolas inadecuadas en el manejo del suelo, la contaminación de las fuentes de agua, la poca adopción de tecnología, la escasa organización gremial e institucional y los conflictos violentos, entre otros, han dado lugar a que el municipio no pueda explotar eficientemente sus potencialidades; por otro lado el creciente aumento de los cultivos ilícitos, especialmente la coca (parte Baja o cálida), y la amapola (parte alta o fría), ha sido determinante en los últimos años para que las prácticas agropecuarias, pasen en sectores aislados de las diferentes veredas a un segundo plano dentro de sus prioridades de producción. (Los datos sobre cultivos ilícitos no se definen en este texto directamente, por ser veredas muy pequeñas y por que la población indica la problemática más no la ubicación, por razones de seguridad frente a los grupos al margen de la ley que allí actúan).

Para efectos del presente trabajo, tomaremos como base datos del URPA y algunos suministrados por la UMATA (los más confiables), debido al difícil inventario de porcentajes de producción por parte de la UMATA y por las técnicas de cultivo empleadas, las cuales se explicarán más adelante.

El sector primario, Se pueden clasificar así:

Cultivos permanentes y semipermanentes.

Plátano: Se siembra sin tecnificación y no se realizan labores de manejo durante el tiempo que dura la plantación, su producción se utiliza para autoconsumo y la mayoría del plátano que se distribuye en el casco urbano, proviene del corregimiento de Arales Bolívar.

En tiempo de cosecha no se aplica ningún tipo de control manual ni químico; por el método de siembra, se hace difícil el conteo del número de hectáreas sembradas, sin embargo, es el producto más representativo de los cultivos permanentes.

Caña panelera: La producción de caña panelera es empleada para la obtención de miel y utilizada para endulzar (agua de panela), y en la dieta de los animales (melaza), actualmente se está impulsando una mayor siembra de este producto para producir panela y alcanzar un pleno abastecimiento del municipio.

En general, el municipio de El Peñón mantiene una actividad económica de subsistencia, por ende sus prácticas de laboreo no mantienen ningún tipo tecnología para el mejoramiento y rendimiento de sus cosechas; los pocos excedentes generados en los procesos agrícolas son vendidos los días de mercado en la cabecera municipal, la ganadería al año 2002, no es a gran escala y se comercializa principalmente con el municipio de Bolívar, no se encuentra ninguna clase de comercio o industria de tipo intensivo, las características de

estos sectores son una entremezcla del uso residencial con alguna actividad comercial o industrial de menor escala a manera de tienda barrial, panadería o agroindustria artesanal; dando como resultado una economía con pocos excedentes y bajos ingresos per cápita. Por encontrarse dentro de varios pisos térmicos (ver subsistema biofísico), y dentro de una extensa red de hídrica, cuenta con grandes potencialidades para la realización de diferentes actividades económicas, pero por la falta de asistencia técnica de la UMATA, y a su vez, por falta de apoyo de la administración municipal, no se ha podido desarrollar ni implementar ningún encadenamiento productivo que conlleve al desarrollo económico municipal. Otra problemática generada en la última década es la proliferación de cultivos ilícitos en pequeñas proporciones, pero que han venido sacando paulatinamente de sus labores agropecuarias habituales a los campesinos, tanto de la zona alta con amapola como de la zona Baja con coca, esto ha venido repercutiendo lentamente sobre las formas de producción de la tierra y sobre el desánimo de cultivar la misma por no generar los mismos dividendos que los cultivos ilícitos.

1.1.8. Vías de comunicación.

Aéreas: No tiene

Terrestres: Vía que conduce desde Bucaramanga hasta el municipio de Barbosa, después hacia el municipio de Vélez y de allí hasta el municipio del Peñón.

Fluviales: No tiene.

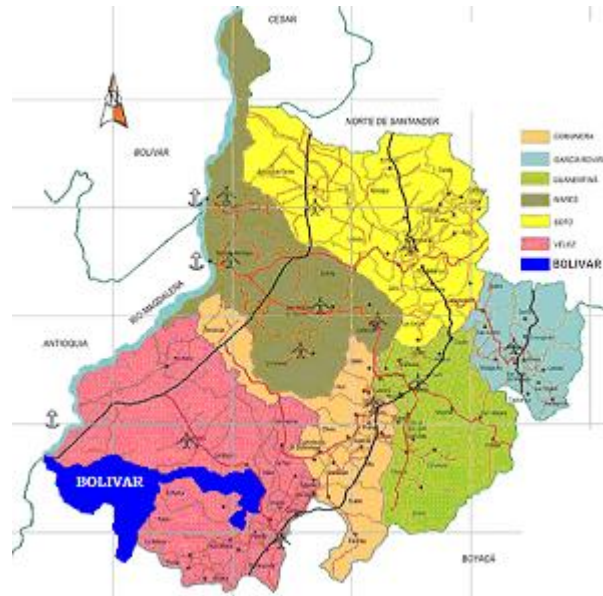
1.1.9. Veredas de influencia en el presente proyecto.

En el presente proyecto se realizarán los diseños de las Redes de Media y Baja Tensión, instalaciones internas y montaje de transformadores para la

electrificación rural de la vereda TOGUI y el corregimiento de RIOBLANCO del municipio del Peñón.

1.2. MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR

Figura 3. Municipio de Bolívar



1.2.1. Reseña Histórica.

El municipio tuvo su origen en un caserío llamado Tapias, hoy vereda la Funcia, posteriormente fue trasladado a un sitio en el corregimiento de Flórez, más tarde un sacerdote Francés llamado, José Labrús Quezada llevo los archivos a la vereda Horta y finalmente se aceptó como definitivo el lugar que hoy ocupa, en tierras de Ramón Palomino en el año 1840.

Las 12 (doce) primeras casas fueron construidas en paja, alrededor de plaza. Posteriormente se adquirió una planta hidroeléctrica para el servicio de alumbrado, la cual fue ubicada en la quebrada Pozo Verde. Para el año de 1948 fue terminado de construir el Templo Nuestra Señora del Carmen con la colaboración y empeño

de los presbíteros Pedro Antonio Castañeda Y Silvestre Gómez, el cual constituye un verdadero patrimonio arquitectónico para sus habitantes. El territorio del municipio es una de los más extensos del departamento, a pesar de las segregaciones sufridas en diferentes años. Inicialmente su extensión era de aproximadamente, 3077 kilómetros cuadrados y para hoy es de aproximadamente 971 kilómetros cuadrados, extendiéndose desde el río Cuchina, a lo largo de los ríos Carare y Horta, hasta encontrar el Magdalena.

Entre las poblaciones indígenas que habitaron este territorio se cuentan, los guanes, carares, agataes, y los yariguies. Los guanes fue el grupo que más contribuyo con su sangre en la formación del habitante actual y se ubicaron en la zona andina de nuestro municipio. Los carares fueron una tribu ubicada en la hoya de los ríos Carare y Horta, quienes por su temperamento belicoso y errabundo, desaparecieron rápidamente al enfrentar a los conquistadores.

Los españoles abrieron las primeras vías de comunicación a pie, pero no construyeron viviendas si no campamentos, debido a que su principal interés era ensanchar el camino hacia el Carare.

Durante la colonia, se introducen especies agrícolas como la caña de azúcar, vacunos y animales de carga. A Medios del siglo XIX, como fruto de la independencia, y teniendo en cuenta que Vélez continúa siendo el centro de comercio regional, punto importante en el camino hacia Santa fe de Bogotá y el río Magdalena; surgen nuevos asentamientos urbanos como Bolívar, Landázuri y Santa Helena, muy ligados al camino del Carare, desarrollándose explotaciones importantes como el cacao, la madera y la ganadería.

1.2.2. Límites del municipio.

Límites territoriales: El municipio limita territorialmente, de acuerdo con la división político-administrativa del Departamento de Santander por el Norte con los municipios de Landázuri y Cimitarra; por el Oriente con Vélez y Guavatá; por el Sur con El Peñón, Sucre, La Belleza y con el Departamento de Boyacá (municipio Puerto Boyacá), y al Occidente con el Departamento de Antioquia.

Extensión total: 1000 kilómetros cuadrados Km²

Extensión área urbana: 150 km²

Extensión área rural: 850 km²

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 2100 m.s.n.m.

Temperatura Media: 17 grados Celsius. °C

Distancia de referencia: 261 Km. desde Bucaramanga.

1.2.3. Ecología

A continuación se describen los principales factores físicos y bióticos que determinan el funcionamiento ecológico y el potencial de desarrollo del territorio bolivarense. Pisos Térmicos. El municipio de Bolívar se presentan los pisos térmicos Cálido, templado y Frío, los cuales están dados por la altura sobre el nivel del mar. Piso Térmico Cálido: Corresponde a las áreas localizadas entre los 200 - 1000 m.s.n.m y temperaturas mayores a 24 °C. Se presenta especialmente en la parte occidental del municipio en las áreas de influencia del río Magdalena, Carare. Piso Térmico Medio: Corresponde a las áreas localizadas entre los 1000 - 2000 m.s.n.m y temperaturas entre los 18 – 24 °C. Se presenta en las partes Medias del municipio. Piso Térmico Frío: Corresponde a las áreas localizadas entre los 2000 – 2600 m.s.n.m y temperaturas entre los 12 - 18 °C. Se localiza en las partes altas del municipio en límites con el municipio de Peñón, Sucre.

Bosques secundarios 100% (Bs) Esta unidad se refiere a las áreas boscosas ubicadas especialmente hacia la serranía de Las Quinchas, en las que se han realizado aprovechamientos selectivos de especies maderables. Su principal característica florística es una elevada heterogeneidad de especies, y poseen varios estratos conformados por especies de diferentes partes y una gran variedad de linazas, helechos arborescentes, palmas, etc. Dada la importancia de este bioma, es importante mantener y conservar el área intacta de estos bosques. La unidad se encuentra localizada en las veredas: Nuevo Mundo, Los Chorros, Peña Ariza, Carbonera, Arena Alta, Puerto Arena, Locación, Guinea, Agua Linda, Auyamera, Puerto Pacheco y Pozo Tortugas. Esta unidad ocupa 35.061.61 ha.

Bosques secundarios 80% - Rastrojo 20% (Bs/Ra). Esta unidad está compuesta principalmente por bosques que han sido alterados por actividad antrópica y se han realizado aprovechamientos selectivos de especies maderables: se ha plantado pastizales, o agricultura de subsistencia, en sectores abandonados y han resurgido por un proceso sucesional. Estos bosques se caracterizan por presentar diversidad de especies; estos bosques después de mucho tiempo evolucionan hacia bosques primarios, siempre y cuando cuenten con la influencia ecológica de los primarios. Esta unidad está distribuida en todo el municipio en los diferentes pisos climáticos en áreas de diferente tamaño, predominando las pequeñas. El otro componente de la unidad son los rastrojos o áreas de cultivos o pastos abandonados, que generalmente presentan condiciones aptas para el desarrollo de actividades agropecuarias o silviculturales; en estas áreas existe un grado de complejidad biótica y en algunos casos están asociados con gramíneas, herbáceas y pastos. Esta unidad ocupa una extensión de 5736.55 ha.

Consociación: Rastrojo 80% - Pastos 20% (Ra/Ps) El principal componente de la unidad son rastrojos o áreas abandonadas que se encuentran en proceso de revegetalización; el rastrojo es importante para la ecología, especialmente en márgenes de quebradas y sirve de hábitat a ciertas especies de la flora o fauna. El otro componente son pastos naturales o artificiales que no tienen un patrón de distribución definido, el uso es pecuario extensivo. Esta unidad se encuentra

localizada en las veredas Cruce de Zambito y Nutrias. Ocupa una extensión de 809.52 ha.

1.2.4. Economía

El municipio de Bolívar posee 97,150,44 hectáreas, de las cuales están dedicadas a cultivos permanentes (cacao, café) 1,141,7 hectáreas, transitorios anuales 2,876,1 hectáreas, en pastos 123,479,7 hectáreas, en bosques 15,675,1 hectáreas principalmente. La tendencia actual es la disminución de los cultivos permanentes por el bajo rendimiento de los cultivos, atribuido al ataque de plagas y enfermedades y a la falta de proyectos orientados con capacitación y asistencia técnica. La zona fría tiene una vocación de ganadería doble propósito y agricultura, que asegura la alimentación de las familias ubicadas en este medio. En clima medio con vocación ganadería doble propósito y agricultura. Un tercer territorio la vocación es Ganadería doble propósito, agricultura de cacao, café, plátano, caña, maíz y frutales. Un cuarto territorio entre los 200 y 1000 m.s.n.m., el más extenso del municipio, la vocación es ganadera, agrícola con cultivos de maíz, yuca, caña, plátano; hay bosques que están en territorios que se consideran baldíos con intervención de madereros y colonos. En el municipio la tierra dedicada a cultivos permanentes es de 0.76%, en anuales 1.9%, el 82.9 % en pastos, 3.8 % en descanso y 10.5% en bosques, atribuido a la falta de vías de comunicación, a la falta de planificación del territorio, escasez de recursos y a estrategias de producción con cultivos y especies alternativas que por sus rendimientos e ingresos estimulen al agricultor a sembrar, a usar la tecnología de una manera eficiente y a participar en los proyectos que oriente la Unidad de Asistencia Técnica del Municipio. En la zona Media los predios menores de 5 hectáreas es el 52% en la mayoría de las veredas, el 16 % de los predios son menores de 1 hectárea, el 13 % de 1 a 2 hectáreas y 23 % entre 2 y 5 hectáreas, entre 5 y 10 habría un 20 %, el 15% entre 10 y 20 y un 13 % mayores de 20 hectáreas. Al igual que en la zona fría, la zona Media del municipio presenta una

tendencia hacia la parcelación de los suelos, lo cual afecta directamente la protección y conservación de los recursos naturales y demuestra que la base económica de estas veredas está sustentada en la explotación de minifundios; además de los problemas de marginalidad económica dada la escasez de recursos, se presentan serios problemas para la sostenibilidad del agro ecosistema y la productividad agropecuaria, debido a la reducida extensión de los predios, lo que ocasiona el uso intensivo del suelo para producir los medios de subsistencia, situación que obliga a la sobreexplotación de la tierra lo cual redundando en Baja productividad y bajos niveles de ingresos para las familias campesinas. En la zona caliente la situación es muy diferente a las dos regiones anteriores, el 65% de los predios son mayores de 20 hectáreas, se reportan baldíos en el listado de 10,570 hectáreas, 10% entre 10 a 20 hectáreas, 10%, de 5 a 10 hectáreas, el 9% entre 2 y 5 hectáreas y 2% de 1 a 2 hectáreas y menores de una hectárea el 5%.

1.2.5. Vías de Comunicación.

Aéreas: No existen vías de Áreas.

Vías Terrestres: El acceso al Municipio de BOLÍVAR y su cabecera municipal, se realiza principalmente a través de la vía que se originan sobre la Vía al Carare, partiendo desde el municipio de Vélez, desde Palo blanco o por el Uvito. No obstante el municipio de BOLÍVAR cuenta además con otras vías como se menciona a continuación:

- Sucre – cabecera municipal Bolívar • Peñón – Bolívar. • Landázuri – centro Poblado Santa Rosa – Hermosura - cabecera de Bolívar. • Puerto Boyacá • Cimitarra. Algunas vías terciarias de conexión interveredal se consolidan en alternativas de acceso hacia los municipios vecinos desarrollando el intercambio comercial de productos agropecuarios.

Las vías de conexión intermunicipal e interveredal poseen, en su totalidad, la superficie de rodadura en tierra y presentan regular estado debido a las condiciones climatológicas de la región en época de invierno, a la topografía de algunos sectores y a la falta de disponibilidad de recursos suficientes para su mantenimiento continuo.

2. RESUMEN GENERAL DEL PROYECTO

2.1. MUNICIPIO DEL PEÑÓN

En el presente proyecto se diseñaron las Redes de Media y Baja Tensión, instalaciones internas y montaje de transformadores para la electrificación rural de la vereda TOGÜI y el corregimiento de RIOBLANCO del municipio del Peñón.

2.1.1. Número de usuarios.

Vereda TOGÜI:	24 usuarios.
Corregimiento de RIOBLANCO:	18 usuarios.

2.1.2. Tipo de Acometida.

Vereda TOGÜI:	16 usuarios	Monofásico	Trifilar	y	8 usuarios
					Monofásico Bifilar.
Corregimiento de RIOBLANCO:	10 usuarios	Monofásico	Trifilar	y	8 usuarios
					Monofásico Bifilar.

2.1.3. Demanda máxima por usuario.

DM = 1.7 KVA.

2.1.4. Cantidad de Transformadores.

Vereda TOGÜI:	8 Transformadores.
Corregimiento de RIOBLANCO:	7 Transformadores.

2.1.5. Líneas y redes.

- Para las redes de MT se proyectaron redes Bifásicas a 13.2 KV, en conductor No 2 AWG-ACSR.
- Para las redes de BT se proyectaron redes en cable trenzado Triplex en 2#4+1#4 AWG THW, en conductores tipo red antifraude.

2.2. MUNICIPIO DE BOLÍVAR

En el presente proyecto se diseñaron de las Redes de Media y Baja Tensión, instalaciones internas y montaje de transformadores para la electrificación rural de la vereda AGUALINDA del Municipio de Bolívar Santander.

2.2.1. Número de Usuarios.

Vereda AGUALINDA: 27 usuarios.

2.2.2. Tipo de Acometida.

Vereda AGUALINDA: 17 usuarios Monofásico Trifilar y 10 usuarios Monofásico Bifilar.

2.2.3. Demanda máxima por usuario.

DM = 1.7 KVA.

2.2.4. Cantidad de Transformadores

Vereda AGUALINDA: 8 Transformadores.

2.2.5. Líneas y redes.

- Para las redes de MT se proyectaron redes Bifásicas a 13.2 KV, en conductor No 2 AWG-ACSR.
- Para las redes de BT se proyectaron redes en cable trenzado Triplex en 2#4+1#4 AWG THW, en conductores tipo red antifraude.

3. MEMORIAS DE CÁLCULO DISEÑO ELÉCTRICO

Dada la importancia de los cálculos eléctricos para la óptima utilización de las redes eléctricas y junto al actual interés por parte de los entes del sector eléctrico para el uso racional de la energía, el presente capítulo tiene como objetivo establecer los parámetros necesarios para el desarrollo de la metodología de cálculo del sistema eléctrico junto a la generación de las respectivas especificaciones técnicas y demás características mínimas necesarias para el desarrollo del proyecto en todas sus fases.

Ya que el objeto del presente proyecto es el cálculo y diseño de las redes eléctricas de distribución e instalaciones eléctricas internas a nivel rural, se dará un énfasis especial a todo lo referente a este tipo de redes, analizando no sólo la parte técnica sino que su eficiencia técnica y viabilidad económica junto a las condiciones de operación y seguridad.

3.1. NORMATIVA

Con base en los requisitos normativos y reglamentaciones vigentes para el territorio Colombiano, se presentan a continuación, las normas y reglamentos que se tendrán en cuenta para el diseño y la construcción de redes eléctricas rurales en el departamento de Santander:

- ESSA, “Normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución” , última actualización año 2005.
- Adenda modificatoria a la norma para cálculo y diseño de sistemas de distribución de la electrificadora de Santander S.A ESP., CRITERIOS

TÉCNICOS PARA LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS RURALES, última actualización septiembre de 2010.

- RETIE. “Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.” Resolución 180195 Ministerio de minas y energía, Febrero de 2009.
- CREG. Reglamento de distribución de energía eléctrica “Resolución CREG 070 de 1998”.
- ICONTEC. NTC 2050 “Código eléctrico colombiano”. Ultima versión noviembre de 1998.
- ICONTEC. NTC 2958 “Cajas para instalación de medidores de energía eléctrica”. Ultima versión septiembre de 2010.
- ICONTEC. NTC 3444 “Armarios para instalación de medidores de energía eléctrica”. Ultima versión octubre de 1992.
- ICONTEC. NTC 1340 “Tensiones nominales en sistemas de energía eléctrica a 60 Hz en redes de servicio público” Ultima versión agosto de 2004.
- ICONTEC. NTC 818 “Transformadores monofásicos Autorrefrigerados y sumergidos en líquido. Corriente sin carga, pérdidas y Tensión de cortocircuito”. Ultima versión noviembre de 1995.
- ICONTEC. NTC 819 “Transformadores trifásicos Autorrefrigerados y sumergidos en líquido. Corriente sin carga, pérdidas y Tensión de cortocircuito”. Ultima versión noviembre de 1995.
- ICONTEC. NTC 3275 “Especificaciones para aisladores fabricados de materiales poliméricos (Aisladores tipo suspensión)”. Ultima versión noviembre de 1991.
- ICONTEC. NTC 1329 “Prefabricados en concreto. Postes de concreto armado para líneas de energía y telecomunicaciones”. Ultima versión mayo de 1995.
- ICONTEC. NTC 2754 “Símbolos gráficos para diagramas. Planos y diagramas instalación para arquitectura y topografía”. Ultima versión septiembre de 2002.

3.2. PARÁMETROS DE DISEÑO

3.2.1. Características del servicio

3.2.1.1. Demanda máxima por nivel de Tensión

Tabla 1. Demanda máxima por nivel de Tensión

TENSIÓN (V)	SERVICIO RESIDENCIAL (KVA)
Baja	Hasta 15
Media (13200)	Hasta 500
Media (34500)	Hasta 5000

Fuente: Norma ESSA, Tabla 2.1 Demandas máximas por niveles de Tensión

3.2.1.2. Niveles de Tensión de diseño

Tabla 2. Niveles de Tensión de diseño

Servicio	Baja Tensión(V)	Media Tensión
Residencial	240-120	13200

Fuente: Norma ESSA, Tabla 2.2 Niveles de Tensión de diseño

3.2.1.3. Porcentaje de regulación de voltaje

La regulación de Tensión se calculará en base a la demanda máxima diversificada y proyectada de diseño. Los porcentajes de regulación permitidos para las redes de Baja Tensión serán:

Tabla 3. Porcentajes máximos de regulación de voltaje

Descripción	%
Red de Media Tensión	3
Redes de distribución, B.T., zona rural	3
Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) desde redes de la Empresa	2
Circuito ramal interno	2

Fuente: Norma ESSA Adenda abril 2010, artículo 5 “Parámetros de diseño”.

La regulación máxima permitida desde la subestación de distribución hasta el tablero de distribución debe ser como máximo de 7% por zona rural.

Para las redes de distribución en Media Tensión, la regulación máxima permitida desde la subestación de distribución hasta la subestación más distante, se permite hasta un 3 %.

3.2.1.4. Pérdidas máximas de energía

Tabla 4. Pérdidas máximas de energía

Componente	Energía (%)	Potencia (%)
Alimentadores primarios	0,5	0,8
Transformadores	2,2	2
Redes de Baja Tensión	2,7	5,5

Fuente: Norma ESSA, Tabla 2.4 Pérdidas máximas de energía y potencia

En todo caso las pérdidas totales de energía en el nivel 1 (transformador y red de Baja Tensión), no deben superar el 4,65 %.

A su vez, las pérdidas totales de potencia para transformadores se tomarán de acuerdo a las normas NTC 818, NTC 819 y NTC 1954.

3.2.1.5. Impedancias de puesta a tierra

Tabla 5. Impedancias de puesta a tierra

Descripción	Nivel (V)	Z máxima (Ohm)
Subestación de distribución	13200	10
Redes de Baja Tensión	B.T.	20
Acometidas	B.T.	30 (*)

Fuente: Norma ESSA, Tabla 2.5 Impedancias de puesta a tierra

(*) La medida de puesta a tierra de las acometidas no debe ser menor que la de las redes de Baja Tensión.

La medida de la impedancia de puesta a tierra se toma sin tener conectados los aparatos a proteger.

3.2.1.6. Clase de apantallamiento

Las salidas de la línea por descargas directas o flameo inverso no deben superar por cada 100 Km. por año.

Tabla 6. Salidas de descargadores de sobreTensión

Nivel de Tensión (kV)	Número de salidas
-----------------------	-------------------

34,5	11
13,2	15

Fuente: Norma ESSA, Tabla 2.6 Salidas máximas de líneas

3.2.1.7. Distancias mínimas

Las distancias de seguridad establecidas en el siguiente apartado, aplican a conductores desnudos.

Las distancias verticales se toman siempre desde el punto energizado más cercano al lugar de posible contacto.

Las distancias horizontales se toman desde la fase más cercana al sitio de posible contacto.

Para el caso de las redes trenzadas de Baja Tensión, no se aplican estas distancias.

- ***Distancias mínimas de aislamiento***

Tabla 7. Distancias mínimas de aislamiento

Descripción	13,2 KV
Entre fases	0,6 m
Entre fase y masa	0,23 m

Fuente: Norma ESSA, Tabla 2,12 y 2,13 Distancia vertical mínima en metros entre conductores sobre la misma estructura

- ***Distancia mínima de conductores a tierra***

Tabla 8. Distancias mínimas de seguridad para diferentes lugares y situaciones

Obstáculo	<1 KV	13,2 KV
Distancia mínima al suelo en cruces con carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular.	5,6 m	5 m
Cruce de líneas aéreas de Baja Tensión en grandes avenidas.		5,6 m
Distancia mínima al suelo desde líneas que recorren avenidas, carreteras y calles. (figura 2)	5 m	5,6 m
Distancia mínima al suelo en bosques, áreas cultivadas, pastos, huertos, etc.	5 m	5,6 m
Distancia vertical en cruces con ríos, canales navegables o flotantes para adecuados para embarcaciones con altura superior a 2 m y menor a 7 m.	9,6 m	10,2 m

Fuente: Norma ESSA, Tabla 2.10 Distancias mínimas de seguridad para diferentes lugares y situaciones

- ***Distancias horizontales mínimas a edificaciones y estructuras similares***

Figura 4. Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones

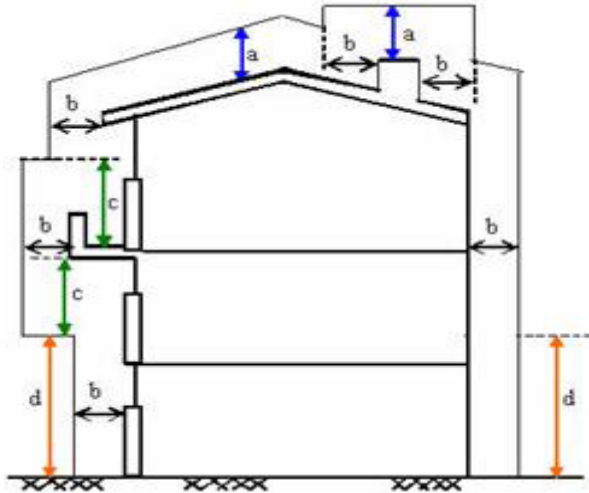


Tabla 9. Distancias mínimas a edificaciones y estructuras similares

Descripción	Distancia en metros	
	< 1 KV	13,2 kV
Distancia vertical “a” sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas.	0,45	3,8
Distancia horizontal “b” a muros, proyecciones, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas.	2,3	1,7
Distancia vertical “c” sobre o debajo de balcones o techos accesibles a vehículos de máximo 2,45 m de altura.	4,1	3,5
Distancia vertical “d” a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular.	5,6	5

Fuente: Norma ESSA, Tabla 2.9 Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones

3.2.1.8. Calibres mínimos de conductores

Tabla 10. Calibres mínimos de conductores redes Aéreas

Red	Utilización	Instalación	Material	Calibre mínimo AWG
MT	Rural	Aérea	ACSR	2
BT	Rural	Aérea	ACSR	4
	Acometida	Aérea	THW	6(Al) – 8 (Cu)

Fuente: Norma ESSA, Tabla 3.13 Utilización de conductores

Para poblaciones menores a 50.000 habitantes el calibre mínimo podrá ser inferior, previa aprobación por la Empresa.

3.2.2. Características De La Demanda

3.2.2.1. Estrato Socio-económico

Dadas las condiciones de la red eléctrica de la cual hace parte este diseño y de las posibles cargas a conectar en cada una de las viviendas, se ha optado por tomar el Estrato socio-económico bajo (1), como el predominante en la zona.

3.2.2.2. Factor de potencia

Usuario residencial	0,95 en atraso
Alumbrado público	0.90 en atraso

3.2.2.3. Demanda máxima por usuario

Dadas las condiciones de carga promedio de las edificaciones de las zonas rurales de la región se ha estimado una D_{max} de 2,89 KVA por cada usuario, lo cual corresponde según la metodología de la ESSA al siguiente cálculo tipo:

Vivienda tipo:	40 m ²
Carga por metro cuadrado	32 VA/m ²

Carga iluminación y salidas eléctricas	1280 VA
Artefactos Cocina y pequeños artefactos	1500 VA
Lavadora o Plancha	1500 VA
Carga Total Instalada	4280 VA

Según la metodología para la determinación de la demanda máxima presentada en la sección 2,3,1 de la Norma de la ESSA, se aplicaran los siguientes factores de demanda:

Carga artefacto mayor potencia	1500 VA
Carga restante al 50%	1390 VA
Demanda Máxima	2,89 kVA por usuario tipo

Sin embargo para las zonas rurales, con usuarios en estratos 1 y 2, la demanda máxima por cada usuario, puede ser estimada como se indica a continuación:

$$D_{\max-rural} = \frac{(S_M + [32VA / m^2] * area (m^2) * 0,5) * N}{F_{div}} \quad [1]$$

Donde:

S_M Carga aparato mayor potencia.

N Número de usuarios.

F_{div} Factor de diversidad sector residencial

$$D_{\max-rural} = \frac{(1500VA + ([32VA / m^2] * 40 m^2) * 0,5) * 1}{1}$$

D.Máx-rural= 2,140 KVA por usuario.

3.2.2.4. Factor de diversidad

Sin embargo, dada la baja probabilidad que todos los usuarios conectados a la misma red estén consumiendo simultáneamente su carga máxima demandada D_{max} , la electrificadora ha generado las curvas del factor de diversidad para los diferentes sectores o estratos socio-económicos, para el sector residencial estrato dos, están dada por la siguiente ecuación:

$$FDIV = \frac{1}{0.2 + 0.8 * e^{\left(\frac{1-N}{6}\right)}} \quad [2]$$

Donde:

N Número de usuarios

3.2.2.5. Demanda máxima diversificada sector rural.

Para los proyectos de electrificación rural en particular, se deberán diseñarse bajo los siguientes técnicos en cuanto a la demanda máxima diversificada se refiere, aplicando la siguiente tabla, la cual hace parte de la agenda para electrificación rural, expedida por la ESSA.

Tabla 11. Demanda máxima diversificada.

ELECTRICACION RURAL				
Usuarios	KVA/Usuario	KVA TOTAL	KVA TRAFO	% CARGA
1	0.8	0.8	3	27
2	0.7	1.4	3	47
3	0.6	1.8	3	60
4	0.6	2.4	3	80
5	0.6	3	3	100
6	0.55	3.3	5	66
7	0.55	3.85	5	77
8	0.55	4.4	5	88
9	0.5	4.5	5	90
10	0.5	5	5	100

Fuente: *Norma ESSA Adenda modificatoria a la norma para cálculo y diseño de sistemas de distribución de abril de 2010 punto 8.*

3.3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS

3.3.1. Red de Media Tensión

La red de Media Tensión se tomará de los tres puntos de derivación existentes, para la vereda Agualinda, la estructura existente se encuentra codificada por el sistema de georreferenciación **EnerGis** de la Electrificadora de Santander con el número 7837429 del corregimiento la linda.

Para el corregimiento Río Blanco: Se conectará de la estructura final de la red que viene de la vereda Rio Blanco Fase I, la cual no tiene aún levantamiento de código **EnerGis** por parte de la ESSA.

Para el corregimiento de Togüi: Se conectará de la red existente que viene de la subestación principal de Barbosa, como lo muestra el plano de diseño, esta estructura de arranque no cuenta con código de identificación **EnerGis** .

La red de Media Tensión se diseñó en conductor ACSR calibre 2 AWG, de acuerdo con los requerimientos mínimos establecidos en la adenda para los sistemas de distribución de las Zonas Rurales de la ESSA de abril de 2010.

3.3.1.1. Nivel de Tensión

El nivel de Tensión de diseño de la red de Media Tensión es de 13200 voltios.

3.3.1.2. Tipo de distribución

La distribución de la red de Media Tensión será trifásica en instalación aérea (Normas ESSA, numerales 5.1.2.1 y 5.1.3), y de acuerdo con lo establecido en la adenda a la Norma de la ESSA para instalaciones rurales.

3.3.1.3. Protección y maniobra

En los puntos de derivación se instalarán cortacircuitos con fusible tipo K, más lentos que el fusible tipo H utilizado en los transformadores, con el fin de garantizar la selectividad de las protecciones.

El fusible se calcula con base en la corriente de la demanda máxima diversificada inicial y en la capacidad nominal de los transformadores privados alimentados por la derivación.

De igual forma, todo circuito derivado de un alimentador principal en Media Tensión se protegerá con cortacircuitos tipo abierto que utilizarán hilos fusibles tipo T (Lento). Los fusibles por el primario de los transformadores de distribución deberán ser de tipo dual o lento-rápido, si por alguna razón plenamente justificada, se instale un transformador no autoprotegido o convencional.

La protección de la acometida aérea en Media Tensión con longitud inferior a 50 metros no requiere protección adicional a la del transformador; si la longitud está entre 50 y 150 metros se protegerá con cortacircuito tipo abierto con fusible, y si la longitud supera los 150 metros, se utilizará cortacircuito tipo abierto con fusible y dispositivo de protección de sobre tensión tipo distribución (DPS).

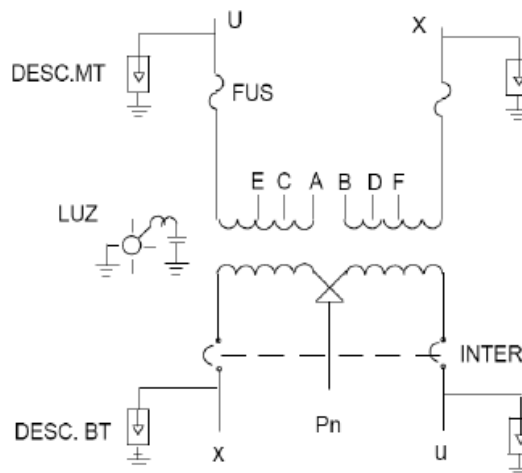
3.3.2. Transformadores

El transformador debe ser completamente autoprotegido (Fusible y DPS por M.T, e interruptor y DPS por B.T), como se muestra en la figura siguiente:

Para efectos de la conexión, desconexión, verificación y/o mantenimiento del transformador autoprotegido conectado a nivel de Tensión de 13.2 kV, se debe instalar aguas arriba del transformador cajas cortacircuitos (con hilo o conductor no fusible), como medio de seccionamiento, para la operación segura sobre la red.

El uso del transformador convencional (no autoprotegido), queda condicionado a la autorización de ESSA, previa a la debida justificación del caso. Se exceptúa el transformador de 3 kVA el cual ha de ser convencional, ya que por restricciones de fabricación de la protección de Media Tensión no se fabrica autoprotegido.

Figura 5. Transformador Autoprotegido



Fuente: *Norma ESSA Adenda modificatoria a la norma para cálculo y diseño de sistemas de distribución de abril de 2010, Artículo 5.*

3.3.2.1. Determinación de la capacidad de los transformadores

Para determinar la capacidad de los transformadores se tuvo en cuenta la Tabla 11 “Demanda diversificada”, la cual define la capacidad de los transformadores a instalar de acuerdo al número de usuarios, para las redes rurales, según la adenda modificatoria a la Norma para el Cálculo y Diseño de Sistemas de

Distribución de la Electrificadora de Santander, esta adenda aplica para las redes de electrificación rural. Por lo tanto se observan para el caso de nuestro diseño los siguientes parámetros de selección de los transformadores.

- **Para el grupo de 10 usuarios:** Transformador monofásico de 5 KVA Auto protegido.*
- **Para el grupo de 5 usuarios:** Transformador monofásico de 3 KVA convencional.**

(*) (**) Ver adenda modificatoria a la Norma para el cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución de la Zona rural ESSA.

3.3.2.2. Selección de conductor económico para un usuario

Según lo expresado en el ANEXO 2 de la adenda modificatoria a la norma para el cálculo y diseño de sistemas de distribución de la electrificadora de Santander, se muestra la tabla de sensibilidad para la selección del conductor económico, el cual hace parte de la metodología propuesta por la ESSA, para la selección del conductor desde el punto de vista económico, aparte de la capacidad del transformador según el número de usuarios, y los cálculos de regulación para distancias típicas y diferentes usuarios, además muestra los límites de distancia del conductor elegido, de las redes de distribución en Baja Tensión, para las Instalaciones Eléctricas rurales.

Sólo se tomaron los datos más relevantes de acuerdo a la distribución de los proyectos, es decir sólo se mostrarán los datos que aplican en los diseños realizados para la vereda de Agualinda del Municipio de Bolívar, Togüi del municipio del Peñón y el corregimiento de Río Blanco en el municipio del Peñón.

Tabla 12. Selección de conductor económico para un usuario zona rural.

Usuarios	Demanda (KVA)	Distancia (m)	(Kva)*m=M	% Reg cable secundario Triplex #4 AWG. Red Trenzada	% Reg cable secundario Duplex # 4 AWG. Red Trenzada
1	0.8	50	40	0.22	0.73
1	0.8	100	80	0.43	1.46
1	0.8	150	120	0.65	2.19
1	0.8	200	160	0.87	2.92
1	0.8	210	168	0.91	3.06
1	0.8	300	240	1.3	4.38
1	0.8	400	320	1.74	5.84
1	0.8	500	400	2.17	7.3
1	0.8	600	480	2.61	8.76
1	0.8	650	520	2.82	9.49
1	0.8	690	552	3	10.07

Fuente: Anexo 2. Adenda modificatoria a la Norma para Cálculos y Diseño de sistemas de distribución de la electrificadora de Santander. Instalaciones rurales Abril de 2010.

Esta información se tomó como referencia para el diseño, sin embargo los cálculos exactos de regulación, perdidas de potencia y energía, exactos para las redes de los tres diseños, se muestran detalladamente en el cuadro anexo A.

De la Tabla 12, se puede concluir que para un usuario en red Duplex # 4 AWG red trenzada, la longitud máxima del alimentador será 200 metros, para cumplir con la regulación máxima permitida de 3%. De igual forma la longitud máxima permitida para no sobrepasar el 3%, con red trenzada en cable Triplex # 4 AWG será de 690 metros.

3.3.2.3. Selección de conductor económico para dos usuarios

Tabla 13. Selección de conductor económico para dos usuarios zona rural.

Usuarios	Demanda (KVA)	Distancia (m)	(Kva)*m=M	% Reg cable secundario Triplex #4 AWG. Red Trenzada	% Reg cable secundario Duplex # 4 AWG. Red Trenzada
2	0.7	50	70	0.38	1.28
2	0.7	100	140	0.76	2.55
2	0.7	110	154	0.84	2.81
2	0.7	120	168	0.91	3.06
2	0.7	200	280	1.52	5.11
2	0.7	250	350	1.9	6.38
2	0.7	300	420	2.28	7.66
2	0.7	350	490	2.66	8.94
2	0.7	370	518	2.81	9.45
2	0.7	390	546	2.96	9.96
2	0.7	400	560	3.04	10.22

Fuente: Anexo 2. Adenda modificatoria a la Norma para Cálculos y Diseño de sistemas de distribución de la electrificadora de Santander. Instalaciones rurales Abril de 2010.

De la Tabla 15, se puede concluir que para dos usuarios en red Duplex # 4 AWG red trenzada, la longitud máxima del alimentador será 110 metros, para cumplir con la regulación máxima permitida de 3%. De igual forma la longitud máxima permitida para no sobrepasar el 3%, con red trenzada en cable Triplex # 4 AWG será de 390 metros.

3.3.2.4. Selección de conductor económico para tres usuarios

De la Tabla 16, se puede concluir que para tres usuarios en red Duplex # 4 AWG red trenzada, la longitud máxima del alimentador será 90 metros, para cumplir con la regulación máxima permitida de 3%. De igual forma la longitud máxima permitida para no sobrepasar el 3%, con red trenzada en cable Triplex # 4 AWG será de 300 metros.

Tabla 14. Selección de conductor económico para tres usuarios zona rural.

Usuarios	Demanda (KVA)	Distancia (m)	(Kva)*m=M	% Reg cable secundario Triplex #4 AWG. Red Trenzada	% Reg cable secundario Duplex # 4 AWG. Red Trensada
3	0.6	50	90	0.49	1.64
3	0.6	70	126	0.68	2.3
3	0.6	90	162	0.88	2.96
3	0.6	100	180	0.98	3.28
3	0.6	150	270	1.47	4.93
3	0.6	200	360	1.95	6.57
3	0.6	250	450	2.44	8.21
3	0.6	290	522	2.83	9.52
3	0.6	300	540	2.93	9.85
3	0.6	310	558	3.03	10.18

Fuente: Anexo 2. Adenda modificatoria a la Norma para Cálculos y Diseño de sistemas de distribución de la electrificadora de Santander. Instalaciones rurales Abril de 2010.

Cabe anotar que la norma amplía estos cuadros a un número mayor de usuarios, pero dado que el presente proyecto no cuenta con más de tres usuarios por alimentador, dadas las características de distribución del mismo, no se hace necesario presentar los resultados para los diferentes números de usuarios, que la norma presenta en su anexo 2.

3.3.2.5. Ubicación

Los transformadores se ubicaron en lo posible en los centros de carga, y teniendo en cuenta los límites máximos permitidos de regulación de acuerdo a la distancia y al número de usuarios conectados al ramal, posteriormente se expondrá la tabla de sensibilidad para la selección del conductor económico, de acuerdo a lo establecido en la adenda Modificatoria a la Norma para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución de la Electrificadora de Santander de abril de 2010.

En el presente proyecto se procuró, ubicar centros de carga para la instalación de los transformadores, pero vale la pena aclarar, que en proyectos de electrificación

rural, no es fácil lograr este objetivo, dada la dispersión de las viviendas, característica de estas zonas.

3.3.2.6. Protección y maniobra

Sobrecorrientes: Se utilizarán cortacircuitos tipo abierto con hilo fusible tipo H, que se seleccionará de la siguiente forma:

$$I_{np} = \frac{S_n}{\sqrt{3} * V_p} \quad [3]$$

Donde:

I_{np} : Corriente nominal primaria en amperios

S_n : Capacidad nominal del transformados en KVA

V_p : Tensión primaria de línea KV.

La corriente nominal del fusible se selecciona de acuerdo con el valor normalizado superior más próximo a la corriente nominal primaria calculada.

- **Sobrecorrientes para 3 KVA:** Se utilizarán cortacircuitos tipo abierto con hilo fusible tipo H de 1A por cada polo, para los transformadores de 3 KVA.
- **Sobrecorrientes para 5 y 10 KVA:** Para los transformadores de 5 y 10 KVA, la Norma establece que estos deben ser autoprotegidos y que se instalaran cajas cortacircuitos con hilos no fusibles para maniobra y mantenimiento.

Sobretensiones: Se usaran pararrayos tipo distribución, seleccionados con base en los criterios establecidos en las normas de la ESSA para tal fin (numeral 8.7). En su ubicación se debe tener en cuenta que eléctricamente queden lo mas próximo posible al transformador y “aguas abajo” de los cortacircuitos.

Bajante de puesta a tierra. Para el Bajante de puesta a tierra de los pararrayos se utilizará un conductor de cobre desnudo con un calibre mínimo de 2 AWG (Normas ESSA, numeral 8.3.3.3). Este conductor deberá estar conectado a través de un ducto de acero galvanizado de ½”, a una varilla copperweld con un diámetro mínimo de 5/8” y una longitud mínima de 1.8 metros. La puesta a tierra del neutro del lado de Baja Tensión se conectará con el Bajante de puesta a tierra de los pararrayos, a través de un puente, eléctricamente, lo mas corto posible , el calibre de la puesta a tierra del neutro se seleccionará acorde con el mayor calibre de fase del Bajante del transformador (Norma ESSA, numeral 8.3.3.3).

Cuando el calibre del neutro del transformador sea mayor al calibre del cable de puesta a tierra de los pararrayos, se tomará el calibre de este último igual al calibre del neutro del transformador.

Puesta a tierra de los transformadores: El terreno tiene las siguientes características:

Formado por sedimentos aluviales consolidados, se distinguen arenas e intercalaciones arcillosas. Su constitución permite una circulación freática lenta cerca a la superficie con la presencia de niveles muy propicios para obtener aguas subterráneas sub-superficiales.

Estos resultados son satisfactorios y permiten utilizar el sistema de puesta a tierra mencionado (varilla copperweld con un diámetro mínimo de 5/8” y una longitud mínima de 2,4 metros).

Cálculo del Bajante del transformador. El cálculo del calibre para el Bajante del transformador se realizará con base en la corriente nominal secundaria del transformador. El conductor deberá ser en cobre aislado.

$$I_{ns} = \frac{S_n}{\sqrt{3} * V_s}$$

[4]

Donde:

Ins: Corriente nominal secundaria del transformador en amperios.

Sn: Capacidad nominal del transformador en KVA

Vs: Tensión secundaria de línea en KV (0.240 KV)

El calibre del neutro del Bajante se escogerá con una capacidad ampérimétrica mayor o igual al setenta por ciento (70%) de la capacidad ampérimétrica del conductor seleccionado para las fases.

3.3.3. Redes de Baja Tensión

El diseño de las redes de Baja Tensión se realizó teniendo cuidado de permitir la suplencia con las redes del transformado contiguo, con el propósito de garantizar la continuidad en el servicio de energía en el caso de mantenimiento o falla de las redes. También se trató de aprovechar al máximo el trazado de las redes existentes actualmente.

3.3.3.1. Tipo de distribución

La red de distribución en Baja Tensión deberá ser siempre trenzada. En casos especiales, tal como, cuando se supera el esfuerzo mecánico permitido de la red trenzada, se deberá tender integralmente (fase(s) y neutro) la red de Baja Tensión en conductor ACSR del calibre apropiado, previo estudio de justificación del diseñador y autorización final de ESSA.

Para el desarrollo del presente proyecto, la red de B.T. será monofásica trifilar en red trenzada aérea (en cable Triplex 2#4+1#4 AWG ASCR) y para algunos otros tramos monofásica bifilar en red trenzada aérea (cable Duplex 2#4 AWG ASCR)

La selección de la red se hizo con base en el cuadro de selección del conductor económico (ver cálculos de regulación y de capacidad ampérimétrica), proporcionado por la adenda modificatoria de las Instalaciones Rurales de la Electrificadora de Santander, adenda de abril de 2010.

3.3.3.2. Regulación de Tensión

Para el cálculo de la regulación de Tensión se utilizó el método del momento eléctrico tramo a tramo. De acuerdo con este método:

$$\% \delta = \left(\frac{K_G * M}{V_L^2} \right) * FC \quad [5]$$

Donde:

$\% \delta$: Porcentaje de regulación

K_G : Constante generalizada, en Ohm/Km (numeral 8.3.4, normas ESSA)

M: Momento eléctrico del tramo, en KVA-m

V_L : Tensión de línea de diseño, en voltios (208 V)

FC: Factor de corrección por tipo de red y subestación. (Ver Tabla 16)

$$K_G = 100 * r * \text{Cos} \Theta * x * \text{Sen} \Theta \quad [6]$$

Donde:

r: Resistencia del conductor en Ohm/Km

x: Reactancia inductiva en Ohm/Km

Θ : Ángulo del factor de potencia

Para conductores aéreos de aluminio reforzado en Media Tensión, el valor de la constante K_G para factor de potencia 0.9 y 0.95 se encuentran en el siguiente cuadro:

Tabla 15. Valor de la constante K_G para conductor aislado (ACSR)

Constante K_G (Ohm/Km)		
Calibre AWG	Factor de potencia	
	0,9	0,95
4	163,31	164,76
2	113,68	112,33
1/0	81,25	78,17
2/0	69,45	66,07

Fuente: Norma ESSA, Tabla 3.23 Constantes de regulación para Conductores al aire libre. Aluminio con alma de acero (ACSR), VL= 13,2KV.

Los valores de la constante de regulación (K) obtenidos en los numerales bajo la anterior metodología están dados para sistemas tetrafilares balanceados en Baja Tensión y balanceados en Media Tensión. Para otras conexiones se debe multiplicar el valor obtenido por los factores indicados en la Tabla 19.

Tabla 16. Factor de corrección por tipo de red y subestación

Tipo de subestación	Tipo de red			
	Monofásica (FN)	Bifilar (FF)	Trifilar (FFN)	Trifásica (FFN)
Monofásica	8	2	8	---
Trifásica	6	2	2,25	1

Fuente: Norma ESSA, Tabla 3.26 Factores de corrección para otras conexiones.

- **Regulación parcial.** Corresponde al valor calculado para un tramo, con el procedimiento explicado en el numeral anterior.
- **Regulación acumulada.** Es la regulación de un conjunto de tramos consecutivos. Se obtiene como la suma de los porcentajes de regulación de cada tramo.

Tablas de cálculo de regulación. Se encuentran en el anexo A y fueron realizadas con el programa EXCEL de Microsoft Office 2006

3.3.3.3. Longitud máxima de acometida

Se obtiene a partir del porcentaje de regulación de Tensión máxima permitido para acometidas (1%)

$$\%R = \left(\frac{K_G * M}{V_L^2} \right) * FC$$

$$1 = \left(\frac{K_G * D_{MAX} * L_{max}}{208^2} \right) * FC$$

$$L_{max} = \left(\frac{208^2}{1,974 * K_G} \right) * \left(\frac{1}{FC} \right) \quad [m] \quad [7]$$

Donde:

L_{max} : Longitud máxima de acometida en metros

V_L : Voltaje de línea de diseño en voltios (208V).

D_{max} : Demanda máxima para un usuario en KVA.

K_G : Constante generalizada de regulación, en Ohm/Km (numeral 8.3.4, normas ESSA)

FC: Factor de corrección por tipo de acometida y subestación.

Teniendo en cuenta que el calibre mínimo AWG establecido por la norma ESSA 8.3.1 para acometidas aéreas es No. 8 de conductor de aluminio TW o THW; se calculó la longitud máxima de acometida para los calibre 8 y 6.

Tabla 17. Longitud máxima de acometida

Calibre AWG conductor AL TW-THW	K_G (Ohm/Km)	Acometida aérea [m]		
		Monofásica FC=6	Trifilar (FFN) FC= 2,25	Trifásica FC=1
8	379,4	9,62	25,67	57,77
6	242,66	15,05	40,14	90,31

Fuente: Autores.

3.3.3.4. Pérdidas de energía y potencia

Los porcentajes de pérdidas de potencia y energía se cumplirán tanto para la red de Baja Tensión como para cada uno de los ramales, con el fin de garantizar un funcionamiento eficiente de la red de distribución.

Pérdidas de potencia: El porcentaje de pérdidas de potencia se calcula para las redes de Baja Tensión según la siguiente expresión:

$$\% P_p = 100 * \sum \left(\frac{\text{Potencia.perdida.por.tramo}}{\text{Potencia.total.entregada.a.la.red.normal}} \right)$$

$$\% P_p = 100 * \sum \left(\frac{P_{PT}}{P_T} \right)$$

[8]

Donde:

$\% P_p$ Porcentaje de pérdidas de potencia

P_{PT} : Potencia activa perdida de tramo

P_T : Potencia total activa entregada a la red ó ramal

$$P_{PT} = \sum_{i=1}^N I_i^2 * R_i$$

[9]

Donde:

N: Número de conductores por tramo

I_i : Corriente eficaz de cada conductor del tramo, calculada con base en la demanda máxima diversificada y proyectada a 15 años del tramo en estudio.

R_i : Resistencia de cada conductor del tramo

El porcentaje de perdidas calculado como se explicó anteriormente debe ser menor al 5.5% (Normas ESSA numeral 2.1.4).

Perdidas de energía: Las pérdidas de energía se calculan según la siguiente ecuación:

$$\% P_E = 100 * \left(\frac{\sum \text{Energia.perdida.por.tramo.en.un.dia}}{\text{Energia.total.entregada.a.la.red.o.ramal.en.un.dia}} \right)$$

$$\% P_E = 100 * \left(\frac{\sum E_{PT}}{E_T} \right)$$

[10]

Donde:

$\% P_E$: Porcentaje de pérdidas de energía

E_{PT} : Energía perdida por tramo en un día

E_T : Energía total entregada a la red o ramal en un día

Para calcular la energía se utilizo la curva de demanda diaria para estrato bajo,
(Normas ESSA, anexo número 2.2.9(a))

$$E_T = \int_0^{24\text{Horas}} PT dt$$

$$E_T = FP * DMax * \int_0^{1\text{Dia}} S_{PU} dt$$

$$ET = FP * DMax * K_1$$

$$E_T = P_T * K_1$$

Donde:

K_1 : Área de la curva de demanda diaria en por unidad.

P_T : Potencia total entregada a la red total

$$E_{Pt} = \int_0^{1\text{Dia}} PPt * dt$$

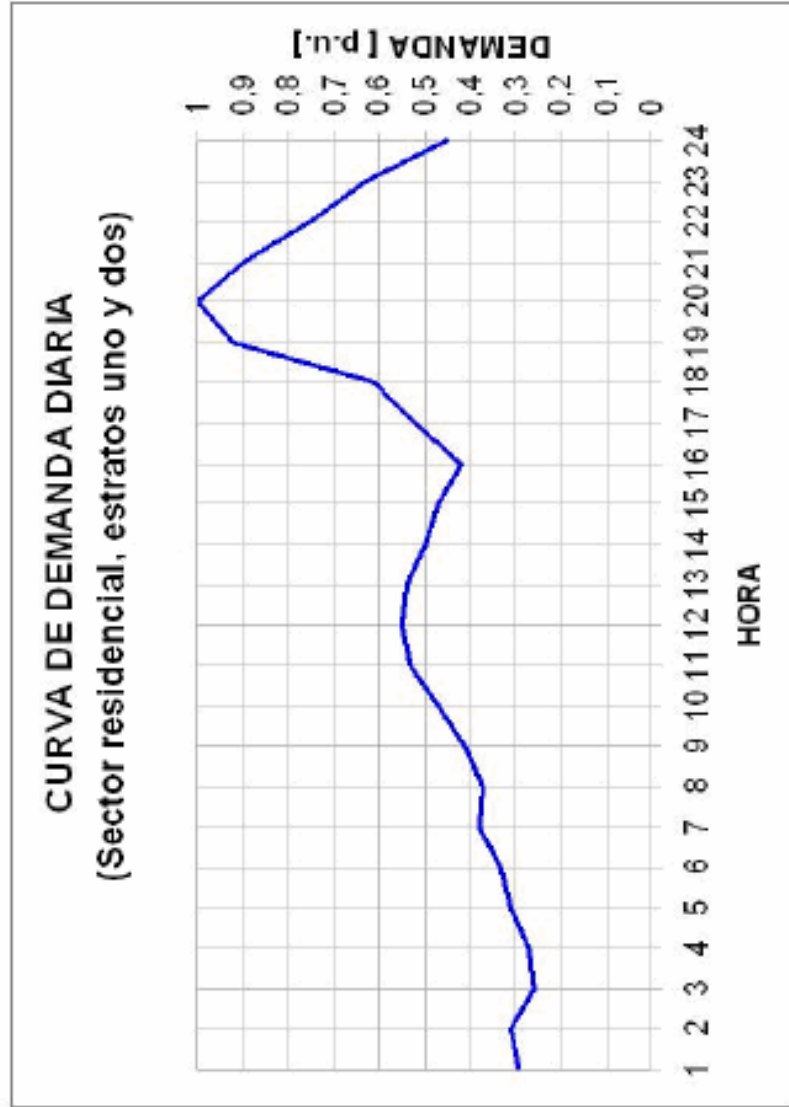
$$E_{Pt} = P_{Pt} * \int_0^{1\text{Dia}} S_{PU}^2 * dt$$

$$E_{PT} = P_{Pt} * K_2$$

Donde:

K_2 : Área de la curva de demanda diaria en por unidad

Figura 6. Curva demanda diaria Estrato 1



HORA	DEMANDA PROMEDIO HORA
1	0.29
2	0.31
3	0.26
4	0.27
5	0.31
6	0.33
7	0.38
8	0.37
9	0.41
10	0.47
11	0.53
12	0.55
13	0.54
14	0.5
15	0.47
16	0.42
17	0.52
18	0.61
19	0.92
20	1
21	0.9
22	0.75
23	0.63
24	0.45

Reemplazando:

$$\%P_E = 100 * \left(\frac{\sum P_{PT} * K_2}{P_T * K_1} \right)$$

$$\boxed{\%P_E = \%P_P * \left(\frac{K_2}{K_1} \right)}$$

[11]

El porcentaje de pérdidas de energía calculado como se explicó anteriormente, debe ser menor al 2.70% (Normas ESSA, numeral 2.1.4)

Para la curva de demanda diaria para estrato bajo se tiene:

$$K_1 = 15,2261429 \text{ pu-horas}$$

$$K_2 = 10,0912734 \text{ pu}^2\text{-horas}$$

Los porcentajes de pérdidas de potencia y energía para cada uno de los ramales de la red de Baja Tensión y para toda la red incluyendo el Bajante del transformador.

El cálculo de tales porcentajes para cada ramal se hizo evaluando la suma de los tramos de las pérdidas de los tramos que conforman el ramal, y luego dividiendo por la potencia o energía entregada en el primer tramo del ramal en estudio.

Los porcentajes para toda la red, se obtuvieron sumando las pérdidas de todos los tramos de la red incluyendo el Bajante, y dividiendo por la potencia o energía entregada en el Bajante del transformador. Las resistencias en Ohm/Km de los conductores utilizados son:

Tabla 18. Resistencia eléctrica de los conductores

CALIBRE AWG	MATERIAL	r (Ohm/km)
4	AL	1,6659
2	AL	1,0483
1/0	AL	0,6587
2/0	AL	0,5226
3/0	AL	0,4151
4	CU	0,93184
2	CU	0,58576
1/0	CU	0,36848
3/0	CU	0,23184

Fuente: Centelsa.

Tablas de pérdidas. Se encuentra en el anexo A y fueron realizadas con el programa EXCEL de Microsoft office

4. MEMORIAS DE CÁLCULO DISEÑO MECÁNICO

La construcción de una red aérea de distribución rural y en general de una línea de transmisión de energía conlleva la búsqueda de unos objetivos específicos, dentro de los cuales está el brindar un servicio de energía con calidad.

El objetivo principal de los cálculos mecánicos se debe efectuar de tal forma que se realicen los análisis mecánicos de los apoyos de las redes primarias y secundarias para optimizar los materiales eléctricos a emplear.

Adicionalmente a los cálculos eléctricos necesarios para la realización del diseño, se debe tener en cuenta que los componentes de la red de distribución están permanentemente sometidos a la influencia de las variaciones de temperatura y ambiente y a la acción que el viento ejerce sobre los mismos.

Estas magnitudes primordialmente de origen climatológico actúan sobre los cables modificando la tensión mecánica que se da a los mismos cuando se realiza su tendido.

El viento ejerce una fuerza de sobrecarga, pues al sumarse vectorialmente con el peso del cable, hace que el efecto sea un aumento aparente de dicho peso.

De lo anterior se concluye que es necesario tener en cuenta las variaciones de temperatura y las sobrecargas que puedan presentarse, para que en todo momento se cumplan las exigencias reglamentarias como son la tensión máxima admisible, flechas, distancias mínimas de seguridad etc. necesarias para un buen funcionamiento mecánico de la red.

4.1. FACTORES DE SEGURIDAD

Para el diseño mecánico de las estructuras y demás elementos que hacen parte de las redes de distribución, se han de tener en cuenta los siguientes factores de seguridad:

Tabla 19. Factores de seguridad redes de distribución

Descripción	Factor
Postería de concreto	2,5
Estructura metálica	1,5
Cargas verticales	1,1
Cargas horizontales	1,7
Cargas de ángulo	1,5
Cables para templetes	2
Anclajes para templetes	2,5
Herrajes	3
A la flexión para espigos	1,5

Fuente: Norma ESSA, Tabla 2.7 Factores de seguridad

Los anteriores factores se aplican para condición normal. En caso de condición anormal, el factor de sobrecarga para los diferentes tipos de carga es de 1,25, excepto para cargas verticales.

Cuando la carga mínima de rotura se compruebe Mediante ensayos, el factor de seguridad será 2,5.

4.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL CONDUCTOR UTILIZADO EN MT

Material	ACSR
Calibre	2/0 AWG
Diámetro nominal del cable [Ø c.]	11,354 mm
No. De hilos de aluminio [$\#_{AL}$]	6
No. De hilos de acero [$\#_{AC}$]	1
Diámetro de cada hilo de aluminio [ϕ_{AL}]	3.7846 mm
Diámetro de cada hilo de acero [ϕ_{AC}]	3,7846 mm
Área de la sección transversal del Aluminio [S_{AL}]	67,419 mm ²
Área de la sección transversal total del cable [S_T]	78,645 mm ²
Área de la sección transversal del acero [S_{AC}]	11,2494 mm ²
Peso por unidad de longitud [p]	272,5 Kg/Km
Peso por unidad de longitud por unidad de área [w]	3,645*10 ⁻³ Kg/mt/mm ²
Tensión de rotura [T_r]	2424,4 Kg
Tensión de rotura por unidad de área [t_r]	30,827 Kg/mm ²
Modulo de elasticidad del aluminio [E_{AL}]	6750 Kg/mm ²
Modulo de elasticidad del acero [E_{AC}]	29600 Kg/mm ²
Coefficiente de dilatación lineal del aluminio [α_{AL}]	23*10 ⁻⁶ 1/°C
Coefficiente de dilatación lineal del acero [α_{AC}]	11,5*10 ⁻⁶ 1/°C

4.2.1. Cálculo del coeficiente de dilatación lineal del cable [α_c]

$$\alpha_c = \alpha_{AL} - \frac{(w_{AL} - w_{AC}) \cdot E_{AC}}{\left[\frac{S_{AL} \cdot S_{AL}}{S_{AC} \cdot S_{AC}} \right] \cdot E_{AL} + E_{AC}} \quad [12]$$

$$\alpha_c = 18,144 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$$

Este coeficiente indica en cuanto se disminuye o aumenta el tamaño del conductor por unidad de longitud al cambiar en un grado centígrado la temperatura del conductor.

4.2.2. Cálculo del modulo de elasticidad del cable [E_c]

$$E_c = \frac{S_{AC} \cdot E_{AC} + S_{AL} \cdot E_{AL}}{S_{AC} + S_{AL}} \quad [13]$$

$$E_c = 1001,497 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$$

Este modulo indica en cuánto se alarga el conductor cuando se le aplique una fuerza equivalente a un kilogramo de fuerza.

4.3. HIPÓTESIS DE DISEÑO

Las temperaturas ambiente mínima, promedio y máxima de la zona fueron consultadas en los anuarios meteorológicos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM (antiguo HIMAT). La velocidad del viento, Tensión mecánica de operación y factores de seguridad para cada hipótesis se tomaron con base en las normas ESSA.

Según las recomendaciones dadas por la ESSA para el diseño de líneas de transmisión se utiliza las hipótesis dadas en la tabla 2.8.

4.3.1. Condición inicial de tendido

Velocidad del viento [V_{VF}]	0 Km/h
Temperatura del conductor	29 °C
Tensión mecánica	≤ 25% de la carga de rotura
Factor de seguridad	≥ 4

La temperatura del conductor para esta hipótesis corresponde a la temperatura ambiente promedio.

4.3.2. Condición extrema de trabajo mecánica

Velocidad del viento	0 Km/h
Temperatura del conductor	20 °C.
Tensión mecánica	≤ 50% de la carga de rotura
Factor de seguridad	≥ 2

La temperatura del conductor para esta hipótesis corresponde a la temperatura ambiente mínima (20 °C).

4.3.3. Condición extrema de flecha

Velocidad del viento	0 Km/h
Temperatura del conductor	50 °C
Tensión mecánica	≤ 25% de la carga de rotura
Factor de seguridad	≥ 4

La temperatura del conducto para esta hipótesis corresponde a la temperatura ambiente máxima (35 °C) más un incremento de 15 °C por conducción de corriente (efecto Joule).

4.4. VANO IDEAL DE REGULACIÓN

Considerando los niveles estándar de Tensión mecánica a la cual operara la red primaria y el tipo de estructura que se utiliza se toma un vano regulador de 350 m. Los cálculos mecánicos se realizaron con base en ese vano regulador, que corresponde al mayor vano regulador existente en las redes de Media Tensión de los corregimientos. Para la red secundaria se toma un vano regulador de 150 m.

4.4.1. Cálculos preliminares para definir la tensión inicial del tendido en MT

4.4.1.1. Ángulo de inclinación del conductor para máxima velocidad del viento

Figura 7. Ángulo de inclinación conductor por acción del viento

$$t = \text{tg}^{-1} * \left(\frac{P_v}{P} \right) \quad [14]$$

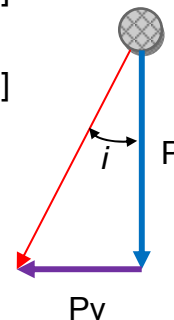
$$P_v = 0,0042 * V_v * \varnothing_c \left[\frac{kg}{m} \right] \quad [15]$$

$$P_v = 0,3052 \left[\frac{kg}{m} \right]$$

$$P = 0,2725 \left[\frac{kg}{m} \right]$$

$$t = 48,42^\circ\text{C}$$

$$t = 48,42^\circ\text{C}$$



4.4.1.2. Flecha para temperatura máxima a partir de las distancias mínimas de seguridad.

El cálculo de esta flecha se realizó considerando que en el caso más desfavorable, el conductor más bajo de la red de Media Tensión se encuentra a 9,3 metros del nivel del terreno. El neutro de red de Baja Tensión esta a 6,4 metros, además, se incluyó la distancia básica de aislamiento, que según las Normas de la ESSA es de 0,23 metros, y se adicionaron 1,27 metros para mantener la seguridad en las maniobras de operación. Realizando las respectivas operaciones, se obtiene una flecha para temperatura máxima de 1,4 metros.

La flecha máxima permisible será la menor, entre la calculada por distancia mínima entre conductores, en donde la cruceta es limitante, y la obtenida por distancias mínimas de seguridad.

El caso más desfavorable (mayor flecha permisible), se presenta cuando se instale el conductor en disposición semi-bandera sobre una cruceta de 2 metros de longitud. La distancia mínima horizontal entre conductores es de 0.9 metros. Desarrollando la siguiente ecuación para la flecha se tiene:

$$d_c = K * \sqrt{f + L} + \frac{V_L}{150} \quad [\text{m}] \quad [16]$$

Donde:

- d_c Separación entre conductores (0,9 m)
- f Flecha máxima, en metros
- L Longitud en metros de la cadena de suspensión. En el caso de conductores fijados al apoyo por cadenas de amarre o aisladores rígidos $L= 0$.
- V_L Tensión en línea en KV (13.2 kV).

K Coeficiente que depende de la oscilación de los conductores con el viento, que se toma de la siguiente tabla.

Tabla 20 Ángulos máximos de oscilación conductores según nivel de Tensión

Ángulo de oscilación	entre 30 y 380 kV	entre 1 y 30 kV
Superior a 65°	0,7	0,65
Comprendido entre 40° y 65°	0,65	0,6
Inferior a 40°	0,6	0,55

Remplazando los valores se tiene:

$$f = \left[\left[d_c - \frac{V_L}{150} \right] * \frac{1}{K} \right]^2 \quad [17]$$

$$f = 1.8315 \text{ m}$$

Por lo tanto, se selecciona, la flecha calculada por distancias mínimas de seguridad ($f_F = 1.4m$). A partir de esta flecha se conoce la Tensión mecánica del conductor para la condición de máxima temperatura.

$$t_F = \frac{a_R^2 * w_f}{8 * f_F} \quad [18]$$

$$t_F = 1.11375 \frac{kg}{mm^2}$$

$$f_F = 1.4 \text{ m}$$

$$F_{sg} = 27.678$$

Con esta Tensión y aplicando la ecuación de estado, se obtiene la Tensión inicial de tendido que se debe aplicar, dada las condiciones.

Donde:

t_T : Tensión para la condición inicial de tendido, en kg/mm²

t_F : Tensión para la condición de extrema flecha (máxima temperatura), en kg/mm²

a_R : Vano regulador supuesto

W_F : Peso por unidad de longitud por unidad de área máxima temperatura

W_T : Peso por unidad de longitud por unidad de área para la condición inicial de tendido

Θ_F : Temperatura para la condición de máxima temperatura

Θ_T : Temperatura para la condición inicial de tendido

E_c : Modulo de elasticidad del cable, en kg/mm²

α_c : Coeficiente de dilatación lineal del cable, en 1/°C

4.4.2. Cálculo de tensiones y flechas en MT para las hipótesis de diseño

4.4.2.1. Condición inicial de tendido.

Según lo especificado anteriormente se tiene:

$$t_T = 0.04173 * t_R$$

$$t_T = 1.28653 \frac{kg}{mm^2}$$

$$f_T = 1.212 \text{ m}$$

$$F_{sg} = 23.97$$

4.4.2.2. Condición extrema de trabajo mecánico a partir de la condición inicial

Remplazando todos los valores conocidos en la ecuación de estado se tiene lo siguiente:

$$t_x^3 + 7.9774 * t_x^2 - 40.6685 = 0$$

$$t_x = 2.0172 \frac{kg}{mm^2}$$

$$f_x = 1.1606 \text{ m}$$

$$F_{sg} = 15.282$$

El factor de seguridad que se obtuvo está por encima del mínimo exigido en la hipótesis de diseño.

4.5. CÁLCULO DE TABLAS Y CURVAS DE TENDIDO EN MT

En la realización de estas tablas se utiliza la ecuación de estado, tomando los datos obtenidos a partir de la condición inicial de tendido. Se obtienen tensiones para diferentes valores de temperatura ambiente y vanos reguladores.

Para estos cálculos se tomó un vano inicial de 30 metros con variaciones de 5 metros y la temperatura inicial de 20°C, incrementándose cada 5 °C.

Se construirán tablas de tensiones y flechas para velocidad del viento de 0 km/h (no hay sobrecarga).

Partiendo de la ecuación de estado se tiene:

$$t_2^3 + t_2^2 * \left[\frac{a_R^2 * W_T^2 * E_c}{24 * t_T^2} + a * E_c * (\Theta_2 - \Theta_T) - t_T \right] = \frac{a_R^2 * W_2^2 * E_c}{24} \quad [19]$$

Donde:

a_R : Longitud del vano (variable)

t_2 : Tensión mecánica calculada para el vano a_R [kg/mm²]

Θ_2 : Temperatura a la cual se va a calcular la Tensión en cada vano

W_2 : Peso por unidad de longitud por unidad de área para velocidad del viento de 0 km/h

W_T : Peso por unidad de longitud por unidad de área para la condición inicial de tendido.

Para cada vano con su temperatura correspondiente se calculan las tensiones a partir de los datos anteriores.

Conocidas las tensiones, se introducen en la siguiente formula y se obtienen las flechas correspondientes:

$$f = \frac{a_R^2 * W_2}{8 * t_2} \quad [20]$$

Las tablas y curvas de tendido aparecen en el anexo B.

4.6. CÁLCULO DE ESFUERZOS SOBRE CONDUCTORES Y APOYOS EN MT

4.6.1. Esfuerzo transversal producido por el viento sobre el poste

Este esfuerzo es producido por la presión que ejerce el viento sobre la superficie del poste y está definido axial:

$$M_p = C_p * H_p \quad [kg * m] \quad [21]$$

Donde:

C_p : Carga ejercida por el viento sobre el poste, en kg

H_p : Punto de aplicación de la carga C_p , en m

La carga que ejerce el viento y el punto de aplicación de dicha carga sobre el poste, matemáticamente se expresan así:

$$C_p = 0.0042 * V_v^2 * \frac{d_1 + d_2}{200} * h \quad [kg] \quad [22]$$

$$H_p = \frac{h}{3} * \left[\frac{d_1 + 2 * d_2}{d_1 + d_2} \right] \quad [m] \quad [23]$$

Donde:

V_v : Velocidad del viento para la condición mas desfavorable, en km/h (80 km/h)

d_1 : Diámetro a nivel de empotramiento del poste, en cm

d_2 : Diámetro del extremo superior del poste, en cm

h : Longitud del poste sobre el terreno, en m

Para postes de concreto de 12 m de longitud y cargas de rotura de 510 y 750 kg, se conoce que el diámetro del extremo superior (d_2) es de 14 cm y el diámetro del

extremo inferior (d_L) es de 32 cm. Adicionalmente la longitud de empotramiento del poste está definido por la siguiente ecuación:

$$l_E = \frac{1}{10} * l_{poste} + 0.6 \quad [\text{m}] \quad [24]$$

$$l_E = 1.8 \text{ m}$$

$$h = l_{poste} - l_E = 10.2 \quad [\text{m}] \quad [25]$$

Donde:

l_E : Longitud de empotramiento del poste, en m

l_{poste} : Longitud total del poste, en m

Aprovechando la forma troncocónica del poste y utilizando la razón entre triángulos se encuentra que d_1 es 29.3 cm. Reemplazando todos los valores en las ecuaciones se obtiene:

$$C_p = 59.359 \text{ kg}$$

$$H_p = 4.49 \text{ m}$$

$$M_p = 267.056 \text{ kg-m}$$

En postes de 12 m de longitud y carga de rotura de 1050 kg, el momento producido por el viento es de 336.99 kg-m

4.6.2. Esfuerzo transversal producido por el viento sobre los conductores (M_V).

Este esfuerzo es el producido por la presión del viento sobre la superficie de cada uno de los conductores. La ecuación que lo representa es:

$$M_V = C_V * N * H_C \quad [kg * m] \quad [26]$$

Donde:

C_V : Carga ejercida por el viento sobre los conductores, en kg

N : Número de conductores al mismo nivel sobre el terreno (3)

H_C : Altura de los conductores sobre el terreno, en m (10 m)

La carga que ejerce el viento sobre los conductores se expresa así:

$$C_V = 0.0042 * V_V^2 * \phi * a_V \quad [kg] \quad [27]$$

Donde:

V_V : Velocidad del viento para la condición mas desfavorable, en km/h (80 km/h)

ϕ : Diámetro del conductor, en m (0.011354 m)

a_V : Vano viento, en m

Remplazando en las ecuaciones anteriores se tiene:

$$C_V = 0.305196 * a_V$$

$$M_V = 9.1558 * a_V$$

4.6.3. Esfuerzo transversal producido por las desviaciones en la red (M_A)

Este esfuerzo es el producido por la Tensión que ejercen los conductores sobre los postes, debido al ángulo de desviación de la ruta de la línea. Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$M_A = C_A * N * H_C \quad [kg * m] \quad [28]$$

$$C_A = 2 * T_{\max} * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad [kg] \quad [29]$$

Donde:

T_{\max} : Tensión máxima de tendido para la condición extrema de trabajo mecánico, en kg.

α : Ángulo de desviación de la ruta de la red, en grados.

Reemplazando se tiene:

$$C_A = 317.285 * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad [kg]$$

4.6.4. Esfuerzo resistente del poste (M_R).

$$M_R = \frac{C_{Rot.} * h_{Apl.}}{F_{sg}} \quad [30]$$

Donde:

$C_{Rot.}$: Carga de rotura del poste, en kg

$h_{Apl.}$: Altura de aplicación de la carga, en m (10 m)

F_{sg} : Factor de seguridad

Las normas de la ESSA recomiendan para postería de concreto en condición normal de trabajo, un factor de seguridad de 2. A continuación se muestran los momentos resistentes en postes de concreto de 12m de altura para diferentes cargas de rotura:

$$M_R = 2575.5 \text{ [kg * m]} \quad \text{para } C_{Rot} = 510 \text{ kg}$$

$$M_R = 3787.5 \text{ [kg * m]} \quad \text{para } C_{Rot} = 750 \text{ kg}$$

$$M_R = 5302.5 \text{ [kg * m]} \quad \text{para } C_{Rot} = 1050 \text{ kg}$$

4.7. CURVA DE UTILIZACIÓN PARA ESTRUCTURAS TIPO

Esta curva es la representación gráfica de la magnitud del ángulo de desviación de la línea, en función de la dimensión del vano viento que puede soportar un apoyo sin necesidad de utilizar templetes para reforzar su momento resistente. Esta curva se obtiene para estructuras de paso y para las retenciones.

Las bases de concreto utilizadas en el diseño están para evitar que, por efecto de las cargas que actúan sobre los postes, se produzca aplastamiento del terreno que permita la inclinación de aquellos.

4.7.1. Curva de utilización para estructuras en ángulo (P112).

La ecuación de la sumatoria de momentos sobre el poste está dada así:

$$M_R \geq M_P + M_V + M_A \quad [31]$$

En este tipo de estructura se utilizan postes de 510 kg de rotura, por lo tanto la ecuación es:

$$2575.5 \geq 267.056 + 9.1558 * a_v + 9518.56 * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$2308.44 \geq 9.1558 * a_v + 9518.56 * \text{sen}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

El corte con el eje de coordenadas de la anterior ecuación es:

$$a_v = 252.13 \text{ m} \quad \alpha = 28.07^\circ$$

4.7.2. Curva de utilización para estructuras en retención (R-130).

En la figura 7 aparecen las curvas de utilización para los dos tipos de estructuras. La obtención de la ecuación de momentos, en ambos casos, es similar. Para las retenciones se gráficaron tres ecuaciones de momentos según la carga de rotura del poste requerido. Los esfuerzos que actúan sobre postes, en estructuras terminales, hacen que la carga de rotura de aquellos sea de 1050 kg. En los tramos que tienen más de 60 m de longitud. Se utilizaron postes de 14 m para garantizar que sin aumentar la Tensión de tendido inicial, se cumplan las distancias mínimas de seguridad a la red de Baja Tensión.

4.8. CÁLCULOS MECÁNICOS PARA LA RED DE BAJA TENSIÓN

El proceso para obtener estos cálculos es similar al realizado en la red de Media Tensión. El procedimiento se hace para los tramos de la red que tiene THW-AL #4 para las fases, ASCR #4 para neutro. Para las otras combinaciones de conductores en las redes se muestran resultados.

Figura 8. Curvas de utilización estructuras de paso y retención

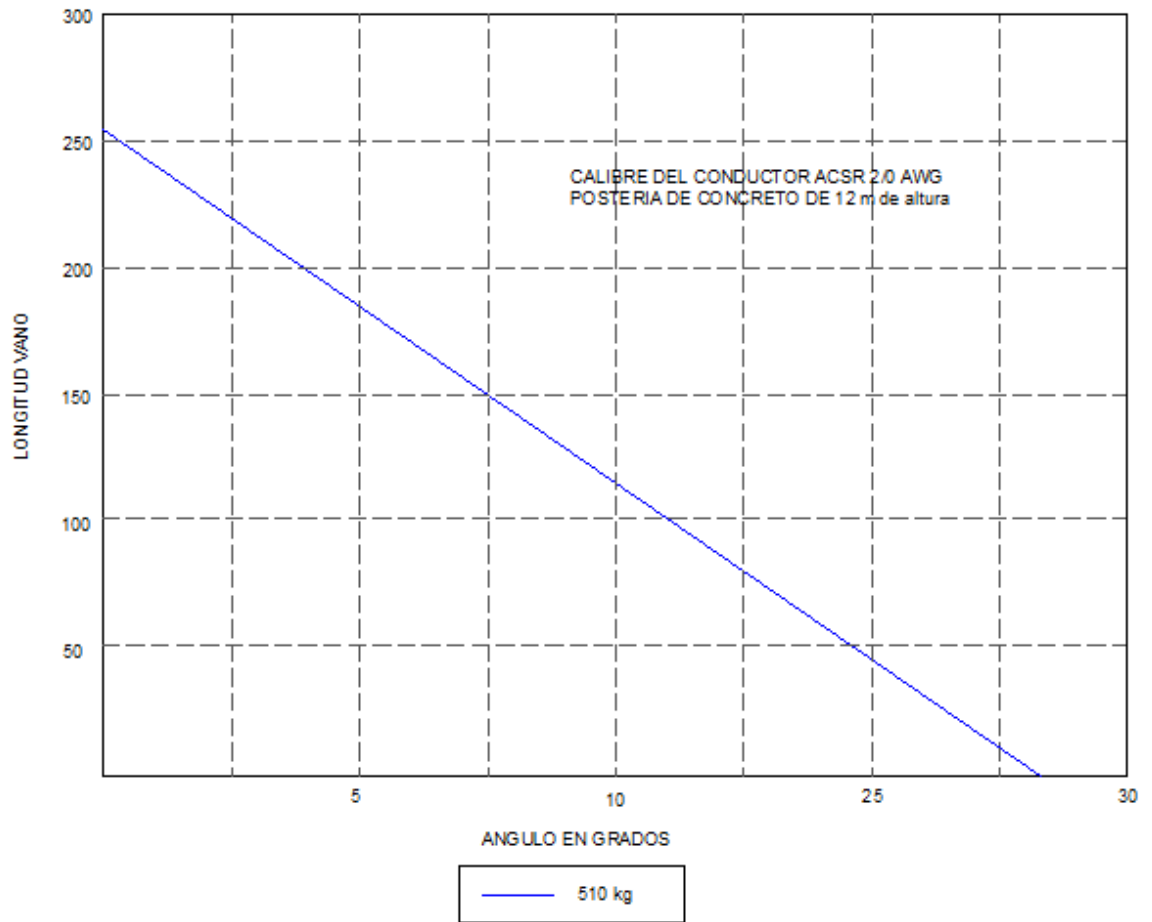
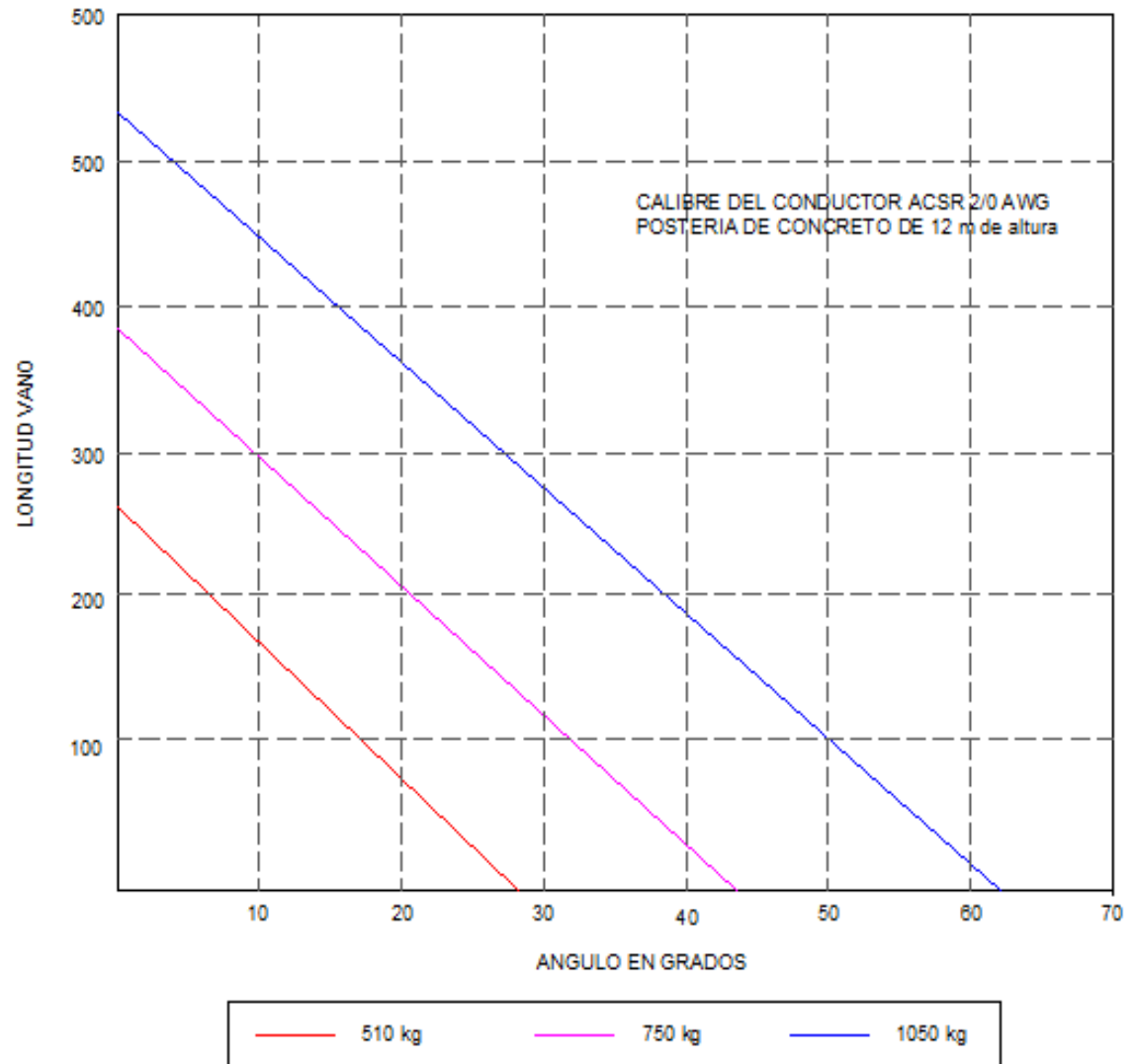


Figura 9. Curvas de utilización apoyos de paso y retención



4.8.1. Características mecánicas de los conductores usados en Baja Tensión.

Para cada uno de los conductores usados en Baja Tensión, se tienen las siguientes características.

Tabla 21. Características mecánicas de los conductores usados en Baja Tensión.

Material	ACSR	ACSR	ACSR
Calibre	1/0	2	4
Diámetro nominal del cable [mm]	10,109	8,026	6,350
Sección transversal del cable [mm²]	62,387	39,226	24,672
Peso por unidad de longitud [kg/km]	216,1	135,9	85,4
Tensión de rotura [kg]	1941,4	1265,5	832,3
Modulo de elasticidad del cable [kg/mm²]	10017,07	10017,1	10012,5
Coefficiente dilatación lineal [1/°C]	18,14E-6	18,14E-6	18,14E-6

4.8.2. Flecha para la condición inicial de tendido a partir de las distancias mínimas de seguridad.

La longitud de empotramiento de un poste de 8 metros es de 1,4 metros, lo que indica que sobre el nivel del suelo hay 6,6 metros además el neutro de la red de Baja Tensión se encuentra a 0,2 metros de la punta de poste, y los demás conductores se encuentran separados 0,2 metros del anterior, es decir, el conductor más bajo de dicha red, correspondiente a una fase, esta aproximadamente a 5,6 metros por encima del nivel del suelo. La distancia de conductores a tierra, en vías secundarias, para un nivel de Tensión menor a 1 kV debe ser de 5 metros. De lo anterior se concluye que la flecha máxima permitida, en la condición más desfavorable de trabajo, es de 0,6 metros. Considerando las tensiones a las que quedan los postes, en la condición inicial de tendido, y en razón a que esta flecha es considerable para las redes de Baja Tensión, la flecha inicial de tendido para cada conductor es:

f_T : 0.35m. Para fases, ASC # 2/0

f_T : 0.38m. Para neutro, ACSR # 1/0

f_T : 0.33m. Para fases, ASC # 4

4.8.3. Cálculo de tensiones para las hipótesis del diseño.

A partir de esta flecha se conoce la Tensión mecánica de cada uno de los conductores de la red, para la condición inicial de tendido. Considerando la uniformidad en las flechas, se garantiza que las distancias mínimas de seguridad entre conductores, al menos para la condición de operación diaria, se conserven. Después de conocer cada una de las tensiones mencionadas y aplicando la ecuación de estado, es posible obtener las tensiones para las otras hipótesis de diseño. A continuación se muestran las tensiones para la configuración de conductores especificada.

Tabla 22 Tensiones conductores B.T.

	FASES. ASC #2/0	A.P. ASC #4	NEUTRO. ACSR #1/0
t_T , en kg/mm ²	0.8782	0.9296	1.0255
T_T , en kg	59.2072	19.6705	63.9768
f_F , en metros	0.5207	0.5057	0.5138
t_F , en kg/mm ²	0.5904	0.6065	0.7584
T_F , en kg	39.7982	12.8354	47.3159
f_X , en metros	0.3137	0.3482	0.3414
t_X , en kg/mm ²	1.7943	2.5739	1.8340
T_X , en kg	120.9730	54.4662	114.4184

La Tensión y flecha de los demás conductores utilizados en la red de Baja Tensión, para las diferentes hipótesis es:

Tabla 23 Tensiones y flechas conductores B.T.

	ASC #1/0	ASC #2	ACSR #2	ACSR #4
f_T , en metros	0.35	0.33	0.36	0.35
t_T , en kg/mm ²	0.87804	0.931057	1.08267	1.11259
T_T , en kg	46.9608	31.29543	42.4687	27.4500
f_F , en metros	0.5207	0.5057	0.498088	0.4903
t_F , en kg/mm ²	0.5902	0.607565	0.78253	0.79427
T_F , en kg	31.5661	20.4220	30.6954	19.5963
f_X , en metros	0.3220	0.32488	0.3343	0.340606
t_X , en kg/mm ²	1.8987	2.2612	2.1878	2.55512
T_X , en kg	101.5497	76.005	85.8183	63.04

Los factores de seguridad calculados, para las diferentes hipótesis están por encima de los mínimos exigidos por las Normas de la ESSA.

4.8.4. Cálculo de tablas y curvas de tendido.

En el anexo B, aparecen las tablas y curvas de tendido para cada uno de los calibres de conductores, usados en la red de Baja Tensión.

Para estos cálculos se toma un vano inicial de 15 m con variaciones de 5 m y la temperatura inicial de 20°C, incrementándose cada 5°C. Las tablas de tensiones y flechas se construyen para velocidad del viento de 0 km/h.

4.8.5. Cálculo de esfuerzos sobre conductores y apoyos.

Para conocer el esfuerzo transversal producido por el viento sobre el poste (M_p), es necesario definir la longitud del mismo y su carga de rotura. Ver siguiente cuadro.

Tabla 24 Dimensiones físicas postiería concreto

Carga de rotura, en kg.	Diámetro, en cm.	Diámetro, en cm.	Momento, en kg-mt.
510-750	10	19.9	77.864
1050	15	24.9	107.1367

El esfuerzo transversal producido por el viento sobre los conductores (M_V), ASC # 2/0 AWG para las fases, ASC # 4 AWG para el A.P y ACSR # 1/0 para el neutro es:

$$M_V = M_{V_{fases}} + M_{VA.P} + M_{Vneutro}$$

$$M_{V_{fases}} = 0.0042 * V_V^2 * \phi_{fase} * a_V * [H_{CR} + H_{CS} + H_{CT}]$$

$$M_{V_{AP}} = 0.0042 * V_V^2 * \phi_{AP} * a_V * [H_{CA.P}]$$

$$M_{V_{neutro}} = 0.0042 * V_V^2 * \phi_{neutro} * a_V * [H_{CN}]$$

Donde:

ϕ_{fase} : Diámetro de conductor de fase, en metros (0,0100516 m)

ϕ_{AP} : Diámetro de conductor A.P., en metros (0,005893 m)

ϕ_{neutro} : Diámetro de conductor de neutro, en metros (0,010109 m)

H_{CR} : Altura del conductor de la fase R, en metros (6 m)

H_{CS} : Altura del conductor de la fase S, en metros (5,8 m)

H_{CT} : Altura del conductor de la fase T, en metros (5,6 m)

$H_{CA.P}$: Altura del conductor de A.P., en metros (6,2 m)

H_{CN} : Altura del conductor de neutro, en metros (6,4 m)

Reemplazando los valores en las anteriores ecuaciones se tiene que:

$$M_v = 7.6397 * a_v \quad [kg - m]$$

Para las diferentes combinaciones de conductores en la red, se tienen momentos M_v así:

$$\text{ASC \# 1/0-ASC \# 4-ACSR \#2} \quad M_v = 6.734538 * a_v \quad [kg - m]$$

$$\text{ASC \# 2-ASC \# 4-ACSR \# 4} \quad M_v = 5.5435272 * a_v \quad [kg - m]$$

$$\text{ASC \# 4-ASC \# 4-ACSR \# 4} \quad M_v = 4.83074 * a_v \quad [kg - m]$$

$$\text{2 CONDUCTORES ASC \# 4} \quad M_v = 1.99589 * a_v \quad [kg - m]$$

Los momentos resistentes, en condición normal de trabajo mecánico (Factor de seguridad 2). Para postes de ocho metros con diferentes cargas de rotura se muestran a continuación.

Tabla 25 Momento resistente Postería concreto

Carga de rotura, en kg	Momento resistente, en kg-m
510	1657.5
750	2437.5
1050	3412.5

El diseño de las estructuras debe realizarse con base en las tensiones máximas que se presentan en las condiciones normal y anormal (conductor roto), mas desfavorable de trabajo mecánico. Se consideran todos los esfuerzos actuantes sobre la estructura, es decir, el esfuerzo provocado por la tensión propia de cada uno de los conductores y la carga ejercida por el viento sobre el poste y sobre los conductores.

En las estructuras de paso de la sumatoria de momentos es:

$$2 * T_{Xfase} * \text{sen}\left[\frac{a}{2}\right] * [H_{CR} + H_{CS} + H_{CT}] + 2 * T_{XAP} * \text{sen}\left[\frac{a}{2}\right] * [H_{CAP}] \quad [32]$$

$$+ 2 * T_{Xneutro} * \text{sen}\left[\frac{a}{2}\right] * [H_{CN}] + M_P + M_V \leq M_R$$

El máximo ángulo de desviación de la red de Baja Tensión es de aproximadamente 24°, se toma un vano regulador de 30 m y considerando, para cada conductor de la red, la tensión máxima en la condición normal mas desfavorable de trabajo mecánico, se obtiene lo siguiente:

ASC # 2/0-ASC # 4-ACSR # 1/0	$1627.252 \leq M_R$	[kg - m]
ASC # 1/0-ASC # 4-ACSR # 2	$1383.450 \leq M_R$	[kg - m]
ASC # 2-ASC # 4-ACSR # 4	$1102.276 \leq M_R$	[kg - m]
2 CONDUCTORES ASC # 4	$423.109 \leq M_R$	[kg - m]

De lo anterior se concluye que todas las estructuras de paso de la red de Baja Tensión, deben tener una carga de rotura de 510 kg.

En las estructuras terminales la sumatoria de momentos es:

$$T_{Xfase} * [H_{CR} + H_{CS} + H_{CT}] + T_{XAP} * [H_{CAP}] + T_{Xneutro} * [H_{CN}] + M_P + M_V \leq M_R \quad [33]$$

Realizando las operaciones correspondientes, considerando cada combinación de conductores y tomando un vano viento de 15 metros, se obtiene la carga de rotura de dichas estructuras, para la condición normal de trabajo:

ASC # 2/0-ASC # 4-ACSR # 1/0	$3396.63 \leq M_R$	Carga de rotura 1050 kg
ASC # 1/0-ASC # 4-ACSR # 2	$2862.05 \leq M_R$	Carga de rotura 1050 kg

ASC # 2-ASC # 4-ACSR # 4	$2224.65 \leq M_R$	Carga de rotura 750 kg
ASC # 4-ASC # 4-ACSR # 4	$1839.19 \leq M_R$	Carga de rotura 750 kg
2 CONDUCTORES ASC # 4	$794.08 \leq M_R$	Carga de rotura 510 kg

A continuación se muestran las curvas de utilización de apoyos para estructuras de paso en la red de Baja Tensión:

El diseño de las estructura de Baja Tensión con retención de conductores, debe realizarse considerando tanto la condición normal de trabajo como la condición anormal (todos los conductores rotos). Para esta última condición, el factor de seguridad empleado para los postes de concretos es de 1,25 según lo especificado por las Normas de la ESSA.

Figura 10 Curvas de utilización estructuras de paso en B.T.

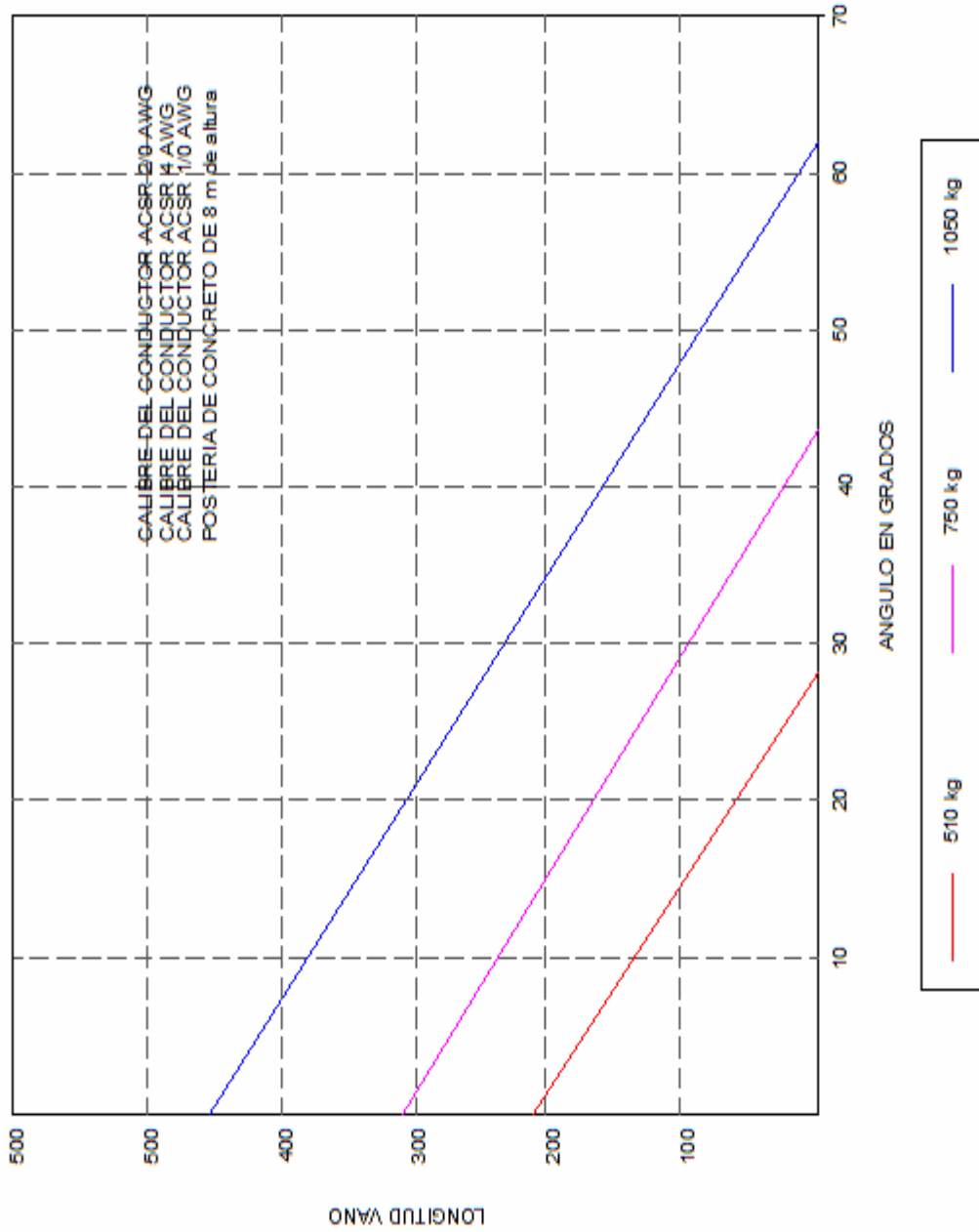


Figura 11 Curvas de utilización estructuras de paso en B.T.

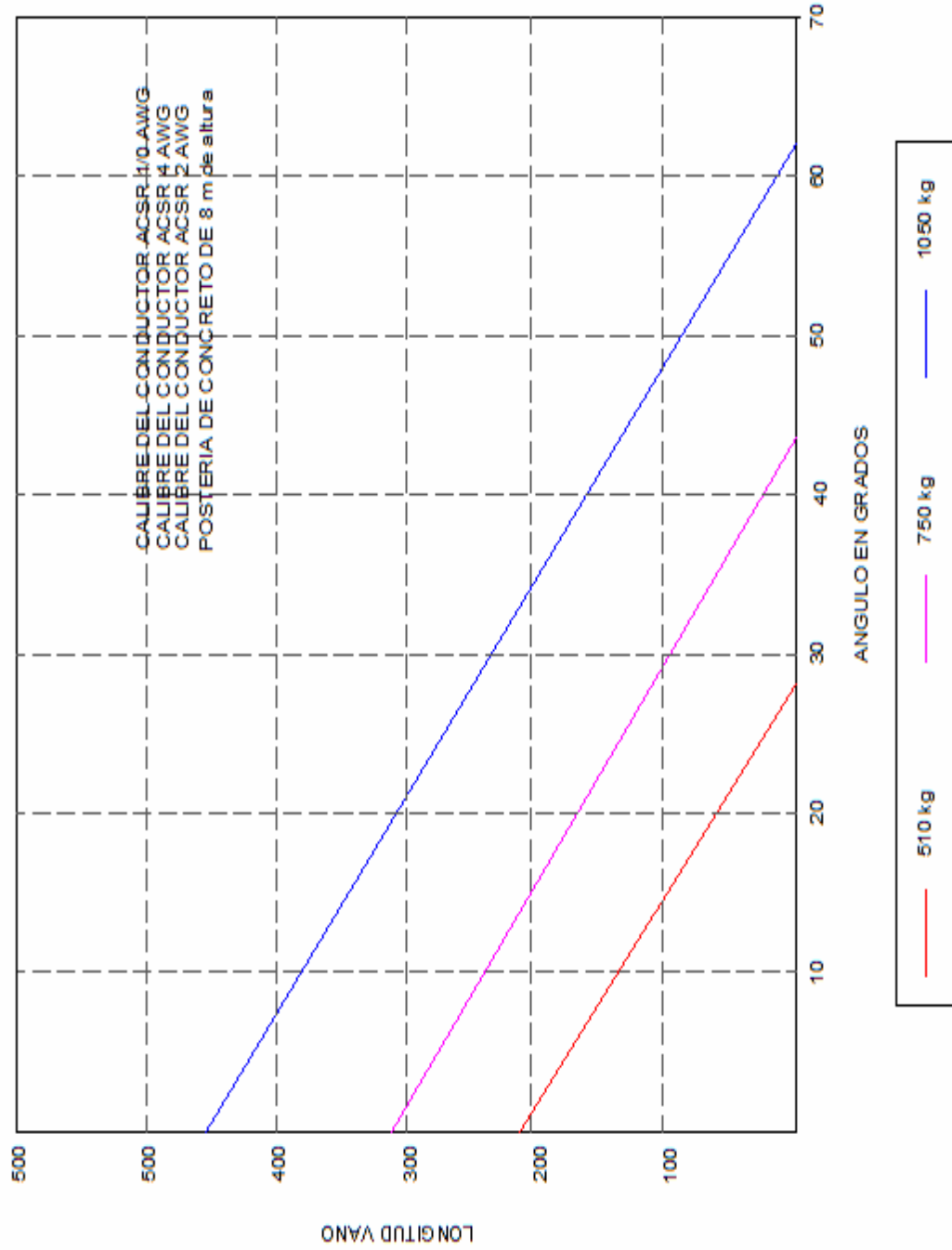


Figura 12 Curvas de utilización estructuras de paso en B.T.

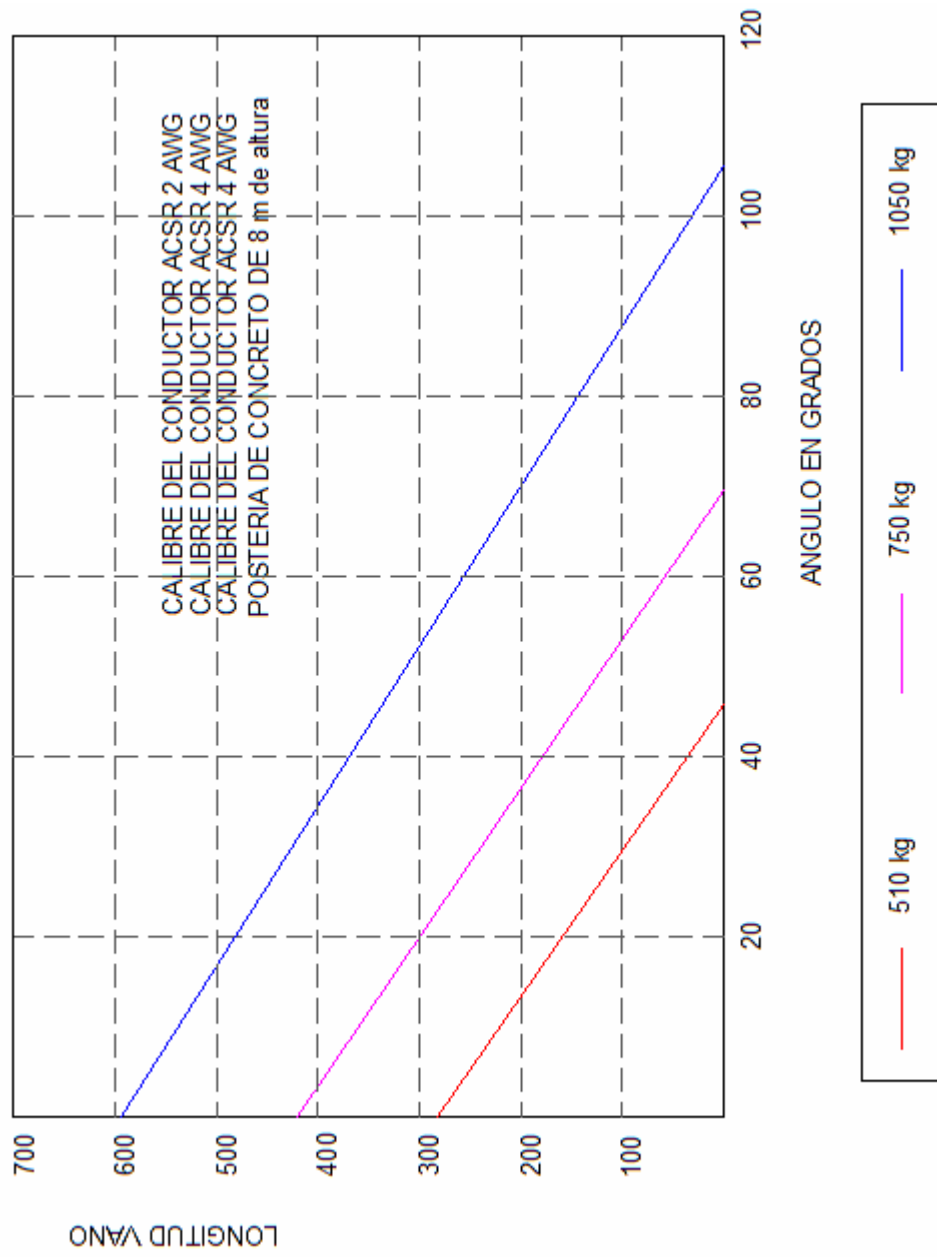
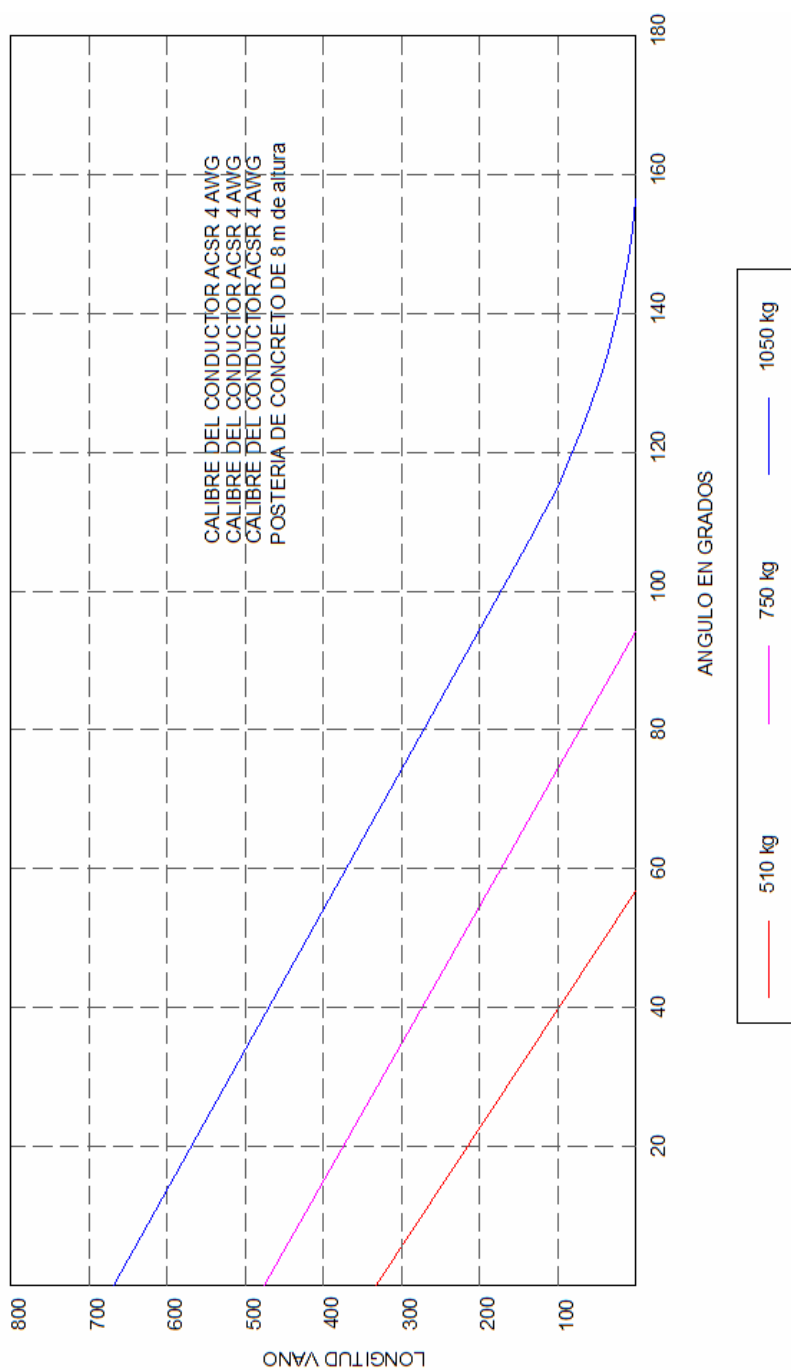


Figura 1 Curvas utilización estructuras de paso en BT.



4.9. ANÁLISIS MECÁNICO DE LAS ESTRUCTURAS

4.9.1. Clasificación de las estructuras de apoyo

4.9.1.1. Apoyos de madera

Para electrificación rural, la ESSA, utiliza apoyos de madera en Media y Baja Tensión; se construyen en forma económica para montaje de crucetas de madera o metálicas.

Estos apoyos se instalan en aquellas zonas de difícil acceso, en los cuales se hace imposible llevar apoyos de concreto. Estos son mas económicos y de menor peso que los de concreto. Además de resultar buenos aislantes eléctricos, poseen otras ventajas tales como: alta resistencia mecánica, alta flexibilidad y mayor facilidad de transporte.

Para su fabricación, generalmente se utiliza el MANGLE o EL EUCALIPTO, a los cuales se le agregan sustancias preservativas o inmunizantes como el *Cr03*, *CuO*, y *AS205*. Esta madera debe ser sana, libre de fisuras, perforaciones de pájaros, clavos o púas.

Según los requerimientos técnicos que exige la Electrificadora de Santander, en la Tabla 26 se describen las principales características de los postes de madera para Media (13.2 kv) y Baja Tensión (240/120v).

Tabla 26. Características del poste de madera

LONGITUD DEL POSTE	12m	8m
Tipo de madera	MANGLE/EUCALIPTO	MANGLE/EUCALIPTO
Normas de fabricación	ICONTEC, ANSI, ASTM	ICONTEC, ANSI, ASTM
Circunferencia mínima en la punta (cm)	41	38
Circunferencia mínima en la base (cm)	62	52.5
Circunferencia a nivel del suelo (cm)	58.85	51.5
Número de perforaciones	9	9
Diámetro de las perforaciones (Pulg)	13/16"	13/16"
Distancia entre perforaciones		
A la punta (cm)	10	10
Entre si (cm)	20	20
Carga de rotura (kg)	750	750

Composición porcentual del inmunizante:

*Cr*03: 47.5%

CuO: 18.5%

*AS*205: 34%

4.9.1.2. Apoyos de concreto

Son postes de forma troncocónica, cuyas características básicas se describen en la Tabla 27.

Tabla 27. Características del poste de concreto

LONGITUD DEL POSTE	12m	8m
Diámetro en la punta (cm)	14	12
Diámetro en la base (cm)	32	24
Diámetro al nivel del suelo (cm)	29.3	21.9
Carga de rotura (kg)	510	510
Peso aproximado (kg)	900	400

4.9.1.3. Anclaje

Se calcula de la siguiente forma:

$$He = 0.6 + 0.1 * Lp$$

[34]

Donde:

He Longitud total del poste en m.

Lp Profundidad del empotramiento m.

Las normas del ICEL volumen IV, sugieren como mínimo las siguientes profundidades (Ver Tabla 28).

Los huecos para el anclaje se excavan con una anchura uniforme y de diámetro 20 cm mayor que el diámetro inferior del poste, (Normas del ICEL Volumen IV, Sección IV-II).

Tabla 28. Anclajes de postería

Tipo de terreno	Longitud del poste	
	Postes de 12 m	Postes de 8m
Blando	1,8m	1,6m
Duro (rocoso)	1,6m	1,4m

4.9.2. Esfuerzos sobre los apoyos

Con base en las normas ICEL Volumen III, Capítulo IV, los apoyos de líneas aéreas se someten a la combinación de los siguientes esfuerzos:

4.9.2.1. Esfuerzos verticales

Estos esfuerzos se producen por acción del peso propio de los apoyos, conductores, cables de guardia, aisladores, crucetas, herrajes, empuje vertical de templetes y otros elementos adicionales.

4.9.2.2. Esfuerzos por acción del viento

Se originan en la presión del viento en dirección normal a los conductores, cables de guardia y la presión sobre el apoyo. Los esfuerzos sobre los conductores de fase y el cable de guardia se calculan para el vano viento respectivo.

4.9.2.3. Esfuerzos que causan las tensiones en desequilibrio

Se originan por el empuje en desbalance de conductores y cables de guardia; estos esfuerzos pueden ser los siguientes:

- ***Esfuerzo por la máxima Tensión que transmite el conductor superior***, a la altura de aplicación del conductor medio. Este esfuerzo se produce por ruptura del conductor en el vano contiguo al conductor que se considera. El caso más desfavorable, es aquel en el que se presenta esfuerzo de torsión, de acuerdo a la posición relativa del conductor con relación al eje del apoyo.
- **Esfuerzos de estructuras terminales o en el caso extremo de ruptura de todos los conductores en un lado del apoyo**; estos esfuerzos se suponen

igual al 25% del esfuerzo máximo de ruptura de los conductores. Los esfuerzos se aplican supuestamente en el eje de apoyo, a la altura del conductor medio. En estructuras terminales, el conjunto que incluye el templete, debe soportar la Tensión que causan todos los conductores.

4.9.2.4. Esfuerzos por cambio de dirección de la línea

Se producen en los apoyos, por cambio de dirección de los alineamientos, para absorber estos esfuerzos se deben calcular templetas para Ángulo.

4.9.2.5. Esfuerzos por levantamiento

Se presentan en apoyos que se localizan en puntos topográficos bajos, en los cuales los conductores ejercen esfuerzos de levantamiento en sus puntos de amarre (Artículo III sección 7-6-8 de las normas ICEL). Debe evitarse al plantillar la localización de apoyos en puntos bajos.

4.9.3. Hipótesis de carga para apoyos en postería

El cálculo mecánico de los apoyos requiere la comprobación de las siguientes hipótesis de diseño mecánico.

4.9.3.1. Hipótesis para condición normal

Se analizan la combinación de los siguientes esfuerzos sobre el apoyo.

Esfuerzos transversales:

- Esfuerzos por viento, sobre los conductores de fase, cables de guardia y el poste.

- Esfuerzos por cambio de dirección en la línea, sobre los conductores de fase y cables de guardia.

Esfuerzos verticales:

- Peso de los conductores.
- Peso del cable de guardia.
- Peso de los aisladores, crucetas y herrajes en general.
- Se debe incluir la carga de mantenimiento o carga viva, esta se supone igual a 100 kg.

Esfuerzos por levantamiento: No se admiten en apoyos de alineamiento. En apoyos de retención y Ángulo deben evitarse en lo posible, pero de presentarse no deben superar el 10% del peso total de la estructura.

Para el cálculo se considera el vano peso (a_w) negativo en conductores y cables de guardia.

Esfuerzos longitudinales: Los origina la diferencia de tensión horizontal en una estructura de los conductores y cables de guardia de los vanos adyacentes. Se analizan para estructuras de retención, con acción en el sentido longitudinal de la línea.

4.9.3.2 .Hipótesis excepcional de ruptura de conductor

Se supone que el conductor mas alto sufre ruptura en uno de los vanos adyacentes a la estructura, los demás actúan en su condición normal. Este análisis también se realiza para el cable de guardia y generalmente se aplica en estructuras de retención.

En el conductor que falla, la acción transversal de los esfuerzos por viento y ángulo se reducen a la mitad, y en los esfuerzos verticales se considera la mitad del vano peso (a_w).

4.9.4. Cálculo de los esfuerzos transversales sobre una estructura, para la hipótesis de condición normal

4.9.4.1. Esfuerzos por acción del viento.

$$P_v = 0.0042V^2 \text{ (kg / m}^2\text{)} \quad [35]$$

Donde:

- P_v Presión del viento
- V Velocidad máxima del viento
- V 80 km/hr
- P_v 26.88 kg/m²

$$F_v = P_v * Area \text{ (kg)} \quad [36]$$

Donde:

- F_v Fuerza del viento (kg)
- F_{vc} Fuerza del viento sobre el conductor
- F_{vp} Fuerza del viento sobre el poste

Esfuerzo de los conductores: Se utiliza para el cálculo, el conductor No. 2 AWG.

$$Area = N * d * a_v \text{ [m}^2\text{]} \quad [37]$$

$$F_{VC} = 0.0042V^2 * (N * d * a_v) \quad [Kg]$$

[38]

Donde:

N # de conductores sobre un mismo plano horizontal

d Diámetro del conductor en m, $8.026 * 10^{-3}$

a_v Longitud del vano viento en m.

Conductor superior: (N=1)

$$F_{VC1} = (26.88kg / m^2)(8.026 * 10^{-3} m * a_v)$$

$$F_{C1} = 0.216a_v \quad (kg)$$

Conductores inferiores: (N=2)

$$F_{VC2} = (26.88kg / m^2)(2 * 8.026 * 10^{-3} m) * a_v$$

$$F_{VC2} = 0.431 * a_v \quad (kg)$$

Conductor de guardia: (N=1)

$$F_{vg} = (26.88kg / m^2)(4.115 * 10^{-3} m * a_v)$$

$$F_{vg} = 0.111 a_v \quad (kg)$$

Esfuerzo en el poste: El área de exposición a la acción del viento se supone igual a la de un trapecio.

$$A = \frac{(d_1 + d_2)}{200} * H \quad [m^2]$$

[39]

Donde:

d_1 Diámetro al nivel del empotramiento en el suelo, cm.

d_2 Diámetro en la punta del poste, cm.

H Altura libre del poste, 10.2 m

En apoyos de concreto: Al reemplazar los parámetros de la Tabla 27 en la ecuación 39 y sustituir este último resultado en la ecuación 36 se obtiene:

$$F_{vp} : (26.88kg / m^2)((29.3 + 14) / 200) * 10.2 \text{ m}$$

$$F_{vp} : 59.359 \text{ kg}$$

En apoyos de madera: Al reemplazar los respectivos parámetros de la Tabla 26 en la ecuación 39 y sustituir en la el resultado en la ecuación 36 se obtiene:

$$F_{vp} : (26.88kg / m^2)((58.55 + 41) / 200) * 10.2 \text{ m}$$

$$F_{vp} : 136.882 \text{ kg}$$

4.9.4.2. Esfuerzos por cambio de dirección de la línea

Se calculan con la siguiente expresión:

$$F_{al} = 2Nt_{\max} \text{Sen} \alpha / 2 \text{ [kg]}$$

[40]

Donde:

F_{al} Esfuerzo resultante por deflexión de la línea. Kg.

N Número de conductores

t_{\max} Tensión horizontal máxima en kg, para la condición extrema de trabajo mecánico sobre el conductor.

α Ángulo de desviación de la línea

En los conductores de fase: t_{\max} : 512.0413 kg, para el conductor No. 2 AWG y vano regulador de 350 m.

Al aplicar la ecuación 40 se tiene:

Conductor superior: (N=1)

$$F_{ac} 1 = 2 * (1) * (512.041kg) Sen\alpha / 2$$

$$F_{ac} 1 = 1021.083 \text{ Sen}\alpha / 2 \text{ kg}$$

Conductores inferiores: (N=2)

$$F_{ac} 2 = 2 * (2) * (512.041kg) Sen\alpha / 2$$

$$F_{ac} 2 = 2048.165 \text{ Sen}\alpha / 2 \text{ kg}$$

Conductor de guardia: t_{\max} =486.305 kg para el conductor No. 6 tipo AS y vano regulador 350m.

Con la ecuación 40 se obtiene:

$$F_{ag} = 2 * (1) * (486.305kg) Sen\alpha / 2$$

$$F_{ag} = 972.61 \text{ Sen}\alpha / 2 \text{ (kg)}$$

4.9.5. Análisis mecánicos de los apoyos sencillos

4.9.5.1. Cálculo de los momentos que causan los esfuerzos transversales para la hipótesis de la condición normal

Con base en la estructura de paso P-101G en el cual el conductor superior se instala a 10.2m sobre el suelo, los dos inferiores a 9.5 m de altura, y el cable de guardia a 11.4 m. para su análisis mecánico, los momentos se calculan con respecto a su base de empotramiento, con la siguiente ecuación:

$$M = F * h \text{ [kg * m]} \quad [41]$$

Donde:

- F Magnitud de la fuerza horizontal en kg.
- h Altura de aplicación con respecto al suelo, en m.

4.9.5.1.1. Momentos por acción del viento

Los parámetros F_{vc1} , F_{vc2} y F_{vg} se determinan en la sección 0. Al utilizar la ecuación 41 se obtiene:

En los conductores:

$$M_{vc1} = F_{vc1} * h_1, \text{ Con } h_1 = 10.2 \text{ m,}$$

$$M_{vc1} = 2.201a_v \text{ (kg.m)}$$

$$M_{vc2} = F_{vc2} * h_2, \text{ Con } h_2 = 9.5 \text{ m,}$$

$$M_{vc2} = 4.099a_v \text{ (kg.m)}$$

$$M_{vcg} = F_{vg} * h_g, \text{ Con } h_g = 11.4 \text{ m,}$$

$$M_{vg} = 1.261a_v \text{ (kg.m)}$$

Al sumar los anteriores momentos se obtiene el momento total por acción del viento:

$$M_{vc} = M_{vc1} + M_{vc2} + M_{vg}$$

$$M_{vc} = 7.560a_v \text{ (kg.m)}$$

En el poste: con la ecuación 41, se tiene:

$$M_{vp} = F_{vp} + H_a \quad [42]$$

F_{vp} : Se calcula en la sección 0

$$H_a = \frac{H}{3} + \frac{d_1 + 2d_2}{d_1 + d_2} \quad [43]$$

Donde:

H_a : Altura equivalente de aplicación, m.

Para poste en madera: $d_1 : 58.85\text{cm}$, $d_2 : 41\text{cm}$, $H : 10.2\text{m}$, al reemplazar en la ecuación 71, $H_a : 4.796\text{m}$, con la ecuación 42 se obtiene:

$$M_{vp} = 656.501\text{kg} * m$$

Para poste de concreto: $d_1 : 29.3\text{cm}$, $d_2 : 14\text{cm}$, $H : 10.2\text{m}$, al sustituir en la ecuación 71, $H_a : 4.499\text{m}$, con la expresión 42 se obtiene:

$$M_{vp} = 267.075 \text{ kg} * m$$

4.9.5.1.2. Momentos por cambio de dirección de la línea

Los esfuerzos de ángulo se calculan en la sección 0., si se reemplazan estos valores en la ecuación 41 se tiene:

En los conductores de fase:

$$M_{ac1} = F_{ac1} * h_1, \text{ Con } h_1 = 10.2 \text{ m},$$

$$M_{ac1} = 10445.643 \text{ Sen} \alpha / 2 \text{ (kg} * m)$$

$$M_{ac2} = F_{ac2} * h_2, \text{ Con } h_2 = 9.5 \text{ m},$$

$$M_{ac2} = 19457.569 \text{ Sen} \alpha / 2 \text{ (kg} * m)$$

En el cable de guardia:

$$M_{ag} = F_{ag} * h_g, \text{ Con } h_g = 11.4 \text{ m},$$

$$M_{ag} = 11087.754 \text{ Sen} \alpha / 2 \text{ (kg} * m)$$

Al sumar todos los momentos por ángulo se obtiene:

$$M_{a.1} = 40990.966 \text{ Sen} \alpha / 2 \text{ (kg} * m)$$

4.9.5.1.3. Momento resistente en el poste

Es el momento máximo admisible, que se mide a 10 cm del extremo superior del poste (Normas de la ESSA), se calcula de la siguiente forma:

$$M_r = \frac{C_r * h}{F.S}$$

[44]

Donde:

H Altura de aplicación de la carga, 10.1 m

F.S Factor de seguridad, F.S=2

C_r Carga de rotura (kg).

Para poste de madera $C_r : 750 \text{ kg}$, $M_r : 3787.5 \text{ (kg * m)}$

Para poste de concreto $C_r : 750 \text{ kg}$, $M_r : 3787.5 \text{ (kg * m)}$

4.9.5.2. Gráfica de utilización de apoyos sencillos

Es la representación gráfica de la magnitud del ángulo de desviación (α) de la línea, en función de la longitud del vano viento (a_v) que puede soportar el apoyo sin necesidad de templetes.

La suma de todos los momentos que actúan sobre el poste no debe sobrepasar el momento resistente. Por consiguiente:

$$M_r \geq M_{vc} + M_{vp} + M_{a.1}$$

Al analizar la situación de igualdad

$$M_r = M_{vc} + M_{vp} + M_{a.1}$$

[45]

4.9.5.2.1. Apoyos de madera

En la ecuación 45 se sustituyen los parámetros correspondientes:

$$3787.5 = 7.561 a_v + 656.501 + 40990.966 \operatorname{Sen} \alpha / 2$$

$$\boxed{3130.999 = 7.560 a_v + 40990.966 \operatorname{Sen} \alpha / 2} \quad [46]$$

Condiciones límites:

$$\text{Para } a_v = 0 \quad \alpha = \alpha_o = 8^\circ 45' 40.83''$$

$$\text{Para } \alpha = 0 \quad a_v = a_{v0} = 414.127 \text{ m}$$

Al unir estos puntos se obtiene la gráfica de utilización que se muestra en la Figura 2.

4.9.5.2.2. Apoyos de concreto.

Con la ecuación 45 se obtiene:

$$2575.5 = 7.560 a_v + 267.075 + 40990.966 \operatorname{Sen} \alpha / 2$$

$$\boxed{2308.425 = 7.560 a_v + 40990.966 \operatorname{Sen} \alpha / 2} \quad [47]$$

Valores límites:

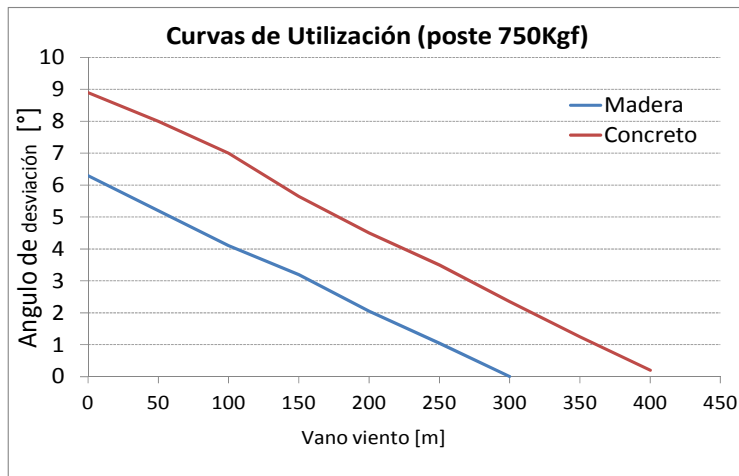
$$\text{Para } a_v = 0 \quad \alpha = \alpha_o = 6^\circ 27' 24.09''$$

$$\text{Para } \alpha = 0 \quad a_v = a_{v0} = 305.33 \text{ m}$$

Al unir estos puntos se obtiene la curva de utilización que se muestra en la

Figura 2.

Figura 2. Curva de utilización de apoyos sencillos (conductor No 2 AWG)



4.9.5.3. Análisis de los esfuerzos verticales para la hipótesis de condición normal

- **Estructura simple de alineamiento**

Peso por cada conductor de fase:

$$W_{\text{conductor}} = W_c * a_w \text{ (kg)}$$

[48]

Donde:

W_c Peso del conductor, (se calcula con el No. 2 AWG)

a_w Longitud del vano peso en m.

Peso del pin: $W_{pin} = 5kg$

Peso por mantenimiento: Presión aproximada ejercida por el personal, herramienta equipo y maniobras en las operaciones de mantenimiento.

$W_{Mantenimiento} = 100kg$

Peso en cada punta o amarre de sujeción:

$$W_T = W_{Conductor} + W_{Pin} + W_{Mantenimiento}$$

[49]

Al reemplazar cada una de sus variables se tiene que:

$$W_T = 0.1359 a_w + 5kg + 100kg$$

$$W_T = 105 + 0.1359 a_w$$

Peso del cable de guardia:

$$W_G = W_G * a_w (kg)$$

W_G :Peso del cable de guardia en kg/m, 0.08763

$$W_G : 0.8763 a_w (kg)$$

CÁLCULO TIPO: ESTRUCTURA P - 101G

Vano peso, $a_w = 276$ m

En cada punto de sujeción de los conductores:

$$W_T = 0.1359 * (276) + 105$$

$$W_T = 142.5 \text{ kg}$$

En el punto de amarre del cable de guardia:

$$W_G = 0.08763 * (276)$$

$$W_G = 24.2 \text{ kg}$$

Estructura de retención simple

$$W_{Conductor} = 0.1359 * a_w \text{ kg}$$

$$W_{Cadena-Aisladores} = 50 \text{ kg}$$

En cada punto de amarre del conductor:

$$W_T = 0.1359 a_w + 150 \text{ (kg)}$$

[50]

En el punto de amarre del cable de guardia:

$$W_G = 0.08763 a_w$$

Cálculo tipo: Estructura R-130G

Vano Peso: $a_w = 280 \text{ m}$.

El peso en el punto de amarre de cada conductor es:

$$W_T = 0.1359 * (280) + 150$$

$$W_T = 188.1 \text{ kg}$$

El peso en el punto de amarre del cable de guardia es:

$$W_G = 0.8763 * (280)$$

$$W_G = 24.5 \text{ kg}$$

4.9.5.4. Análisis de los esfuerzos longitudinales

Las tensiones se calculan para la condición extrema de trabajo mecánico
Mediante la siguiente ecuación:

$$t_p = t_{H1} - t_{H2} \quad [51]$$

Donde:

t_p : Tensión horizontal neta en el punto de amarre conductores y cable de guardia.

t_{H1} : Tensión horizontal para el vano anterior

t_{H2} : Tensión horizontal para el vano posterior

Cálculo Tipo: Estructura R-130 G, Conductor No. 2 AWG

Vano anterior: 194 m

Vano posterior: 268 m

Al calcular para la condición extrema de trabajo mecánico en el conductor se obtiene:

$$t_{H1} : 463.25 \text{ kg}$$

$$t_{H2} : 489.46 \text{ kg}$$

$$|t_p| : 26.21 \text{ kg}$$

4.9.5.5. Hipótesis por ruptura de un conductor

En esta condición los esfuerzos transversales por viento y ángulo, se reducen a la mitad en el punto de amarre del conductor que falla. En los demás conductores no hay variación.

El problema mas grave es el desequilibrio de tensiones horizontales que se presenta. Esta Tensión debe contrarrestarla los templetes de retención.

Cálculo tipo Estructura No. 32, R-130 G, ruptura en el conductor superior, para el vano anterior de 194 m. Altura de aplicación 10.1 m.

$$t_p = 489.46\text{kg} - 0 = 489.46\text{kg}$$

Al reemplazar en la ecuación 69 se tiene que:

$$M_t : (489.46\text{kg}) * (9.9\text{m})$$

$$M_t : 4845.65 \text{ (kg * m)}$$

Si no existen templetes, este momento flector puede causar la ruptura del poste.

4.9.6. Análisis mecánico de las estructuras dobles.

4.9.6.1. Cálculo de los momentos que causan los esfuerzos transversales para la hipótesis de condición normal.

Se hace con base en la estructura de paso doble PH-201G, en la cual el conductor superior se instala a 9,9 m sobre el suelo, los dos inferiores a 9,1 m sobre el terreno y el cable de guardia a una altura de 12,20 m.

Para el cálculo mecánico debe tenerse en cuenta que por tratarse de dos postes, el momento resistente se duplica, al igual que el momento por acción del viento en los apoyos.

4.9.6.1.1. Momentos por acción del viento

Las fuerzas por acción del viento se calculan en la sección 0. al sustituir estos valores en la ecuación 41 se tiene:

En los conductores de fase:

$$M_{vc1} = F_{vc1} * h_1, \text{ Con } h_1 = 9.9 \text{ m,}$$

$$M_{vc1} = 2.136 * a_v \text{ (kg.m)}$$

$$M_{vc2} = F_{vc2} * h_2, \text{ Con } h_2 = 9.1 \text{ m,}$$

$$M_{vc2} = 3.926 * a_v \text{ (kg.m)}$$

$$M_{vcg} = F_{vg} * h_g, \text{ Con } h_g = 12.20 \text{ m,}$$

$$M_{vg} = 1.349 * a_v \text{ (kg.m)}$$

El momento total por acción del viento es:

$$M_{VC} = M_{VC1} + M_{VC2} + M_{VG}$$

$$M_{VG} = 1.349 * a_v \text{ (kg.m)}$$

En los dos postes:

$$M_{VP} = 2F_{vp} + H_a \text{ (kg * m)}$$

Postes de concreto:

$$M_{vp} = 534 \text{ (kg * m)}$$

Postes de madera:

$$M_{vp} = 1313 \text{ (kg * m)}$$

Momentos por cambio de dirección de la línea

Los esfuerzos por desviación angular, se determinan en la sección 8.7.4.2., al sustituir estos parámetros en la ecuación 41 se tiene:

En los conductores de fase:

$$M_{ac1} = F_{ac1} * h_1, \text{ Con } h_1 = 9.9 \text{ m,}$$

$$M_{ac1} = 10138.4 \text{ Sen } \alpha / 2 \text{ (kg * m)}$$

$$M_{ac2} = F_{ac2} * h_2, \text{ Con } h_2 = 9.1 \text{ m,}$$

$$M_{ac2} = 18638.3 \text{ Sen } \alpha / 2 \text{ (kg * m)}$$

En el cable de guardia:

$$M_{ag} = F_{ag} * h_g, \text{ Con } h_g = 12.20 \text{ m,}$$

$$M_{ag} = 11865.842 \text{ Sen } \alpha / 2 \text{ (kg * m)}$$

Y en el momento total por cambio de dirección en la línea es:

$$M_{a.1} = M_{ac1} + M_{ac2} + M_{ag}$$

$$M_{a.1} = 40642.563 \text{ Sen } \alpha / 2 \text{ (kg * m)}$$

Momento resistente.

Postes de madera:

$$M_r = 2 * (3787.5 \text{ kg * m})$$

$$M_r = 7575 \text{ kg * m}$$

Postes de concreto:

$$M_r = 2 * (2575.5 \text{ kg * m})$$

$$M_r = 5151 \text{ kg * m}$$

4.9.6.2. Gráfica de utilización de apoyos dobles

4.9.6.2.1. Apoyos de madera

Mediante la ecuación 45 se obtiene:

$$7575 = 7.412a_v + 1313.001 + 40642.563 \text{ Sen } \alpha / 2$$

$$6261.999 = 7.412a_v + 40642.563\text{Sen}\alpha / 2$$

[52]

Valores límites:

$$\text{Para } a_v = 0 \quad \alpha = \alpha_o = 17^\circ 43' 34.7$$

$$\text{Para } \alpha = 0 \quad a_v = a_{v0} = 844.885 \text{ m}$$

Con la unión de estos puntos se obtiene la gráfica de utilización respectiva, que se muestra en la Figura 3.

Apoyos de concreto:

$$5151 = 7.412a_v + 534.150 + 40642.563\text{Sen}\alpha / 2$$

$$4616.850 = 7.412a_v + 40642.563\text{Sen}\alpha / 2$$

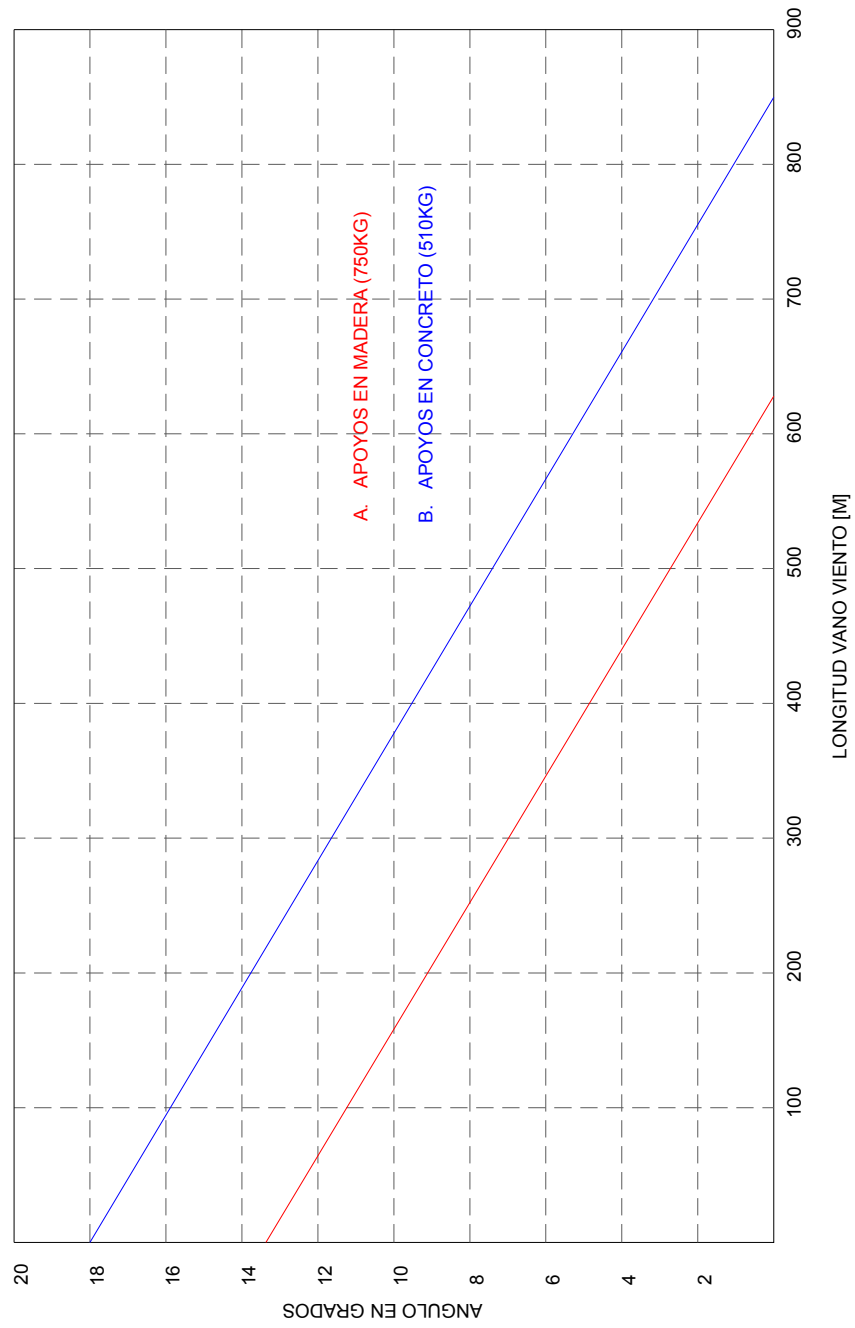
[53]

Valores límites:

$$\text{Para } a_v = 0 \quad \alpha = \alpha_o = 13^\circ 02' 43.3''$$

$$\text{Para } \alpha = 0 \quad a_v = a_{v0} = 622.918 \text{ m}$$

Figura 3. Grafico de utilización de apoyos dobles (conductor No 2 AWG)



4.9.6.3. Análisis de los esfuerzos verticales para la hipótesis de condición normal en la estructura doble.

Estructura doble de alineamiento:

$$W_{Conductor} = W * a_w (kg), \text{ (Se calcula para el conductor No. 2 AWG)}$$

$$W_{PIN} = 5kg$$

$$W_{Mantenimiento} = 105 + 0.1359a_w (kg), \text{ Peso por cada punto de sujeción del conductor}$$

$$W_G = 0.08763a_w (kg) \text{ Peso en el punto de amarre del cable de guardia.}$$

Cálculo tipo: Estructura PH-201 G

$$a_w = 616m$$

En cada punto de sujeción del conductor:

$$W_T = 0.1359 * (616) + 105$$

$$W_T = 188.71kg$$

En el punto de amarre del cable de guardia:

$$W_G = 0.08763 * (616)$$

$$W_G = 53.98kg$$

Estructura de retención:

$$W_{Conductor} = 0.1359 * a_w (kg)$$

$$W_{Aisladores} = 50kg$$

$$W_{Mantenimiento} = 100kg$$

En el conductor:

$$W_{TOT} = 150 + 0.1359 * a_w (kg)$$

En el cable de guardia:

$$W_G = 0.08763a_w (kg)$$

Cálculo tipo: Estructura RH-230G

$$a_w = 516m$$

Por conductor:

$$W_{TOT} = 150 + 0.1359 (516)$$

En el cable de guardia:

$$W_G = 44.53 kg$$

4.9.6.4. Esfuerzos longitudinales

Se calculan de forma análoga a la estructura simple.

Cálculo tipo: Estructura de retención, RH-230G

Vano anterior $a_1 = 546m$

Vano posterior $a_2 = 486m$

Al evaluar la condición extrema de trabajo mecánico en el conductor:

$$t_{H1} = 545.76kg$$

$$t_{H2} = 537.75kg$$

$$t_p = 545.76 - 537.75$$

$$t_p = 8.01kg$$

4.9.6.5. Hipótesis excepcional de ruptura en un conductor

En el punto de amarre del conductor que falla ocurre lo siguiente:

Los esfuerzos transversales se reducen a la mitad.

En los esfuerzos verticales se considera la acción de la mitad del vano peso.

Se produce un gran desequilibrio en la Tensión horizontal que puede causar la deformación de la cruceta o en caso extremo falla en el apoyo.

Cálculo tipo: Estructura de retención, RH-230G

Se analiza la ruptura en el conductor superior para el vano de 486m.

$$\text{Tensión desequilibrada} = 545.76kg - 0 = 545.76kg$$

El conductor se instala a 9,7 m del suelo, luego al reemplazar en la ecuación 69, el momento flector que se produce es:

$$M_t = (545.76kg) * (9.7m)$$

$$M_t = 5303.572kg * m$$

$M_r = 5151kg * m$, momento resistente en los dos apoyos de concreto.

Como $M_t \geq M_r$ los apoyos pueden sufrir ruptura. Para evitar este problema, deben calcularse templetos para retención que contrarresten el efecto anterior.

4.9.7. Análisis mecánico de las estructuras en triple apoyo.

4.9.7.1. Cálculo de los momentos que causan los esfuerzos transversales para la hipótesis de condición normal.

En el proyecto se presenta un vano individual de 1442m, por lo tanto se debe utilizar una estructura especial de tres postes. Los cálculos correspondientes se realizan para la estructura RE-300 (3X506 G), a la cual se le hacen las siguientes modificaciones.

La disposición horizontal de los conductores se cambia a una triangular asimétrica, para ello el poste intermedio debe ser de 12 m y los dos laterales de 10 m, todos con carga de rotura 750 kg. Los dos conductores inferiores se montan en los postes laterales por medio de cadena de aisladores a una altura de 9.9 m del piso. El cable de guardia se monta en su soporte especial de 2 m de longitud, a una altura de 11.9 m del suelo.

Las razones por las cuales se realizan las anteriores modificaciones, se describen en la sección 4.9.9., además de analizar las condiciones para tender los conductores y el cable de guardia

4.9.7.1.1. Momentos por acción del viento

Los esfuerzos se calculan en la sección 0, con la expresión 41 se obtiene:

En los conductores:

$$M_{vc1} = F_{vc1} * h_1, \text{ Con } h_1 = 9.9 \text{ m,}$$

$$M_{vc1} = 2.136 * a_v \text{ (kg.m)}$$

$$M_{vc2} = F_{vc2} * h_2, \text{ Con } h_2 = 7.9 \text{ m,}$$

$$M_{vc2} = 3.409 * a_v \text{ (kg.m)}$$

$$M_{vzg} = F_{vzg} * h_g, \text{ Con } h_g = 11.9 \text{ m,}$$

$$M_{vzg} = 1.316 * a_v \text{ (kg.m)}$$

El momento total es:

$$M_{vc} = M_{vc1} + M_{vc2} + M_{vzg}$$

$$M_{vc} = 6.861 a_v \text{ (kg.m)}$$

En los tres postes: Por medio de las ecuaciones 35-39 y 43 se obtienen los resultados de la fuerza del viento (F_{vp}) y la altura equivalente de aplicación (H_a) en el apoyo triple de concreto (ver Tabla 29) y de madera (ver Tabla 30).

Tabla 29. Características de los apoyos triples en concreto

Postes de concreto	d_2	d_1	F_{vp}	H_a
Longitud 12m	14 cm	29,3 cm	59,359 kg	4,499 m
Longitud 10m	12 cm	24,6 cm	41,32 kg	3,72 m

El momento total por acción del viento en los 3 apoyos de concreto, se calcula a continuación:

$$M_{vp} = 2 * (41.32kg) * (3.72m) + (59.359kg) * (4.499m)$$

$$M_{vp} = 574.33kg * m$$

Tabla 30. Características de los apoyos triples en madera.

Postes de concreto	d_2	d_1	F_{vp}	H_a
Longitud 12m	41 cm	58.85 cm	136.882 kg	4,796 m
Longitud 10m	41 cm	58.85 cm	112.73 kg	3,95 m

El momento total por acción del viento en los 3 apoyos de madera, se calcula a continuación:

$$M_{vp} = 2 * (112.73kg) * (3.95m) + (136.882kg) * (4.796m)$$

$$M_{vp} = 1.546.978kg * m$$

Momentos por cambio de dirección de la línea. En la sección de 8.9.9. Se calculan las condiciones extremas de flecha y trabajo mecánico, a las que se someten los conductores de fase y el cable de guardia en el vano de 1442m.

En los conductores de fase: $t_{max} = 584.022kg$, al sustituir la ecuación 40 se obtiene:

Conductor superior:

$$F_{ac1} = 1.168.04 \text{Sen} \alpha / 2 \text{ (kg)}$$

Conductores inferiores:

$$F_{ac2} = 2.336.09 \text{Sen} \alpha / 2 \text{ (kg)}$$

Conductor de guardia:

$$t_{\max} = 605.164 \text{kg}$$

$$F_{ag} = 1210.328 \text{Sen} \alpha / 2 \text{ (kg)}$$

$$M_{ac1} = F_{ac1} * h_1, \text{ Con } h_1 = 9.9 \text{ m,}$$

$$M_{ac1} = 11.563.64 \text{Sen} \alpha / 2 \text{ (kg * m)}$$

$$M_{ac2} = F_{ac2} * h_2, \text{ Con } h_2 = 7.9 \text{ m,}$$

$$M_{ac2} = 18.455.1 \text{Sen} \alpha / 2 \text{ (kg * m)}$$

$$M_{ag} = F_{ag} * h_g, \text{ Con } h_g = 11.9 \text{ m,}$$

$$M_{ag} = 14.402.903 \text{Sen} \alpha / 2 \text{ (kg * m)}$$

El momento total es:

$$M_{a.T} = M_{ac1} + M_{ac2} + M_{ag}$$

$$M_{a.T} = 44.421.63 \text{Sen} \alpha / 2 \text{ (kg * m)}$$

4.9.7.1.2. Momento resistente en los postes

Postes de madera o concreto: $C_r=750\text{Kg}$, al remplazar en la ecuación 44 se obtiene:

$$M_r = 3787,5 * m \text{ Poste de } 12 \text{ m, } h=10.1 \text{ m}$$

$$M_r = 3.112,5 * m \text{ Poste de } 10 \text{ m, } h=8.3 \text{ m}$$

$$M_r - T_o T = 2 * (3.112,5 \text{ kg} * m) + 3.787.5 * m$$

$$M_r - T_o T = 10.012,5 \text{ k g} * m$$

4.9.7.2. Gráfica de utilización de apoyos triples

4.9.7.2.1. Apoyos de madera

Con la ecuación 45 se obtiene:

$$10.012,5 = 6.86 a_v + 1.546,98 + 44.421,63 \text{ Sen} \alpha / 2$$

$$8.465.52 = 6.86 a_v + 44.421,63 \text{ Sen} \alpha / 2$$

Valores límites

$$\text{Para } a_v = 0 \quad \alpha = \alpha_o = 21^\circ 58' 20.4''$$

$$\text{Para } \alpha = 0 \quad a_v = a_{v0} = 1.233,92 \text{ m}$$

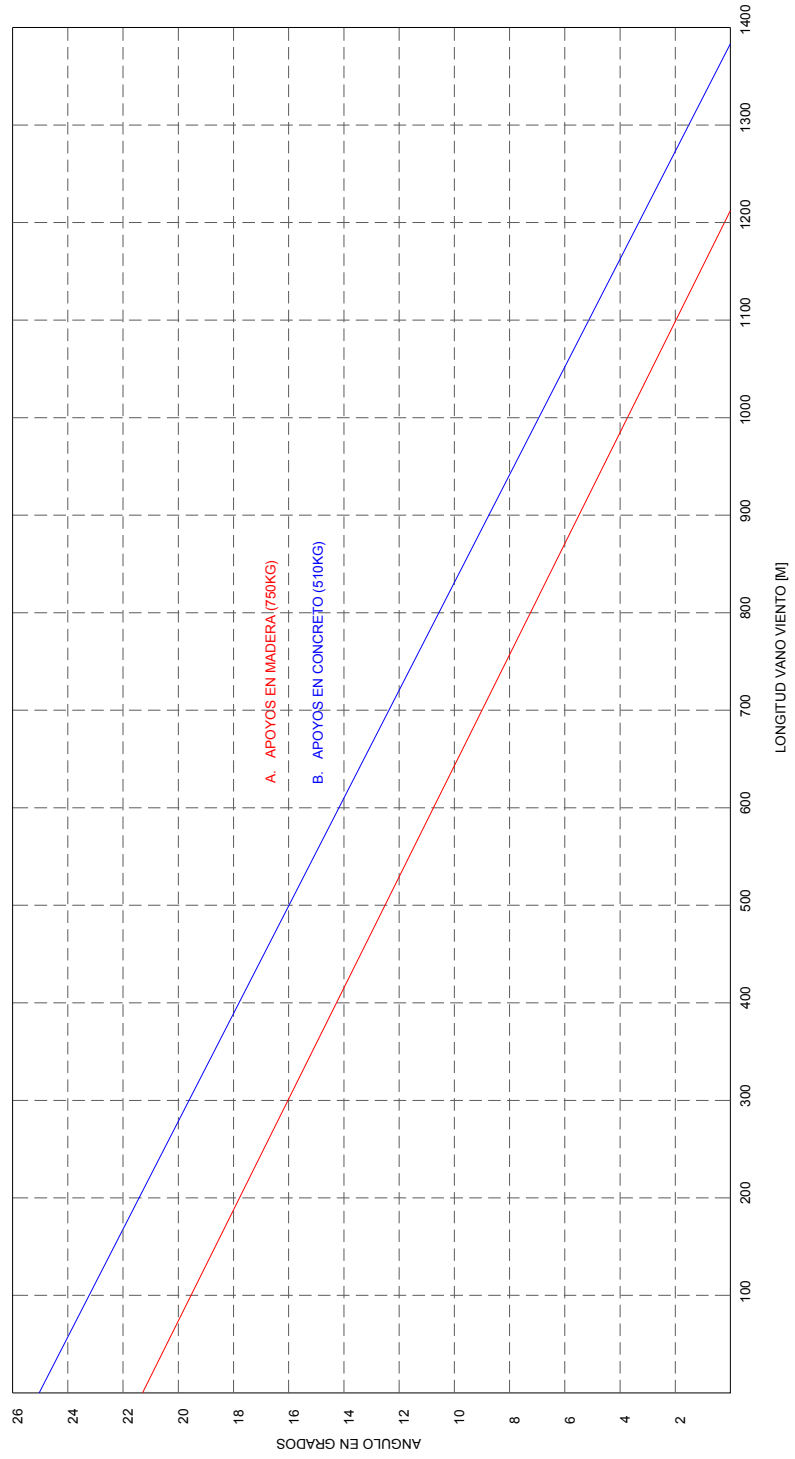
La curva respectiva se muestra en la Figura 4.

4.9.7.2.2. Apoyos de concreto

De la ecuación 45 se obtiene:

$$10.012,5 = 6.86 a_v + 574.32 + 43.936,62 \text{ Sen} \alpha / 2$$

Figura 4. Gráfico de utilización de apoyos triples (conductor No. 2AWG)



$$9.438,17=6.86 a_v + 44.421,63 \operatorname{Sen} \alpha / 2$$

[54]

$$\text{Para } a_v = 0 \quad \alpha = \alpha_o = 24^\circ 32' 25''$$

$$\text{Para } \alpha = 0 \quad a_v = a_{v0} = 1.375,69 \text{ m}$$

La curva respectiva se muestra en la Figura 4.

4.9.7.3. Análisis de los esfuerzos verticales para la hipótesis de condición normal en la estructura triple.

Las estructuras especiales en triple apoyo se utilizan como retención en todos los casos. Cada apoyo soporta en forma independiente un conductor de fase.

$$\text{Peso del conductor} = W * a_w = 0.1359 a_w \text{ (kg)}$$

$$\text{Peso de los aisladores} = 50 \text{ kg}$$

$$\text{Peso por mantenimiento} = 150 + 0.1359 a_w \text{ (kg)}$$

$$W_{TOT} = \text{Peso por cada punto de amarre del conductor No. 2 AWG}$$

4.9.7.3.1. Análisis de los esfuerzos longitudinales

Se calculan de igual forma que en las estructuras simples y dobles.

4.9.7.3.2. Hipótesis excepcional de ruptura en un conductor

Se calcula en forma análoga a las anteriores.

Cálculo tipo: Estructura RE-300G (3 x 560G), conductor No. 2 AWG.

Vano anterior $a_1 = 360$ m $T_{H1} = 514.38$ kg

Vano posterior $a_2 = 1442$ m $T_{H2} = 584.02$ kg

Vano peso $a_w = 770$ m

Esta estructura especial no lleva cruceta, cada apoyo soporta un conductor de fase en forma independiente.

Hipótesis de condición normal:

Esfuerzos verticales:

Peso conductor: $W_c = (0.1359 \text{ kg/m}) (770 \text{ m}) = 104.64$ kg

Peso aisladores: 50 kg

Peso mantenimiento: 100 kg

$W_{Tot} = 254.64$ kg por cada punto de amarre al conductor.

Esfuerzos longitudinales: Al evaluar la condición extrema de trabajo mecánico en cada uno de los vanos se obtiene:

$T_{H1} = 514.38$ kg para el vano de 360 m

$T_{H2} = 548.02$ kg para el vano de 770 m

Tensión Horizontal Neta= 33.64 kg

Hipótesis por ruptura en el conductor superior y en el vano de 360 m:

Esfuerzos verticales: Para el conductor que falla, se considera la acción de la mitad del vano peso.

$$W_{\text{Conductor}} = 0.1359 \text{ kg / m} * 770\text{m} / 2 = 52.32\text{kg}$$

$$W_{\text{Aisladores}} = 50\text{kg}$$

$$W_{\text{Mantenimiento}} = 100\text{kg}$$

$$W_{\text{ToT}} = 202.32\text{kg}$$

En los demás conductores los esfuerzos son los mismos.

Esfuerzos longitudinales:

Tensión horizontal neta=548.02 kg – 0

$$t = 548.02 \text{ kg}$$

El momento flector que produce el conductor que falla a una altura de 9,9 m es:

$M_t = (548,02\text{kg}) * 5.425,4\text{kg} * m$, este momento debe contrarrestarse con los templetes de retención.

4.9.8. Árboles de Carga

Son la representación gráfica de todos los esfuerzos transversales, longitudinales y verticales en la estructura.

Para cada una de las estructuras que se analizan mecánicamente (Sencillos, dobles y triples), se dibuja su correspondiente árbol de cargas. Ver Figura 5, Figura 6 y Figura 16. .

4.9.9. Cálculo de templetes

Los templetes se utilizan para contrarrestar las tensiones horizontales que causan desequilibrios y exceden la carga admisible en los apoyos.

Por regla general deben colocarse en todas las estructuras de retención, en los ángulos de deflexión que sobrepasan los esfuerzos admisibles en el poste, en las estructuras en las cuales la acción transversal del viento sobre los conductores y el poste, superen el momento resistente en el apoyo, y en todos aquellos casos, en donde el cálculo mecánico la justifique conforme a lo que expone el artículo IV (Sección IV – 7) del volumen III de las normas del ICEL.

Se debe usar como templete, cable de acero, el cual debe galvanizarse; la carga de rotura mínima es 1900 kg.

Para el diseño se selecciona cable de acero súper resistente de $\frac{1}{4}$ " (6,3 mm de diámetro) con carga de rotura 3020 kg.

El factor de seguridad para templetas es 2.

4.9.9.1. Templetas para contrarrestar los esfuerzos longitudinales, en estructuras de retención

Para el cálculo se toma la Tensión de los conductores en la hipótesis más desfavorable.

Las tensiones horizontales que ejercen los conductores de fase y el cable de guardia, no deben sobrepasar en ningún caso, el momento resistente en el poste, que se aplica a 10 cm del extremo superior; cuando la condición anterior no se cumple es necesario calcular templetas que equilibren la estructura y absorban los esfuerzos desestabilizadores.

El procedimiento de cálculo, es suponer la estructura como retención Terminal y determinar el número de templetas para dicho tramo.

Figura 5. Árbol de cargas en estructura sencilla

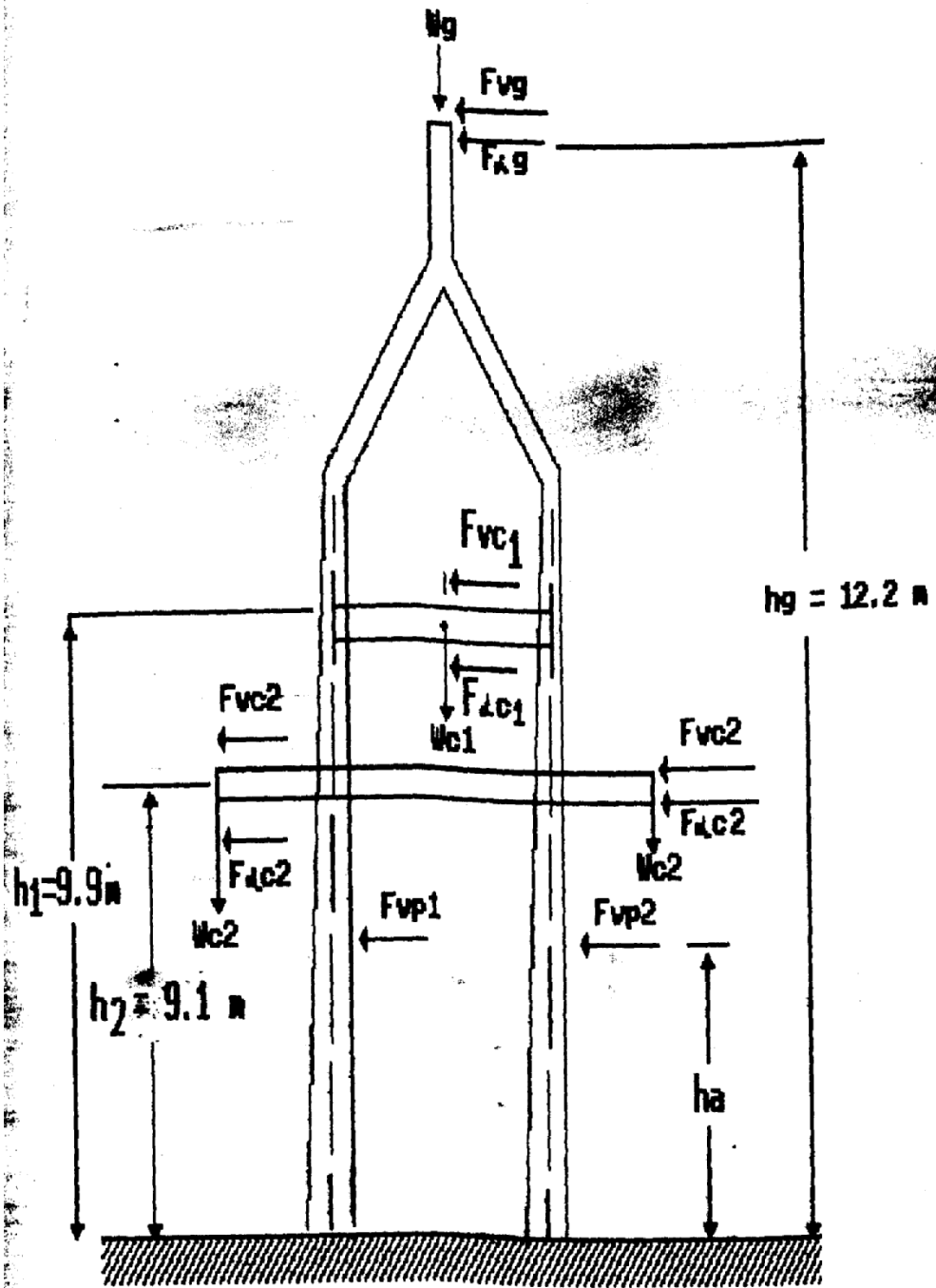
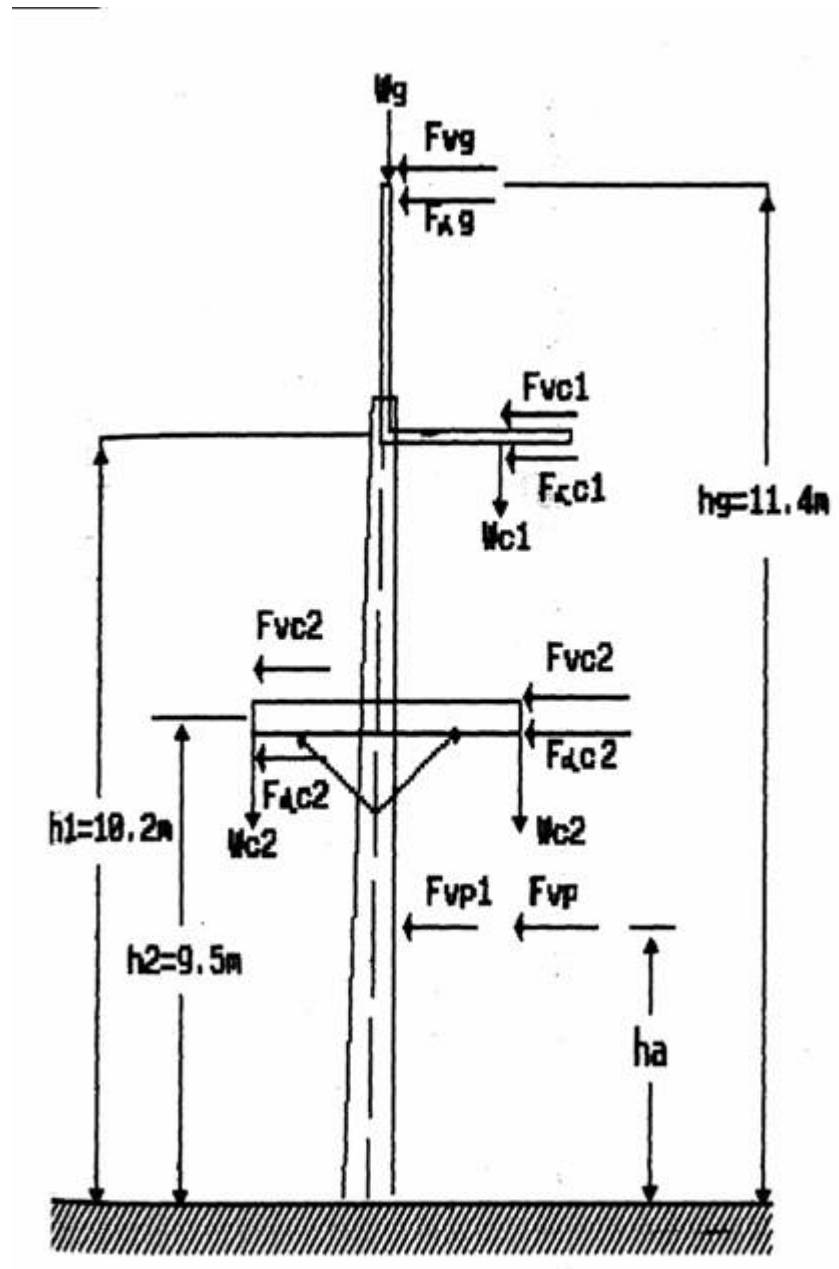


Figura 6. Árbol de cargas en estructura
Doble



En estructuras corrientes de anclaje que deben retener dos tramos, uno por cada lado, el número de templetes es el doble al que se calcula para una estructura Terminal.

Con el anterior procedimiento se garantiza que al ocurrir ruptura en uno o todos los conductores y el cable de guardia; los templetes deben estar en capacidad de contrarrestar las tensiones de desequilibrio y así se evita la ruptura en los apoyos.

De acuerdo a los árboles de carga correspondientes (Figuras 20 y 21), se establece para cada estructura el siguiente equilibrio de momentos.

$$M_r + P_x r_T = 2F_{C2} * r_2 + F_{C1} * r_1 + F_g * r_g \quad [55]$$

Donde:

M_r : Momento resistente en el poste (kg * m)

P_x : Componente horizontal de la Tensión sobre el templete (kg)

r_T : Altura de aplicación de la carga máxima admisible en el poste, y punto de amarre del templete, (10 cm desde el extremo superior)

r_2 : Altura de aplicación de la fuerza que producen los dos conductores inferiores.

r_1 : Altura de aplicación de la fuerza que produce el conductor superior.

r_g : Altura de aplicación de la fuerza que produce el cable de guardia.

P_T : Fuerza resultante sobre el templete, (kg).

F_{C1}, F_{C2} y F_g : Tensiones horizontales máximas en los conductores y cables de guardia, para la condición extrema de trabajo mecánico.

$$P_T = P_x / \text{Cos}\phi \quad [56]$$

$$\cos\phi = \frac{b}{(b^2 + rT^2)^{1/2}}, \quad \cos\phi = \frac{1}{(1 + rT/b)^2)^{1/2}}, \quad [57]$$

Donde:

- ϕ : Ángulo de inclinación del templete con el suelo.
- b : Distancia horizontal desde el poste al punto de anclaje del templete, como distancia óptima se toma $b = 7.2m$.

Figura 20. Árbol de cargas en estructura sencilla de retención (R-130G)

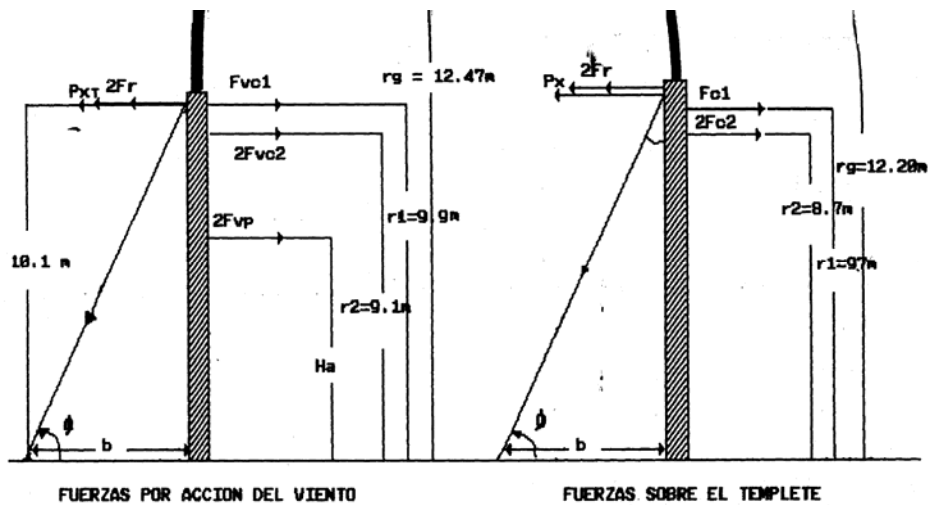
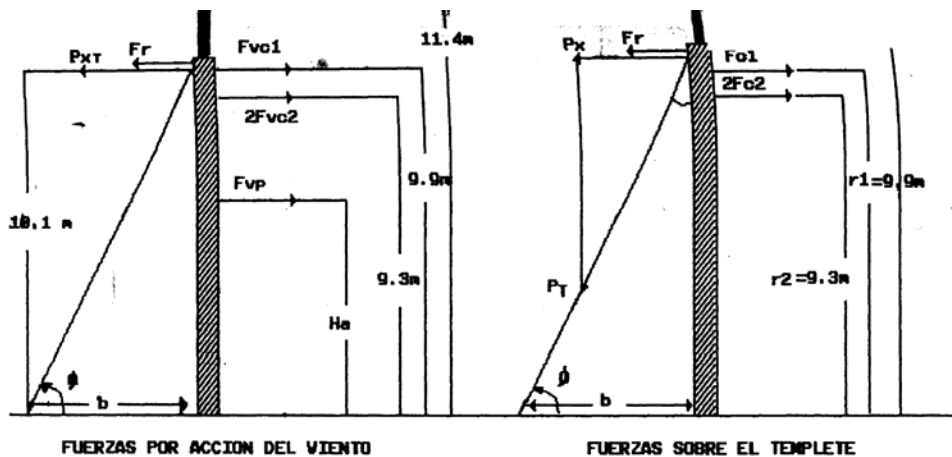


Figura 21. Árbol de cargas en estructura doble de retención (RH-230G)



4.9.9.1.1. Retención sencilla

Se analiza para un vano normal de tendido de 250 m, los parámetros para la condición extrema de trabajo mecánico son:

$$F_{C1} = F_{C2} = 483.613kg$$

$$F_g = 468.9kg$$

El cálculo se determina de acuerdo con la
Figura 21. Árbol de cargas en estructura doble de retención (RH-230G)

, al sustituir los respectivos valores en la ecuación 55, se tiene:

$$M_r + P_x * (10.1m) = 2 * (483.613kg)(9.3m) + (483.613kg)(9.9m) + (468.9kg)(11.4m)$$

$$M_{r_c} = 2575.5kg \text{ Para postes en concreto}$$

$$M_{r_M} = 3787.5kg \text{ Para postes en madera}$$

Retención en concreto: $M_r = M_{r_c}$

$$P_x = 1638.905kg$$

Al sustituir las ecuaciones 56 y 57 se obtiene:

$$\text{Cos } \phi = \frac{1}{(1 + (10.1/7.2)^2)^{1/2}}$$

$$\text{Cos } \phi = 0.580$$

$$\phi = 54^\circ 30' 57.7''$$

$$P_T = 2823.385kg$$

Factor de seguridad del templete:

$$t_{Rotura} = 3020kg$$

$$F.S = \frac{t_{Rotura}}{P_T}$$

[58]

$$F.S = \frac{3020kg}{2823.385kg} \quad F.S = 1.070$$

Como el F.S mínimo es 2, se deben utilizar dos templetas, luego el factor de seguridad final es:

$$F.S = 2 * (3020kg) / 2823.385kg$$

$$F.S = 2.139$$

Retención en madera:

Al realizar el análisis anterior se obtiene:

$$M_r = M_{rM} = 3787.5kg$$

$$P_x = 1518.905kg$$

$$P_T = 2616.658kg$$

$$F.S = 3020kg / 2616.658kg$$

$$F.S = 1.154$$

En consecuencia se deben instalar dos templetas y así aumentar el F.S a 2.308. Los resultados para retención sencilla se muestran en la

Tabla 31.

Tabla 31. Número de templetos para retención simple

Tipo de apoyo	Tipo de Estructura	No. Templetos	Factor de seguridad F.S
Concreto	Terminal	2	2,139
Madera	Terminal	2	2,308
Concreto	Retención	4	2,139
Madera	Retención	4	2,308

4.9.9.2. Retención doble

Los cálculos se realizan con base en la Figura 21. Se tienen en cuenta los parámetros de máxima Tensión mecánica horizontal que determina el vano regulador de 350 m. (Condición extrema de trabajo mecánico).

$$F_{C1} = F_{C2} = 512.041kg$$

$$F_g = 486.305kg$$

Al sustituir en la ecuación 55 se obtiene:

$$M_r + P_x * (10.1m) = 2 * (512.041kg)(8.7m) + (512.041kg)(9.7m) + (468.305kg)(12.20m)$$

Retención en concreto:

$$M_r = 5151kg * m , \text{ por lo tanto:}$$

$$P_x = 1451.3106kg$$

$$P_T = 2500.211kg$$

$$F.S = 3020kg / 2500.211kg$$

$$F.S = 1208kg$$

En conclusión se deben utilizar 2 templetes y el factor de seguridad aumenta a 2,416.

Retención en madera:

$$M_r = 7575kg * m$$

Con el procedimiento anterior se obtiene el siguiente resultado:

$$P_x = 1211,311kg$$

$$P_T = 2086,756kg$$

$$F.S = 3020kg / 2086,756kg$$

$$F.S = 1,4472kg$$

En consecuencia se requieren 2 templetes, y el F.S final es 2,894. Los resultados para retención doble se muestran en la Tabla 32.

Tabla 32. Números de templetes para retención doble.

Tipo de apoyo	Tipo de Estructura	No. Templetes	Factor de seguridad F.S
Concreto	Terminal	2	2,416
Madera	Terminal	2	2,894
Concreto	Retención	4	2,416
Madera	Retención	4	2,894

4.9.9.3. Templetes para contrarrestar los esfuerzos transversales en las estructuras

Los esfuerzos transversales se producen por la acción simultánea de los siguientes factores:

- La presión del viento en los apoyos, conductores de fase y el cable de guardia.
- La desviación angular (α) en cada punto de la línea.

En los análisis mecánicos de las estructuras (sencillas, dobles y triples), se determinan las curvas de utilización correspondientes sin necesidad de templetes (ver Figura 2, Figura 3 y Figura 4).

Cuando las condiciones de tendido por vano viento (a_v) y Ángulo de deflexión (α), sobrepasan el límite máximo de dichas curvas, deben calcularse los templetes necesarios, que contrarrestan dicho efecto desestabilizador. El cálculo general se remite a la siguiente ecuación de equilibrio de momentos transversales.

$$M_r + P_x * h_1 = M_{vc} + M_{vp} + Ma - T \quad [59]$$

Donde:

M_r : Momento resistente en el apoyo, en (kg-m)

P_x : Componente horizontal de la Tensión sobre el templete.

h_1 : Altura de aplicación de la carga máxima admisible en el apoyo y punto de amarre en el templete, en m.

M_{vc} : Momento por acción del viento en los conductores de fase y en el cable de guardia.

M_{vp} : Momento por acción del viento en el apoyo.

$Ma-T$: Momento por causa de la desviación angular de la línea, en los conductores de fase y el cable de guardia.

4.9.9.3.1. Curva de utilización de templetes de estructura sencilla

En la sección 8.7.5.2. Se calcula la ecuación de equilibrio de momentos sin templetes para apoyos en madera o en concreto. A partir de esta expresión, se determinan el número de templetes necesarios para condiciones de vano viento y Ángulo de desviación que superen los límites admisibles de la estructura.

Apoyos de madera (ver Ecuación 46). Si se aplica la ecuación 59 se obtiene:

$$3787,5 + P_x * (10,1m) = 7,56a_v + 656,5 + 40990,97 \text{Sen} \alpha / 2 \quad [60]$$

Curva de utilización para 1 templete ($c_r = 3020kg$)

$$F.S = C_r / P_T \quad P_T = 3020 / 2 = 1510kg$$

$$\text{Pero } P_T = P_x / \text{Cos} \phi \quad \phi = 54^\circ 30' 57.7''$$

$$P_x = 876,52kg$$

Al reemplazar en la ecuación 89 se obtiene:

$$11983,83 = 7,5a_v + 40990,97 \text{Sen} \alpha / 2$$

Valores límites:

Para $a_v = 0$ $\alpha = \alpha_1 = 33^\circ 59' 51.9''$

Para $\alpha = 0$ $a_v = a_{v1} = 1585,06m$

Curva de utilización para 3 templetes ($P_T = 3 * 1510 = 4530kg$).

$P_x = 2629,55kg$, al reemplazar en la Ecuación 89 se obtiene:

$$29689,49 = 7,56a_v + 40990,97 * Sen\alpha / 2$$

Valores límites:

Para $a_v = 0$ $\alpha = \alpha_1 = 92^\circ 49' 12,7''$

Para $\alpha = 0$ $a_v = a_{v1} = 3926,93m$

Las gráficas de las anteriores curvas se muestran en la Figura 8.

Apoyos de concreto: (ver Ecuación 47) Al aplicar la ecuación 59 se obtiene:

$2575,5 + P_x * (10,1m) = 7,56a_v + 267,1 + 40990,97 Sen\alpha / 2$	[61]
---------------------------------------------------------------------	------

Curva de utilización para 1 templete ($P_T = 3020 / 2 = 1510kg$)

Pero $P_T = P_x / Cos\phi$ $\phi = 54^\circ 30' 57.7''$

$$P_x = 876,52kg$$

Al reemplazar la ecuación 61 se obtiene:

$$11161,26 = 7,56a_v + 40990,97 * \text{Sen}\alpha / 2$$

Valores límites:

$$\text{Para } a_v = 0 \quad \alpha = \alpha_1 = 31^\circ 36' 2,4''$$

$$\text{Para } \alpha = 0 \quad a_v = a_{v1} = 1476,26m$$

Curva de utilización para 2 templetes ($P_T = 2 * 1510 = 3020kg$)

$P_X = 1753,04kg$, al reemplazar en la Ecuación 61 se obtiene:

$$20014,08 = 7,56a_v + 40990,97 * \text{Sen}\alpha / 2$$

Valores límites:

$$\text{Para } a_v = 0 \quad \alpha = \alpha_2 = 58^\circ 27' 7,3''$$

$$\text{Para } \alpha = 0 \quad a_v = a_{v2} = 2647,2m$$

Curva de utilización para 3 templetes ($P_T = 3 * 1510 = 4530kg$)

$P_X = 2629,55kg$, al reemplazar en la Ecuación 90 se obtiene:

$$28866,91 = 7,56a_v + 40990,97 * \text{Sen}\alpha / 2$$

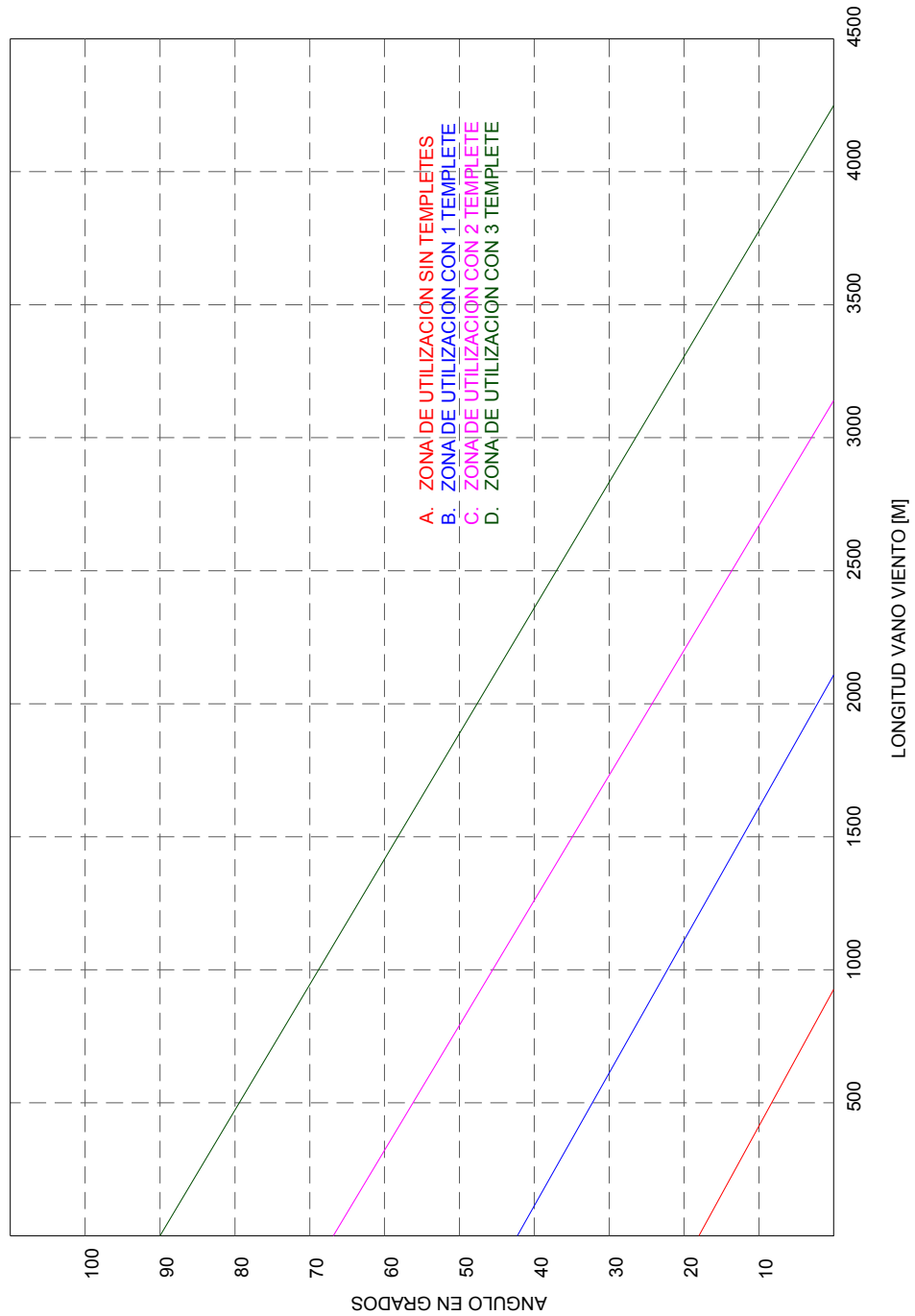
Valores límites:

$$\text{Para } a_v = 0 \quad \alpha = \alpha_3 = 89^\circ 32' 3''$$

Para $\alpha = 0$ $a_v = a_{v3} = 3818,13m$

Las gráficas de las anteriores curvas se muestran en la Figura 9.

Figura 8. Grafico de utilización de templetes, para estructura sencilla en madera (Conductor No. 2 AWG)



4.9.9.3.2. Curvas de utilización de templetes en estructura doble

En la sección 0 se definen las gráficas de utilización de la estructura sin necesidad de templetes. Al realizar un procedimiento análogo a las estructuras sencillas, se calculan las curvas de utilización de templetes, en función del vano viento y el Ángulo de deflexión.

Apoyos de madera: La ecuación general sin templetes (ver Sección 0, Ecuación 52), es la siguiente:

$$6262 = 7,41a_v + 40642,56 \text{Sen} \alpha / 2 \quad (\text{kg} - \text{m})$$

De acuerdo a la expresión 88, la ecuación general de momentos con templetes es:

$$6262 + P_x * (10,1\text{m}) = 7,41a_v + 40642,56 \text{Sen} \alpha / 2 \quad [62]$$

Curva de utilización para 1 templete ($c_r = 3020\text{kg}$)

$$F.S = C_r / P_T \quad P_T = 3020 / 2 = 1510\text{kg}$$

$$\text{Pero } P_T = P_x / \text{Cos} \phi \quad \phi = 54^\circ 30' 57.7''$$

$$P_x = 876,52\text{kg}$$

Al reemplazar en la Ecuación 62 se obtiene:

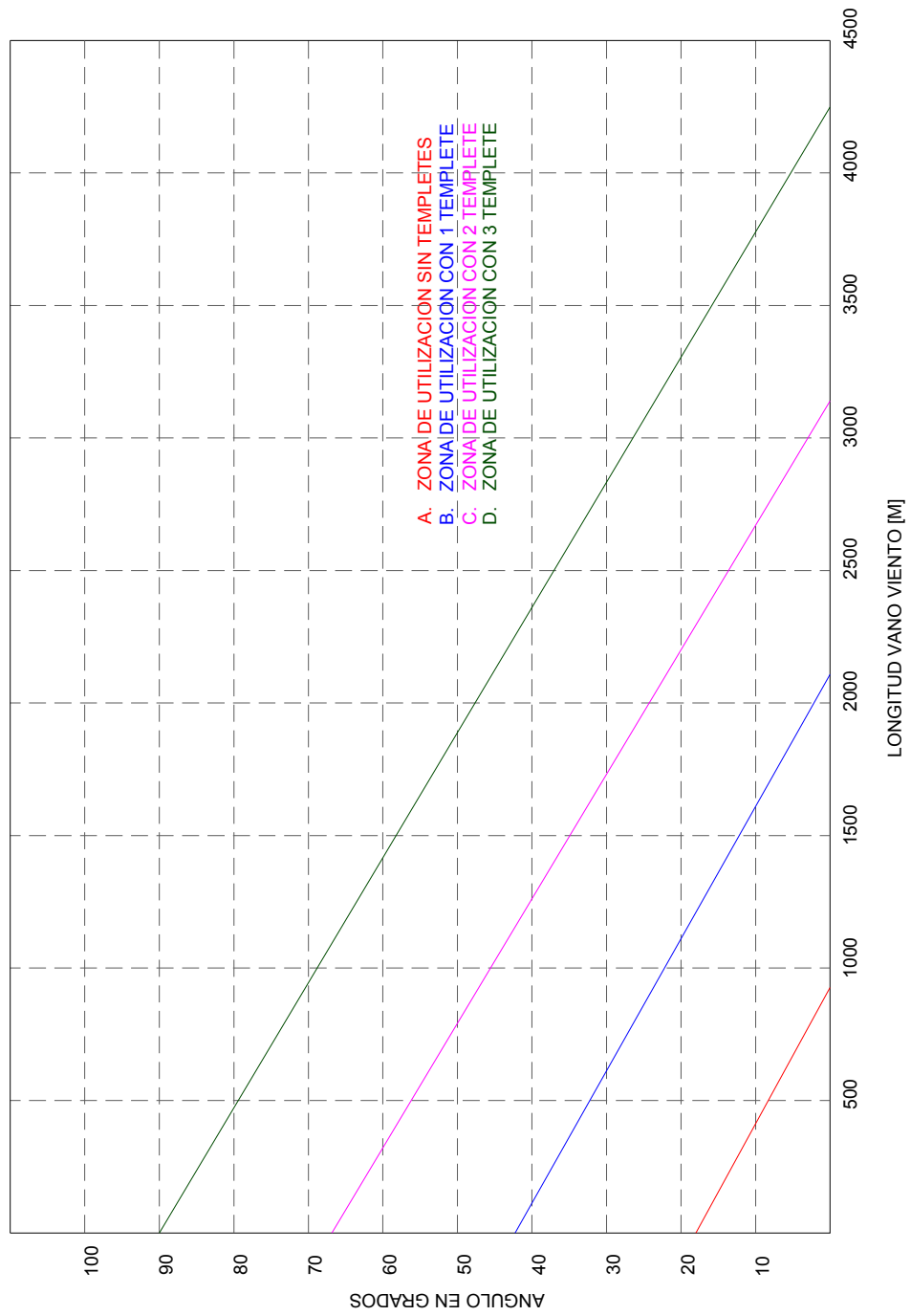
$$15114,83 = 7,41a_v + 40642,56 * \text{Sen} \alpha / 2$$

Valores límites:

Para $a_v = 0$ $\alpha = \alpha_1 = 43^\circ 39' 55''$

Para $\alpha = 0$ $a_v = a_{v1} = 2039,93m$

Figura 9. Gráfico de utilización de templetas para estructura sencilla en concreto (Conductor No. 2 AWG)



Curva de utilización para 2 templates ($P_T = 2 * 1510 = 3020kg$)

$P_X = 1753,04kg$, al reemplazar en la Ecuación 62 se obtiene:

$$23967,66 = 7,41a_v + 40642,56 * Sen\alpha / 2$$

Valores límites:

$$\text{Para } a_v = 0 \quad \alpha = \alpha_2 = 72^\circ 16' 26,5''$$

$$\text{Para } \alpha = 0 \quad a_v = a_{v2} = 3233,8m$$

Curva de utilización para 3 templetes ($P_T = 3 * 1510 = 4530kg$)

$P_X = 2629,55kg$, al reemplazar en la Ecuación 62 se obtiene:

$$32820,49 = 7,41a_v + 40642,56 * Sen\alpha / 2$$

Valores límites:

$$\text{Para } a_v = 0 \quad \alpha = \alpha_3 = 107^\circ 42' 45''$$

$$\text{Para } \alpha = 0 \quad a_v = a_{v3} = 4428,20m$$

Las gráficas de las anteriores curvas se muestran en la Figura 10.

Apoyos de concreto: La ecuación general sin templetes (ver Sección 0, Ecuación 53), es la siguiente:

$$4616,85 = 7,41a_v + 40642,56 Sen\alpha / 2 \quad (kg - m)$$

De acuerdo a la expresión 88, la ecuación general de momentos con templetes es:

$$4616,85 + P_X * (10,1m) = 7,41a_v + 40642,56 \text{Sen} \alpha / 2$$

[63]

Curva de utilización para 1 templete ($P_T = 3020 / 2 = 1510kg$)

$$\text{Pero } P_T = P_X / \text{Cos} \phi \quad \phi = 54^\circ 30' 57.7''$$

$$P_X = 876,52kg$$

Al reemplazar en la Ecuación 63 se obtiene:

$$13469,68 = 7,41a_v + 40642,56 * \text{Sen} \alpha / 2$$

Valores límites:

$$\text{Para } a_v = 0 \quad \alpha = \alpha_1 = 38^\circ 42' 35''$$

$$\text{Para } \alpha = 0 \quad a_v = a_{v1} = 1817,4m$$

Curva de utilización para 2 templetes ($P_T = 2 * 1510 = 3020kg$)

$P_X = 1753,04kg$, al reemplazar en la Ecuación 64 se obtiene:

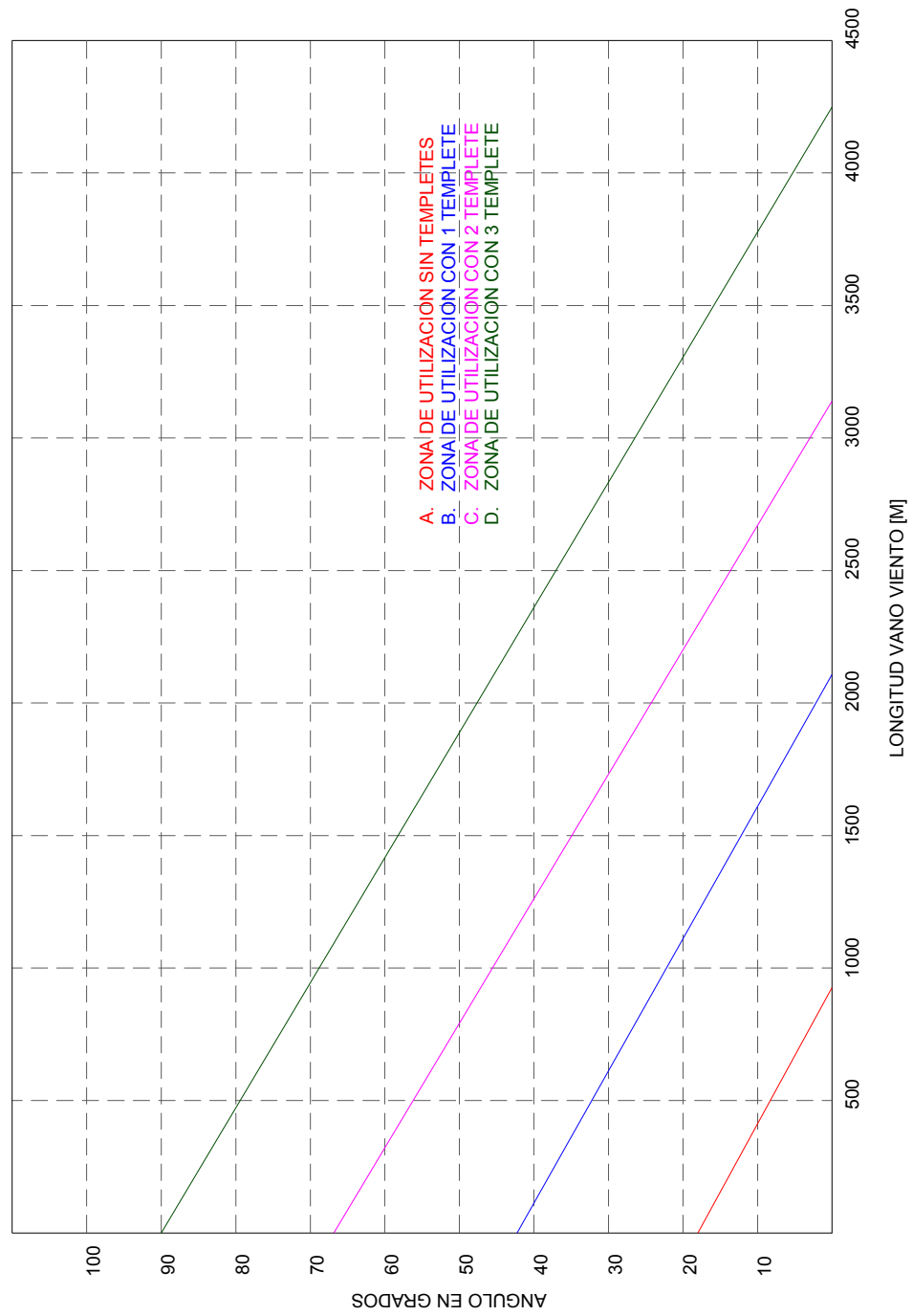
$$23322,5 = 7,41a_v + 40642,56 * \text{Sen} \alpha / 2$$

Valores límites:

$$\text{Para } a_v = 0 \quad \alpha = \alpha_2 = 66^\circ 37' 47''$$

$$\text{Para } \alpha = 0 \quad a_v = a_{v2} = 3011,8m$$

Figura 10. Gráfico de utilización de templetes para estructura doble en madera (Conductor No. 2 AWG)



Curva de utilización para 3 templetes ($P_T = 3 * 1510 = 4530kg$)

$P_x = 2629,55kg$, al reemplazar en la Ecuación 61 se obtiene:

$$3117534 = 7,41a_v + 40642,56 * \text{Sen}\alpha / 2$$

Valores límites:

$$\text{Para } a_v = 0 \quad \alpha = \alpha_3 = 100^\circ 10' 53''$$

$$\text{Para } \alpha = 0 \quad a_v = a_{v3} = 4206,30m$$

Las gráficas de las anteriores curvas se muestran en la Figura 11.

4.9.9.3.3. Templetes para estructuras de ángulo

Otra manera de calcular el número de templetes para contrarrestar los esfuerzos transversales por viento o por ángulo, es considerar en forma independiente cada uno de los efectos. Si se considera el efecto por desviación angular en la ecuación general de equilibrio de momentos (Ecuación 78) y se reemplaza $a_v = 0$. Por lo tanto:

$$\boxed{M_r + P_{ax} * (10,1m) = M_{vp} + Ma - T} \quad [64]$$

Donde:

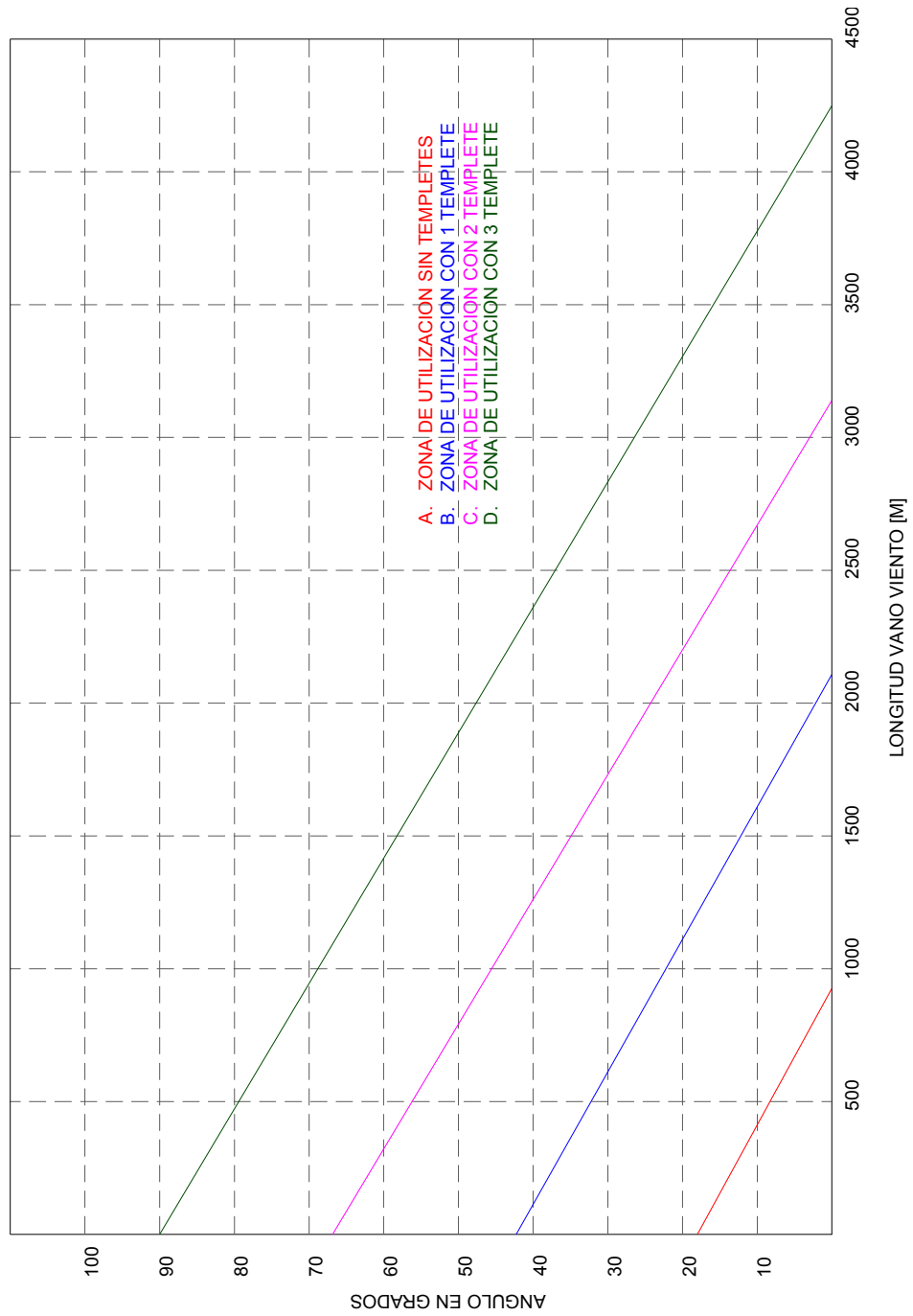
P_{ax} : Componente neta horizontal que excede el esfuerzo máximo admisible del poste. Debe contrarrestar con el templete el cual se amarra a 10.1 m del suelo.

M_r : Momento resistente del poste ($kg - m$)

M_{vp} : Momento por acción del viento en el poste ($kg - m$)

$Ma - T$: Momento por acción de la desviación angular en los conductores de fase y en el cable de guardia.

Figura 11. Gráfico de utilización de templates para estructura doble en concreto (Conductor No. 2 AWG)



$$P_T = \frac{Pax}{\cos\phi} \quad [65]$$

Donde:

P_T : Tensión sobre el templete en kg

ϕ : Ángulo de inclinación del templete con la horizontal

De la ecuación 64 se despeja Pax .

$$Pax = (M_{vp} + Ma - T - M_r) / (10,1m) \quad [66]$$

Y al reemplazar 66 en 65 se obtiene:

$$P_T = (M_{vp} + Ma - T - M_r) \sec\phi / (10,1m) \quad [67]$$

El templete se ancla a 7.2 m del poste, por lo tanto el cálculo del número de templetes se realiza para $\phi: 54^\circ 30' 57,7''$, con factor de seguridad mínimo de 2.

4.9.9.4. Estructura sencilla

En concreto: (Ver Ecuación 75)

$$Pax = (-2308,4 + 40990,97 \text{Sen}\alpha / 2) / 10,1$$

$$P_T = (-2308,4 + 40990,97 \text{Sen}\alpha / 2) * \sec\phi / 10,1 \text{ (kg)} \quad [68]$$

Por cada ángulo de desviación, se calcula P_T y el F.S.; así se determina el número de templetes para ángulo.

Cálculo tipo: $\alpha = 70^\circ$

Al reemplazar en la ecuación 68, se obtiene:

$$P_T = 3616,54kg$$

$$F.S = 3020kg / 3616.54kg$$

$$F.S = 0.831$$

Por lo tanto se requiere de 3 templetes para mejorar el Factor de seguridad a 2.505. Los resultados se muestran en la Tabla 33

Tabla 33. ($\phi = 54^\circ 30' 57,7''$) templetes para ángulo

α	$P_T (kg)$	No. De Templetes
6.46	0	0
10	215,63	1
15	518.86	1
20	820.36	1
25	1119,54	1
31.6	1510,00	2
35	1708,70	2
40	1997.56	2
45	2281,87	2
50	2561,08	2
58.5	3020,00	3
60	3102,11	3
65	3362,90	3
70	3616.54	3
75	3862.54	3
80	4100.44	3
85	4329.86	3
89,6	4530.25	4
90	4550,14	4

En madera: (ver Ecuación 46). Al sustituir los parámetros necesarios en la ecuación 66, se tiene:

$$Pax = (-3131 + 40990,97 \text{Sen} \alpha / 2) / 10,1$$

$$P_T = (-3131 + 40990,97 \text{Sen} \alpha / 2) * \text{Sec} \phi / 10,1 \text{ (kg)}$$

[69]

Para $\phi: 54^\circ 30' 57,7''$, los resultados se muestran en la Tabla 34.

Tabla 34. ($\phi = 54^\circ 30' 57,7''$) templetes para ángulo

α	P_T (kg)	No. De Templetes
8.76	0	0
10	75.32	1
15	378.56	1
20	680.05	1
25	979.24	1
30	1275.54	1
34	1510.00	2
40	1857.26	2
45	2141.56	2
50	2420.08	2
55	2694.36	2
61	3020.00	3
65	3222.59	3
70	3476.23	3
75	3722,23	3
80	3960.14	3
85	4189.48	3
90	4409.84	3

4.9.9.4.1. Estructura doble

En concreto: (Ver Ecuación 81). Si se reemplazan los respectivos parámetros en la ecuación 66, se obtiene:

$$P_{ax} = (-4616.85 + 40642.56 \text{Sen} \alpha / 2) / 10,1$$

$$P_T = (-4616.85 + 40642.56 \text{Sen} \alpha / 2) * \text{Sec} \phi / 10,1 \text{ (kg)}$$

[70]

Los resultados se muestran en la Tabla 35.

Tabla 35. ($\phi = 54^\circ 30' 57,7''$) templetos para ángulo

α	P_T (kg)	No. De Templetos
13.1	0	0
15	117.36	1
20	416.30	1
25	712.94	1
30	1006,72	1
35	1297.09	1
38.7	1510.00	2
45	1865.39	2
50	2142.23	2
55	2413.49	2
60	2678.66	2
66.6	3020.00	3
70	3188.71	3
75	3343.62	3
80	3668.50	3
85	3895.89	3
90	4114.38	3

En madera: (Ver Ecuación 52). Al sustituir los parámetros necesarios en la ecuación 66, se tiene:

$$P_{ax} = (-6262 + 40642.56 \text{Sen} \alpha / 2) / 10,1$$

$$P_T = (-6212 + 40642,56 \text{Sen} \alpha / 2) * \text{Sec} \phi / 10,1 \text{ (kg)}$$

[71]

Para $\phi: 54^\circ 30' 57,7''$, los resultados se muestran en la Tabla 36.

Tabla 36. ($\phi = 54^\circ 30' 57,7''$) templetas para ángulo

α	P_T (kg)	No. De Templetas
17.7	0	0
20	135.67	1
25	432.33	1
30	726.12	1
35	1016.49	1
40	1302.90	1
43.7	1510.00	2
50	1861.62	2
55	2132.88	2
60	2398.05	2
65	2656.62	2
72.3	3020.00	2
75	3152.01	3
80	3387.89	3
85	3615.30	3
90	3833.38	3

4.9.9.5. Templetas para viento

Cuando la acción transversal del viento sobre los conductores de fase, cable de guardia y el poste, excede la carga máxima admisible en el apoyo, deben calcularse los templetas necesarios que contrarresten tal acción.

En la sección 0. Se calculan los esfuerzos del viento.

Conductor superior: $F_{C1} = 0.215av(kg)$

Conductores inferiores: $F_{C2} = 0.431av(kg)$

Conductor de guardia: $F_{vg} = 0.110av(kg)$

En el poste:

$F_{vp} = 136.882(kg)$ Apoyo en madera

$F_{vp} = 59.359(kg)$ Apoyo en concreto

Equilibrio y momentos de la estructura:

$$M_r + M_{xT} = M_{VC1} + M_{VC2} + M_{vg} + M_{vp}$$

[72]

Donde:

$$M_{vp} = F_{vp} + H_a (kg * m)$$

$$M_{VC1} = F_{c1} + h_1 (kg * m)$$

$$M_{VC2} = F_{c2} + h_2 (kg * m)$$

$$M_{vg} = F_{cg} + h_g (kg * m)$$

M_r = Momento resistente en el poste ($kg * m$)

M_{xT} = Momento flector que debe contrarrestar al templete.

$$M_{xT} = P_{xT} + h(kg * m)$$

$$h = 10.1m$$

P_{xT} = Componente horizontal del esfuerzo equivalente del viento en el templete
(kg)

4.9.9.5.1. Estructura sencilla

En la sección 0 se calculan los momentos por acción del viento.

$$M_{vc} = M_{vc1} + M_{vc2} + M_{vg}$$

$$M_{vc} = 7.560a_v \text{ (kg * m)}$$

$$M_{vp} = 656.501 \text{ (kg * m) Postes en madera}$$

$$M_{vp} = 267.075 \text{ (kg * m) Postes en concreto}$$

Estructura sencilla en madera: $M_r = 3787.5$ kgm, si se reemplaza en la ecuación 72:

$$M_{xT} = P_{xT} * (10.1m) = 7.560a_v + 656.501 - 3787.5$$

$$P_{xT} = 0.749a_v - 310;$$

$$P_T = P_{xT} / \text{Cos}\phi \text{ (kg) (Ver Ecuación 66)}$$

P_T : Tensión resultante en el templete

$$\boxed{P_T (0.749a_v - 310) \text{Sec}\phi \text{ (kg)}} \quad [73]$$

$$\phi = 54^\circ 30' 57.7''$$

Al igualar la expresión 73 a cero (0) se establece el vano viento limite para utilización del templete, luego para $a_v \geq 414.13m$ se deben utilizar templetos para viento.

Estructura sencilla en concreto: $M_r = 2575.5$ kgm, al sustituir en la ecuación 72:

$$M_{xT} = P_{xT} * (10.1m) = 7.560a_v + 267.075 - 2575.5$$

$P_{xT} = 7.560a_v - 228.557$; Con la ecuación 66 se obtiene la expresión para la Tensión sobre el templete.

$$P_T (0.749a_v - 228.557) \text{Sec} \phi \quad [74]$$

$\phi = 54^\circ 30' 57.7''$, al igualar la ecuación 74 a cero (0) se establece la siguiente condición:

Para $a_v \geq 305.33m$ deben utilizarse templetas para viento.

Estructuras dobles

En la sección 0 se calculan los momentos por acción del viento.

$$M_{vc1} = 2.136a_v$$

$$M_{vc2} = 3.926a_v$$

$$M_{vg} = 1.349a_v$$

$$M_{vc} = M_{vc1} + M_{vc2} + M_{vg}$$

$$M_{vc} = 7.412a_v \text{ (kg * m)}$$

$$M_{vp} = 1313.001 \text{ (kg * m) Postes en madera}$$

$$M_{vp} = 534.150 \text{ (kg * m) Postes en concreto}$$

Estructura doble en madera: $M_r = 7575$ kgm, si se reemplaza en la ecuación 72:

$$P_{xT} * (10.1m) = 7.412a_v + 1313.001 - 7575(kg * m)$$

$$P_{xT} = 0.734a_v - 620(kg)$$

La Tensión resultante sobre el templete es:

$$P_T = (0.734a_v - 620)Sec\phi \quad [75]$$

$\phi = 54^\circ 30' 57.7''$, al igualar la ecuación 85 a cero (0) se establece el siguiente limite:

Para $a_v \geq 844.886m$ deben utilizarse templetos para viento.

Estructura doble en concreto: $M_r = 5151$ kgm, por lo tanto; al reemplazar en 72 se tiene:

$$P_{xT} * (10.1m) = 7.412a_v + 534.150 - 5151(kg * m)$$

$$P_{xT} = 0.734a_v - 457.114(kg)$$

$$P_T = P_{xT} / Cos\phi$$

$$P_T (0.734a_v - 457.114)Sec\phi \quad [76]$$

$\phi = 54^\circ 30' 57.7''$, al igualar la ecuación 86 a cero (0) se establece el siguiente limite:

4.9.9.6. Anclajes de los templetos

El esfuerzo de tracción en el templete debe contrarrestarse con el anclaje; este consiste generalmente, en una varilla de acero reforzado que se galvaniza en caliente, de $5/8'' * 1.80m$; la cual se ancla a un bloque o vigueta de concreto con

las siguientes características: 0.16*0.16*0.24m y 2500 PSI. La varilla y el cable de acero del templete se unen por medio de un tensor. La tracción de los templetos contrarresta con el peso del bloque y el relleno sobre este.

El volumen del relleno se considera igual al de un tronco de pirámide, para su cálculo, las normas del ICEL Volumen III, Sección IV-7 sugieren la siguiente expresión:

$$V = (1/3)h * (A_1 + A_2 + (A_1 * A_2)^{1/2}) \quad [77]$$

Donde:

- V Volumen en m³
- h Altura del tronco en pirámide en m
- A₁, A₂: Áreas de las bases superior e inferior en m²

$$W = \zeta * V \quad [78]$$

Donde:

- W: Peso del relleno
- ζ: Densidad del terreno en kg/m³, 5250 kg/m³

Para el equilibrio:

$$P_T = \text{peso.del.anclaje} + \zeta * V \quad [79]$$

Con la anterior ecuación se determina la altura (h) o profundidad del relleno.

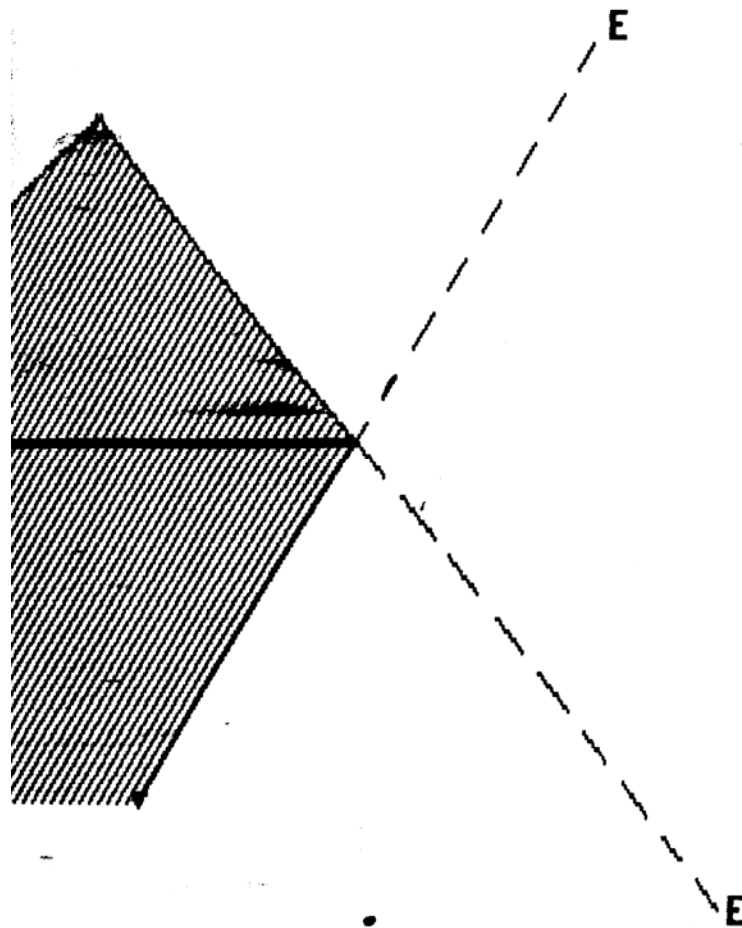
La Electrificadora de Santander, normaliza un volumen del relleno de 0.064 m³ para la base de los templetos.

4.9.9.7. Localización de templetes

Los templetes deben instalarse de forma tal, que cumplan óptimamente la función de contrarrestar los esfuerzos de desequilibrio, que puedan causar la ruptura de los apoyos.

En las Figura 12, Figura 13 y Figura 14 se muestra su localización.

Figura 12. Poste sencillo en ángulo. Localización de los templetes



. Figura 13. H-Estructura en poste doble retención. Localización de los
templetes.

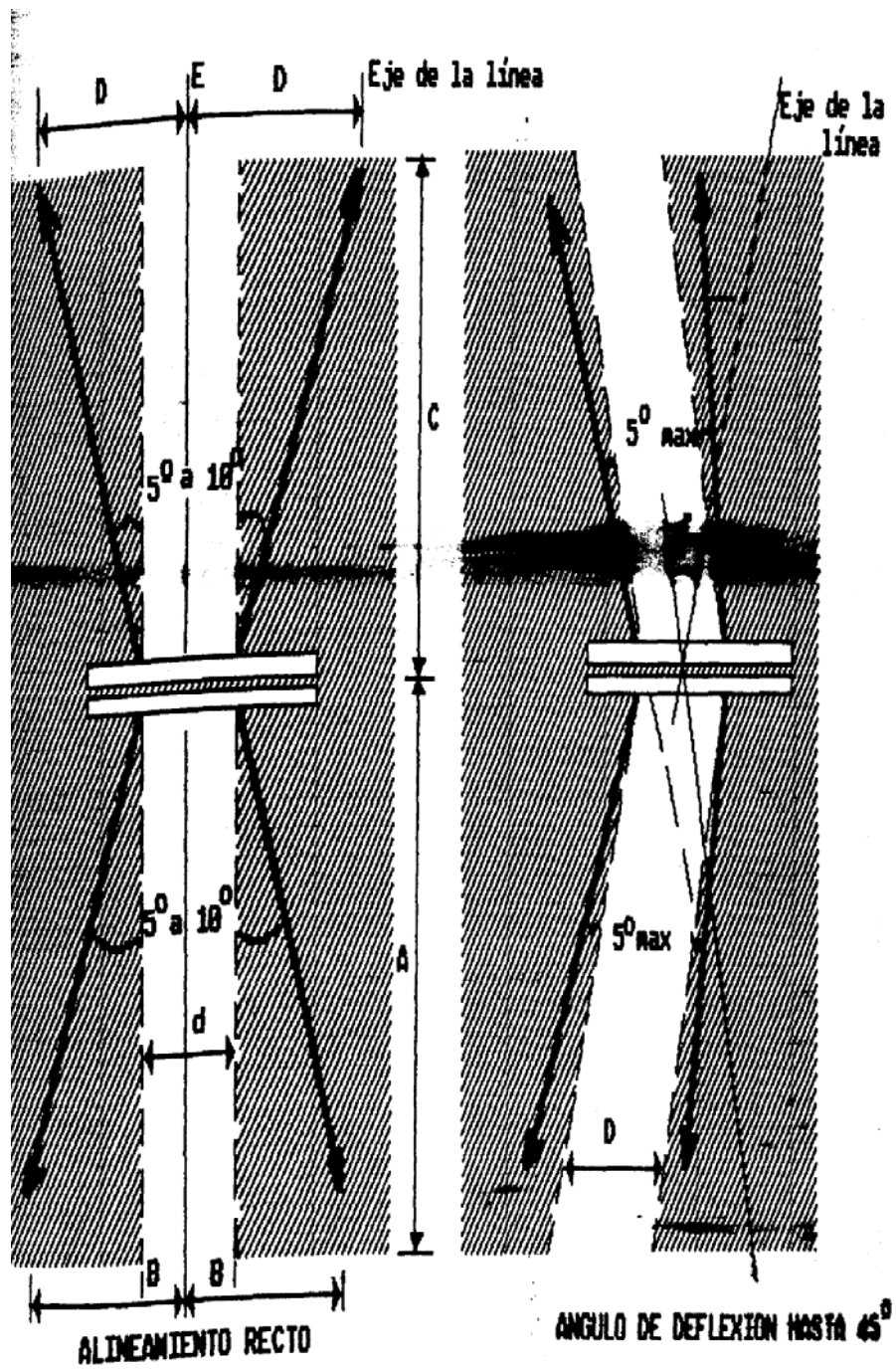
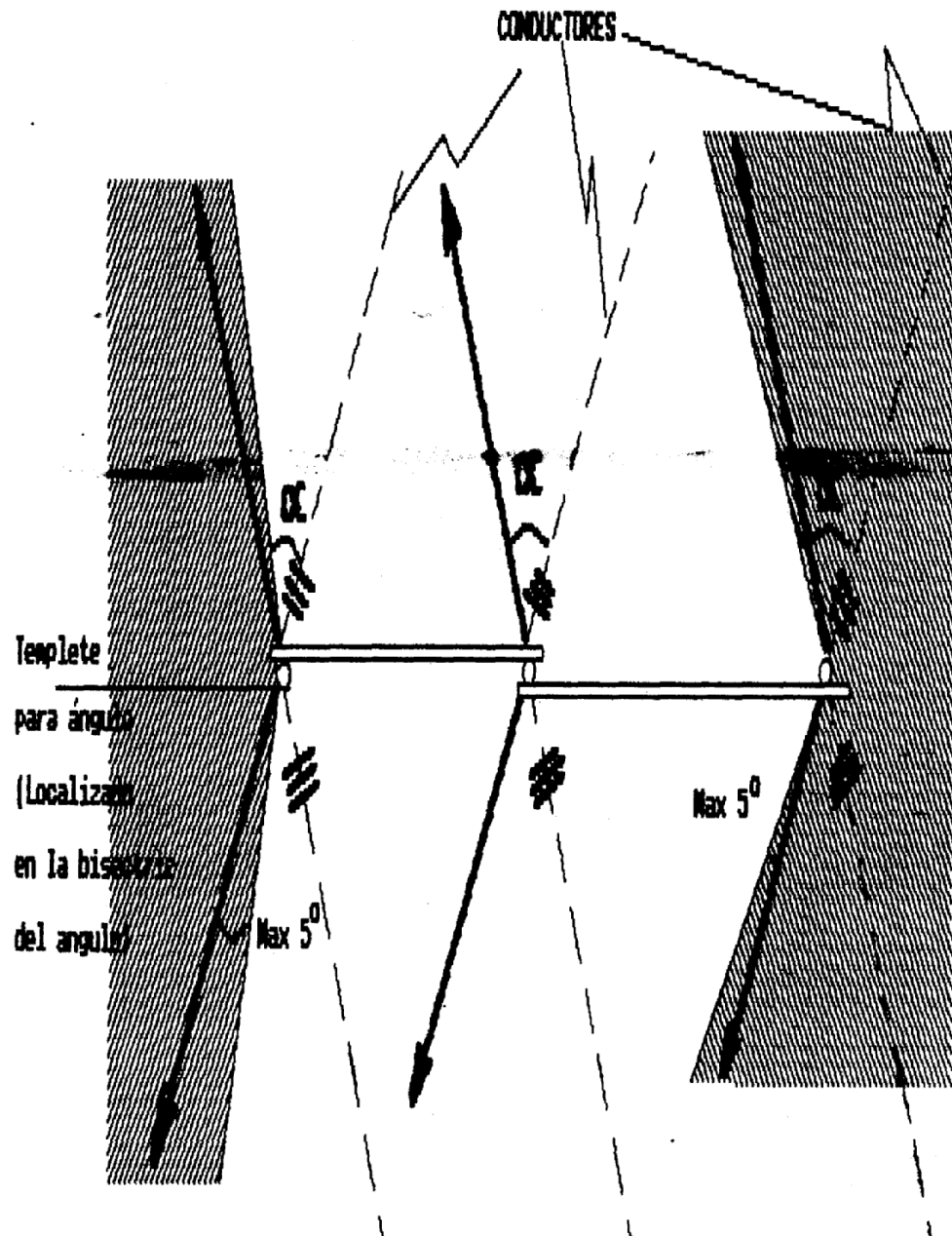


Figura 14. Estructura de retención especial (3 postes). Localización de los templete, ángulo de deflexión α hasta 90° .



4.9.10. Cálculo de espigos (Porta-Aisladores)

Los espigos de aisladores se verifican para la Tensión máxima del conductor, al suponer ruptura en el conductor del vano contiguo, al suponer ruptura en el conductor del vano contiguo en un tramo de suspensión.

En apoyos para ángulo, el espigo debe diseñarse para soportar la resultante de los esfuerzos horizontales en los conductores, más el esfuerzo del viento sobre estos, en la dirección de la resultante.

La función del pin o espigo es fijar el aislador a la cruceta de la estructura. El tipo de soporte, depende del aislador. Se utilizan generalmente espigos con rosca de plomo para aisladores rígidos; para aisladores tipo carrete se usan perchas o escaleras y para aisladores de disco (6" o 10"), herrajes de suspensión. Los aisladores se acoplan a los espigos a través de la rosca de plomo.

Los espigos se construyen con acero y deben galvanizarse en caliente, según normas ICONTEC 2076. Se instalan perpendiculares a la superficie de la cruceta o el poste.

4.9.10.1. Características de los soportes para aisladores tipo espigo en cruceta metálica

El tipo de soporte que se utiliza con mayor frecuencia se muestra en la Figura 15. Fuerzas sobre un aislador y un espigo

A continuación se describen las dimensiones básicas en cada uno de los espigos (ver Tabla 37); que se utilizan con mayor frecuencia.

4.9.10.2. Análisis mecánico del espigo

Para el cálculo se supone que los esfuerzos se aplican en el extremo libre, y el espejo actúa como mensula con empotramiento rígido.

Tabla 37. Características del espigo

Rosca de plomo	1" ($\phi_r = 25.4mm$)	1" ($\phi_r = 25.4mm$)
A	6" (152 mm)	5" (127 mm)
B	1½" (38.1 mm)	1¼" (31.7mm)
C	¾" (19 mm)	½" (13 mm)
D	2" (51 mm)	1¾" (44.5 mm)
E (Diámetro del Espigo)	¾" (19 mm)	5/8" (16 mm)

Con base en las figuras **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y Figura 15 se tiene:

$$M_T = F_T * h \quad [80]$$

Donde:

M_T Momento en el empotramiento (kg*m)

F_T : Resultante de los esfuerzos horizontales (kg)

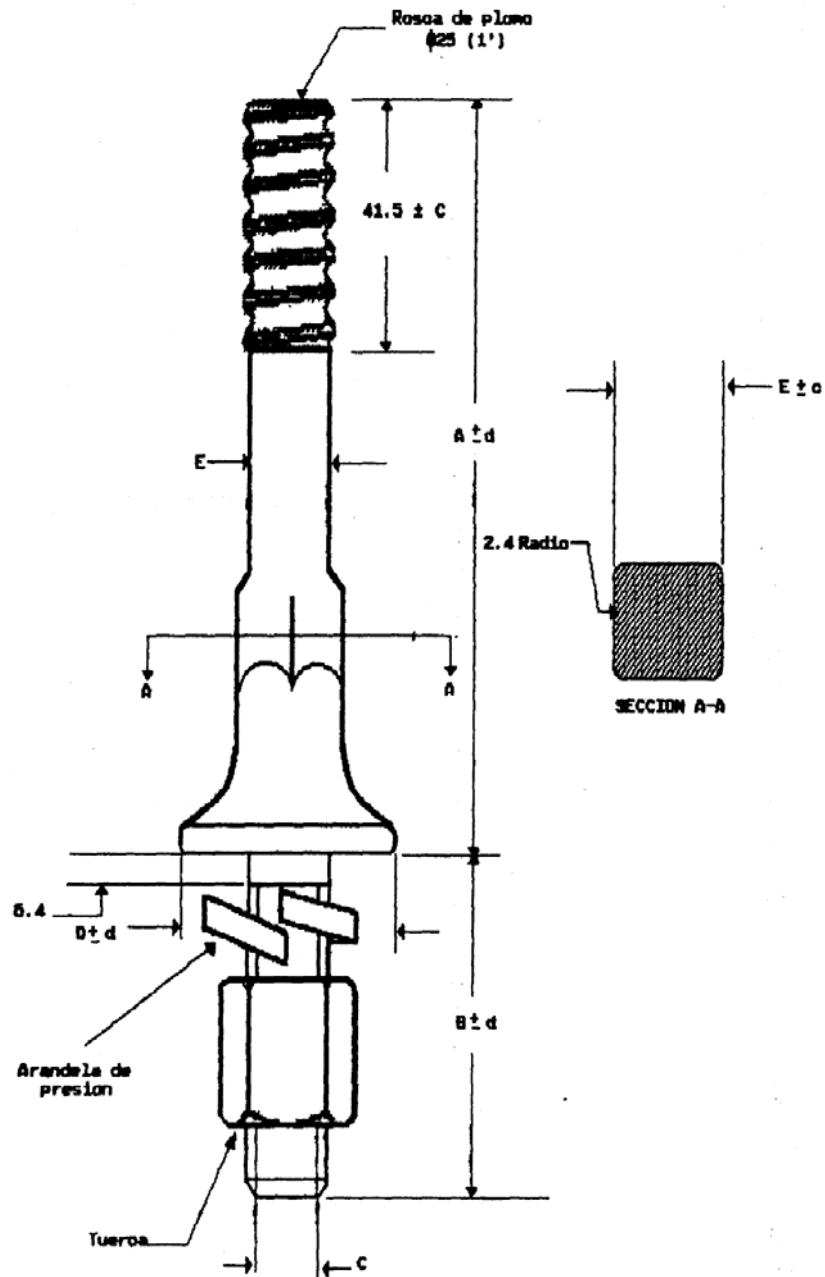
h: Altura libre del pin o espigo. Parámetro A de la tabla 77

$$F_T = F_{vc} + F_{al} \quad [81]$$

$$M_T = (F_{vc} + F_{al}) * h(kg * m)$$

$F_{vc} = 0.216a_v$ (kg) fuerza por acción del viento en el conductor, esta se calcula en la sección 0.

Figura 15. Fuerzas sobre un aislador y un espigo



En la sección 0, se calcula la fuerza por desviación angular en la línea. Al aplicar la ecuación 40 para conductor No. 2 AWG se obtiene:

$F_{al} = 1024.083 \text{Sen} \alpha / 2$ (kg), fuerza que se produce en el conductor, por el cambio de dirección de la línea.

Al reemplazar en la ecuación 80 y con base en la Tabla 37 se tiene:

Para espigo con diámetro de $\frac{3}{4}$ ", $h = 152 \text{mm}$

$$M_T = 0.033a_v + 155.661 \text{Sen} \alpha / 2 (\text{kg} * \text{m}) \quad [82]$$

Para espigo con diámetro de $\frac{5}{8}$ ", $h = 127 \text{mm}$

$$M_T = 0.027a_v + 130.058 \text{Sen} \alpha / 2 (\text{kg} * \text{m}) \quad [83]$$

El esfuerzo de trabajo permisible en el espigo se determina con la siguiente expresión, que establecen las normas del ICEL Volumen III, Sección IV-8.

$$P_p = \frac{32M_T}{\pi d^3} \quad [84]$$

Donde:

$P_p = 41.56 \text{kg} / \text{mm}^2$, para el acero estructural.

d: Diámetro del espigo en mm, Parámetro E de la Tabla 37.

De la ecuación 113 se despeja M_T . Para el espigo con diámetro $\frac{3}{4}$ ", $d = 19.05$ mm. Por lo tanto:

$$M_T = \frac{(41.56 \text{kg} / \text{mm}^2)(\pi)(19.05 \text{mm})^3}{32}$$

$$M_T = 28.207 (\text{kg} * \text{m})$$

Para espigo con diámetro 5/8", d= 16mm; se tiene:

$$M_T = \frac{(41.56 \text{ kg/mm}^2)(\pi)(16 \text{ mm})^3}{32}$$

$$M_T = 16.712(\text{kg} * \text{m})$$

Si se aplica un factor de seguridad de 1.5 (ver Numeral 6.17) se obtiene:

$$M_T = 28.207/1.5, M_T = 18.805 \text{ kg} * \text{m}, \text{ Espigo de } \frac{3}{4} "$$

$$M_T = 16.712/1.5, M_T = 11.142 \text{ kg} * \text{m}, \text{ Espigo de } \frac{5}{8} "$$

4.9.10.3. Grafico de utilización del espigo

Al reemplazar M_T en las ecuaciones 82 y 83, se obtiene:

Espigo con rosca de 1" Diámetro de $\frac{3}{4} "$, se utiliza la Ecuación 82.

$$18,805 = 0.033a_v + 155.661 \text{ Sen} \alpha / 2 (\text{kg} * \text{m})$$

[85]

Valores límites:

$$\text{Para } a_v = 0 \quad \alpha = \alpha_0 = 13^\circ 52' 38''$$

$$\text{Para } \alpha = 0 \quad a_v = a_{v0} = 573.452 \text{ m}$$

La característica correspondiente se muestra en la Figura 30.

Espigo con rosca de 1" Diámetro de $\frac{5}{8} "$, se utiliza la Ecuación 112.

$$11,142 = 0.027a_v + 130.058 \text{ Sen} \alpha / 2 (\text{kg} * \text{m})$$

[86]

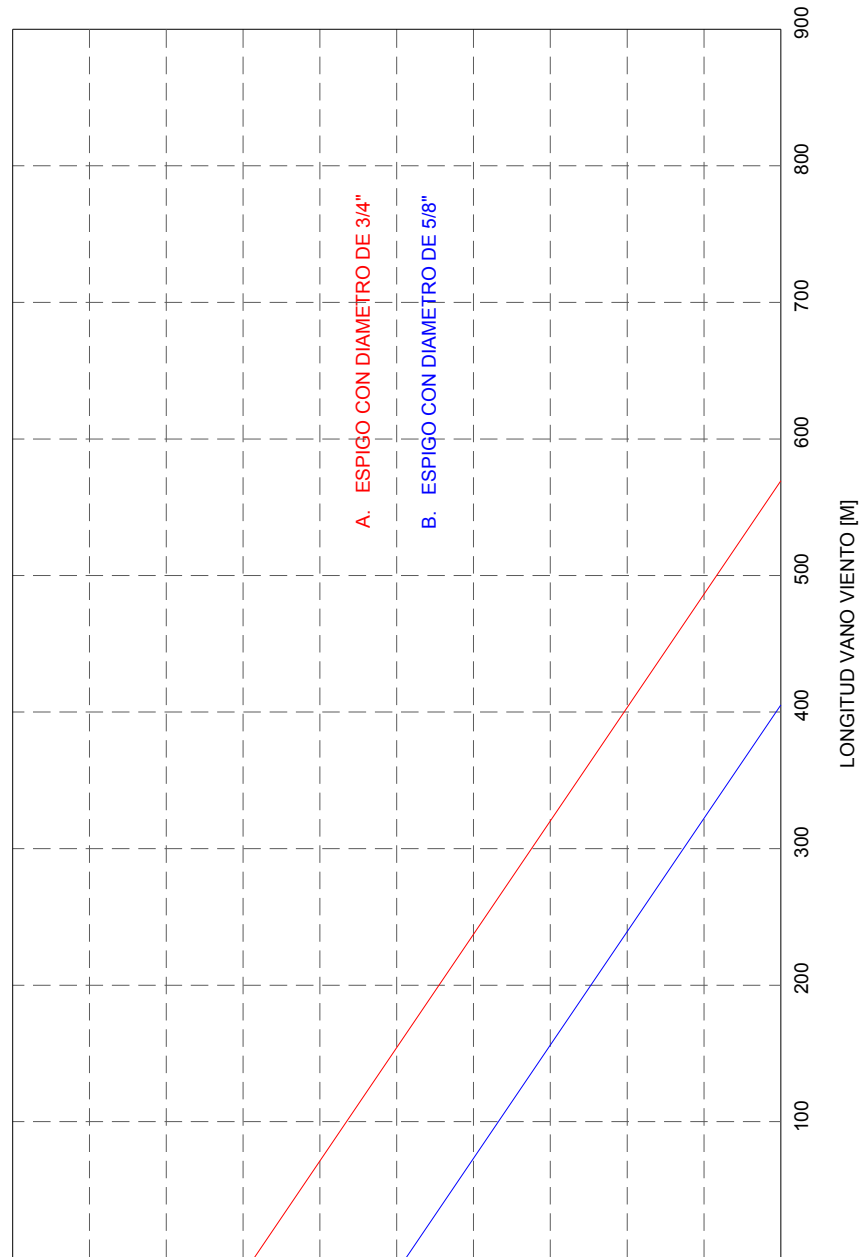
Valores límites:

$$\text{Para } a_v = 0 \quad \alpha = \alpha_0 = 9^\circ 49' 43''$$

$$\text{Para } \alpha = 0 \quad a_v = a_{v0} = 406.642m$$

La curva que resulta se muestra en la Figura 30.

Figura 30 Gráfico de utilización del espigo



4.9.11. Crucetas

4.9.11.1. Selección de crucetas

Las crucetas pueden ser metálicas o de madera; se seleccionan crucetas metálicas en acero estructural, de perfil angular y lados iguales, estas deben galvanizarse en caliente.

Las crucetas deben cumplir como mínimo los siguientes requerimientos mecánicos; que ordenan las normas ICONTEC.

Limite de fluencia	:	25 kg/mm ²
Resistencia a la tracción	:	41.56 kg/mm ²
Elongación máxima	:	21 % en 50 mm (La=2")

De acuerdo a las anteriores condiciones y la distancia mínima horizontal entre conductores que se montan a una misma distancia horizontal, se seleccionan los siguientes tipos de crucetas:

Dimensiones de los ángulos	Longitud (m)
76 X 76 X 6.4 mm(3"x3"x1/4")	2
76 X 76 X 6.4 mm (3"x3"x1/4")	3
76 X 76 X 6.4 mm (3"x3"x1/4")	4
76 X 76 X 6.4 mm (3"x3"x1/4")	6

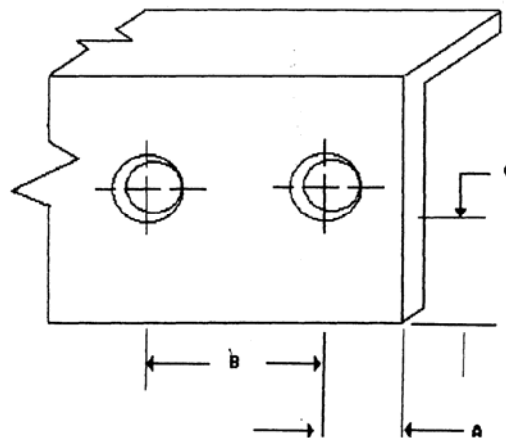
Los diámetros de las perforaciones deben ser 1/16" mayores que el diámetro del perno o elemento de fijación. En la Figura 31 se especifican las distancias entre perforaciones y los diámetros de acuerdo al calibre del perno o elemento de fijación, de dicha figura se seleccionan perforaciones de 1/2" y 5/8".

4.9.11.2. Diagonales metálicas

Son elementos estructurales que sirven de soporte y refuerzo rígido a las crucetas, se construyen en acero estructural y deben galvanizarse en caliente se clasifican en:

- Recta en varilla
- Angular
- Para cruceta metálica o en madera
- Para construcción tipo bandera
- En V para cruceta metálica o en madera

Figura 31. Distancia mínima entre centros de agujeros y borde de ángulo



Tipo	Diámetro nominal (1)		A		B		C	
	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm	Pulgadas	mm
1	1/2	13	3/4	19	1-3/8	35	5/8	16
2	5/8	16	1	25	1-5/8	42	3/4	19
3	3/4	19	1-1/8	28	1-7/8	48	1	25

Se seleccionan diagonales en platina de 51*5 mm*0.68 m para cruceta metálica.

4.9.11.3. Análisis mecánico de las crucetas

Para el cálculo de las crucetas se consideran como vigas horizontales que se acoplan al punto o puntos de amarre en el apoyo, por medio de pasadores. Sobre las crucetas actúan el peso de los aisladores, herrajes y los conductores. En las estructuras de retención y terminales actúa además la Tensión en los conductores.

Las vigas al someterse a la acción de fuerzas externas, sufren deformaciones por acción de los momentos flectores, estas deformaciones pueden ser tracción o a compresión de las fibras que conforman la viga.

Existe un límite máximo de esfuerzo admisible, de tal manera que al deformarse las fibras de la viga, por acción de las fuerzas externas, estas fibras vuelven a su condición inicial, comúnmente se les denomina la zona elástica; al superar el límite de esfuerzo máximo, la viga sufre deformación permanente y si el momento flector es muy alto, causar la ruptura de la viga. El esfuerzo máximo se calcula con la siguiente ecuación:

$$\sigma_{\max} = \frac{MY}{I} \quad [87]$$

Donde:

M: Momento flector máximo (kg*m).

Las normas del ICEL, Volumen III, Sección IV-9, establecen para su cálculo la siguiente expresión:

$$M = M_{\max} - ToT = M_{v-\max} + M_{H-\max} \text{ (kg * cm)} \quad [88]$$

$M_{v-\max}$: Momento flector máximo por fuerzas verticales

$M_{H-\max}$: Momento flector máximo por fuerzas horizontales

Donde:

Y: Distancia desde el eje neutro que pasa por el centro de gravedad de la sección o perfil de la viga, a la fibra mas alejada, cm.

I: Momento de inercia de la sección o perfil, respecto a un eje que pasa por su centro de gravedad, cm^4 .

σ_{\max} : Esfuerzo máximo de trabajo a la tracción o compresión en kg/cm^2 , este debe compararse con el valor admisible que suministre el fabricante para el acero estructural.

Por ningún motivo el esfuerzo máximo de trabajo debe ser mayor al máximo admisible. Al no cumplirse esta condición se seleccionan los elementos que refuercen la cruceta (diagonales), si esta opción no es suficiente se debe utilizar en la estructura, doble cruceta.

La relación entre el esfuerzo cortante T (kg) y el momento flector M ($\text{kg}\cdot\text{m}$), es la siguiente:

$$T = dM / dx \quad [89]$$

$$M_2 - M_1 = \int_{X_1}^{X_2} T dx \quad [90]$$

Donde:

M_2 : Momento flector final

M_1 : Momento flector inicial

En el anexo 14 de las normas del ICEL, se describen las principales características de los perfiles en L, que se utilizan con mayor frecuencia en las crucetas metálicas. (Ver Figura 31).

4.9.11.3.1. Cálculo de la cruceta metálica en estructura metálica en estructura sencilla.

De acuerdo a la estructura R-130G la cruceta de 2m se acopla al poste en su punto medio con un pasador. Las características de la cruceta son:

- Esfuerzo máximo a la tracción: 41.56 kg/mm^2
- Características del perfil en L (Ver
- Figura 31).

$$I = 49.94 \text{ cm}^4$$

$$x = y = 2.13 \text{ cm} \text{ Distancia a la fibra más lejana.}$$

$$\text{Ángulo} = 3'' * 3'' * \frac{1}{4}''$$

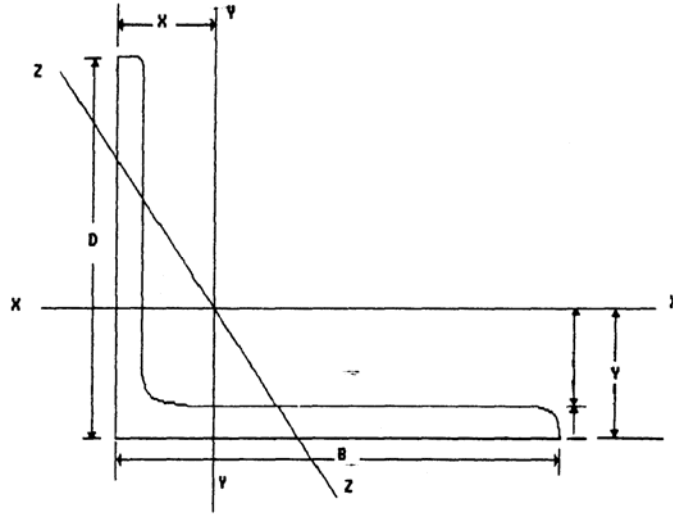
Análisis de los esfuerzos verticales: En la Figura 16 se muestra la cruceta, el diagrama de cuerpo libre y los diagramas correspondientes de esfuerzo cortante y momento flector.

En la sección 0 se analizan los esfuerzos verticales que ejerce cada conductor en su punto de amarre.

$$P = W_T = Wa_w + 150(\text{kg}) \text{ Para estructuras de retención}$$

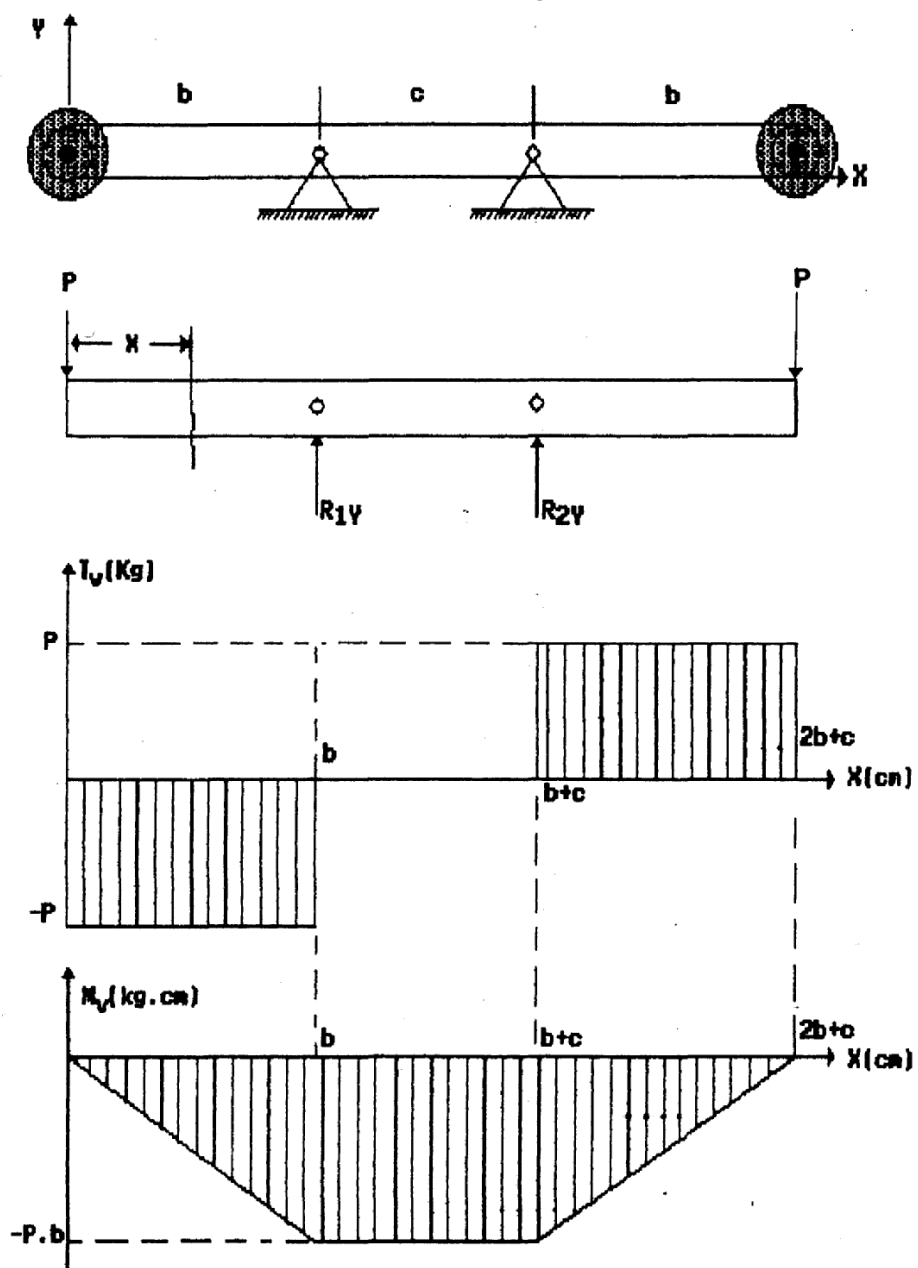
$$P = Wa_w + 105(\text{kg}) \text{ Para estructuras de alineamiento}$$

Figura 16. Características de perfiles L mas usados en crucetas metálicas



Dimensiones B*D Pulgadas	Espesor t		Peso Kgs/mt	Área m ²				
	Pulgadas	mm			Momento inercia cm ⁴	$\frac{I_{xx}}{Y}$	X = Y cm	Radio de giro (cm)
Pulgadas 3X3								
	1/4	6.34	7.29	9.30	49.94	9.51	2.13	2.36
	5/16	7.94	9.08	11.50	62.43	11.64	2.20	2.34
	3/8	9.53	10.71	13.60	74.92	13.60	2.26	2.31
	1/2	13.99	12.7	17.70	91.56	18.09	2.36	2.19

Figura 17 Cruceta metálica en estructura sencilla. Análisis de los esfuerzos verticales



W: Peso del conductor, 0.1359 kg/m

a_w : Vano peso, m

El análisis estático de la cruceta conlleva a:

Para el equilibrio (Ver Figura 17):

$$\sum Fy = 0$$

$$-2P - Ry = 0$$

$$\boxed{Ry = 2P(kg)} \quad [91]$$

A continuación se explican los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector:

Intervalo (cm)	Esfuerzo cortante(kg)	Momento flector (kg*m)
$0 \leq x \leq 100$	$T_1 = -P$	$M_1 = -Px$ [92]
$100 \leq x \leq 200$	$T_2 = P$	$M_2 = -Px + 2P(x - 100)$ $M_2 = P(x - 200)$ [93]

Momento flector máximo $M_2 = x = 100) = -100P$

$$\boxed{M_v - \max = -100P(kg * cm)} \quad [94]$$

El signo (-) indica que la viga tiene concavidad hacia abajo, luego las fibras superiores están a tracción y las inferiores a compresión.

Análisis de los esfuerzos horizontales: Si se toma una vista en planta de la estructura (plano X-Z), la cruceta se somete a la acción de la Tensión horizontal neta, en los dos conductores de fase, en sus puntos de amarre.

Para una estructura de retención, estas tensiones se calculan con la ecuación 51.

$$t = t_{H1} - t_{H2}$$

Donde:

t_{H1} : Tensión horizontal para el vano anterior

t_{H2} : Tensión horizontal para el vano posterior

t : Tensión horizontal neta en el punto de amarre del conductor

En estructuras terminales la cruceta debe soportar la Tensión horizontal del tramo respectivo.

Con base en la Figura 17 se realiza el análisis mecánico

Condición de equilibrio. $\sum F_z = 0$

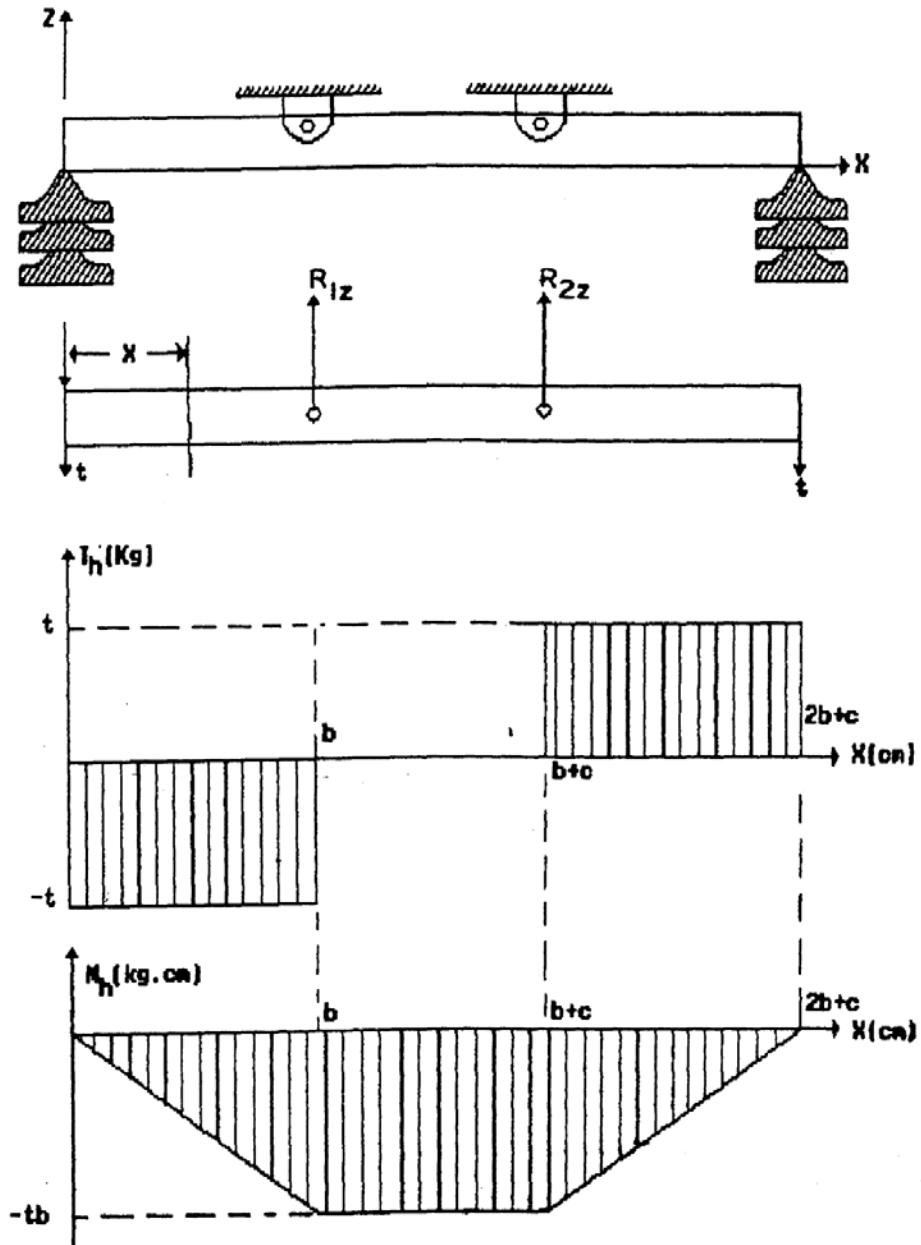
$$R_z = 2t(kg) \quad [95]$$

Los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector son los mismos.

Momento flector máximo:

$$M_{H-\max(x=100cm)} = 100t(kg * m) \quad [96]$$

Figura 18. Cruceta metálica en estructura sencilla. Análisis de los esfuerzos horizontales.



Al sustituir las ecuaciones 94 y 95 en la 88, se obtiene el momento flexor máximo resultante:

$$M_{\max-TOT} = (100 * (P + t))(kg * m) \quad [97]$$

Si se reemplaza esta expresión en la ecuación 87

$$\sigma_{\max} = \frac{(100 * (P + t)) * 2.13}{49.94} (kg / cm^2) \quad [98]$$

Cálculo tipo estructura No. 32 de retención sencilla de la red troncal, utiliza cruceta de 2m.

Vano anterior: $a_1 = 194m$

Vano posterior: $a_2 = 268m$

Vano peso: $a_w = 280m$

Esfuerzos verticales. Al aplicar la ecuación 78 se obtiene:

$$P = (0.1359 * kg / m)(280m) + 150kg$$

$$P = 188.052kg, \text{ si se reemplaza en la expresión 94}$$

$$M_{v-\max} = 100 * (188.052) = 18805.2kg * cm$$

Esfuerzos horizontales. Las tensiones se calculan para la condición extrema de trabajo mecánico, con el programa correspondiente.

$$t_{H1} = 463.25kg$$

$$t_{H2} = 489.46kg$$

$$t = t_{H1} - t_{H2}$$

$$t = 26.21kg, \text{ con la ecuación 96 se obtiene:}$$

$$M_{H-\max} = (100\text{cm})(26.21\text{kg}) = 2621\text{kg} * \text{cm}$$

El momento flector máximo se calcula con la ecuación 88

$$M_{\max-\text{Tot}} = M_{v-\max} + M_{H-\max} = 21426.2\text{kg} * \text{m}$$

El esfuerzo máximo se calcula con la Expresión 87

$$\sigma_{\max} = \frac{(21426.2\text{kg} * \text{cm})(2.13\text{cm})}{49.94\text{cm}^4}$$

$$\sigma_{\max} = 913.853\text{kg} / \text{cm}^2; \quad \sigma_{\max} = 0.1386\text{kg} / \text{mm}^2, \text{ en condiciones normales.}$$

$$\sigma_{\max} = 9.1386\text{kg} / \text{mm}^2 \text{ en condiciones normales de trabajo}$$

Si ocurre ruptura de los dos conductores en el vano 194m se tiene:

$$t = 489.46\text{kg}$$

$$a_w = 280\text{m} / 2 = 140\text{m}, \text{ con la expresión 78 se obtiene:}$$

$$P = 169.026\text{kg}$$

$$M_{\max-\text{Tot}} = (100\text{cm})(489.46\text{kg} + 169.026\text{kg}) = 65848.6\text{kg} * \text{cm}$$

Al reemplazar en 87 se obtiene:

$$\sigma_{\max} = (65848.6\text{kg} * \text{cm})(2.13\text{cm}) / 49.94\text{cm}^4$$

$$\sigma_{\max} = 2808.52\text{kg} / \text{cm}^2, \quad \sigma_{\max} = 2805\text{kg} / \text{mm}^2 \text{ inferior al esfuerzo admisible.}$$

En conclusión la cruceta aguanta en forma óptima las condiciones extremas de tendido para dicha estructura.

4.9.11.3.2. Cálculo mecánico de la cruceta metálica en estructura doble

Se utilizan crucetas de 4 m y 6 m, para el cálculo, la cruceta se amarra a los dos postes por medio de pasadores, estas crucetas poseen las mismas características mecánicas de la cruceta de 2 m.

Cálculo de los esfuerzos verticales: En la sección 4.9.6.3. Análisis de los esfuerzos verticales para la hipótesis de condición normal en la estructura doble.0, se analizan los esfuerzos verticales que ejerce cada conductor en su punto de amarre.

$$P = W_{T\sigma T} = Wa_w + 105(kg), \text{ para estructuras en alineamiento}$$

$$P = W_{T\sigma T} = Wa_w + 105(kg), \text{ para estructuras de retención}$$

En la Figura 19 se muestra la cruceta, el diagrama de cuerpo libre, y los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector.

En condiciones estáticas de la cruceta: Si se calculan momentos con respecto al punto B, $\sum M_B = 0$.

$$-P * b - R_{2y} * c + (b + c)P = 0$$

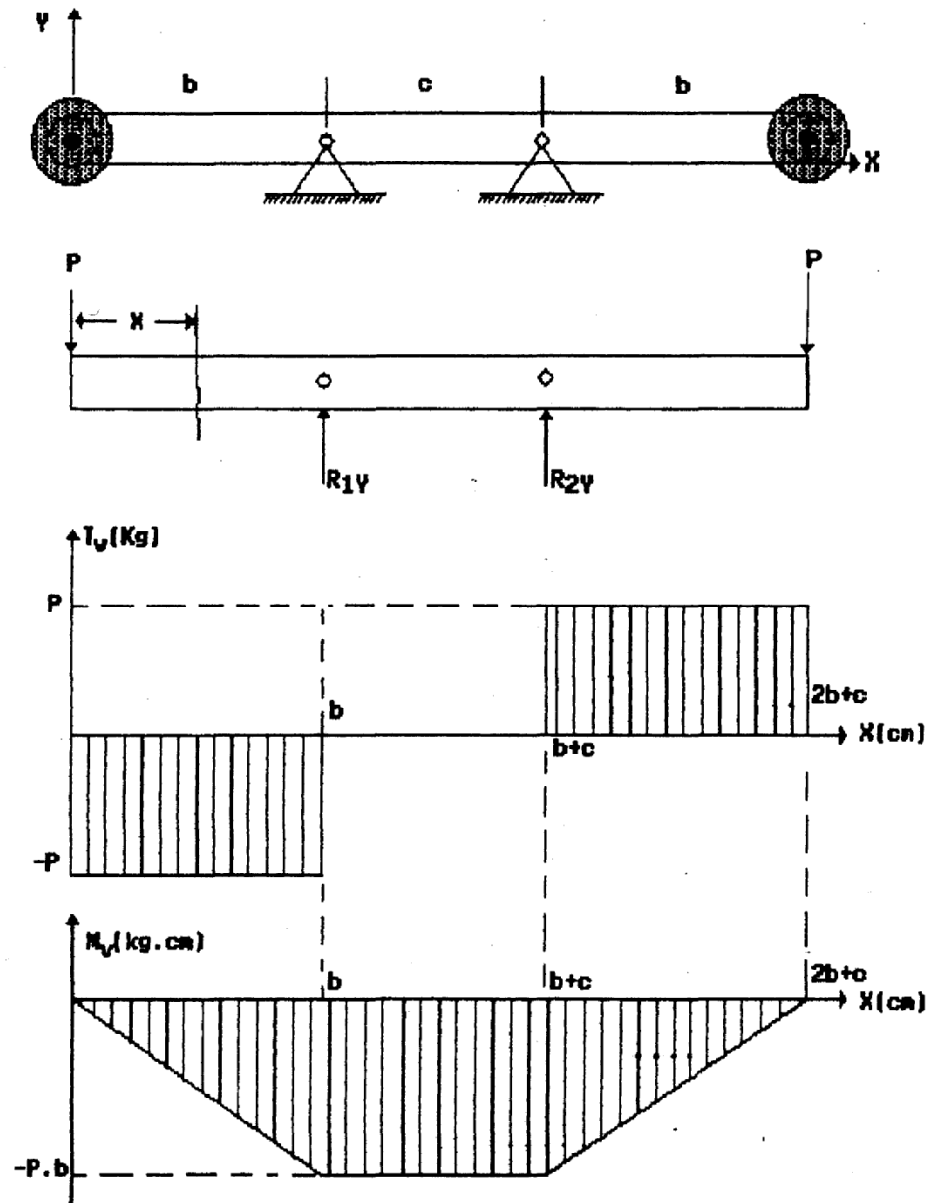
$$R_{2y} = \frac{(b + c) - P - p * b}{c}$$

[99]

$$R_{2y} = P$$

$$\sum Fy = 0 \text{ Por lo tanto:}$$

Figura 19. Cruceta metálica en estructura doble. Análisis de los esfuerzos verticales.



$$-R_{1y} - R_{2y} - 2P = 0 \quad R_{1y} = 2P - R_{2y} \quad (kg)$$

[100]

Al reemplazar 99 en 100 se obtiene:

$$R_{1y} = P(kg)$$

[101]

Para los diagramas se tiene:

Intervalo	Esfuerzo cortante (kg)	Momento Flector (kg+cm)
$0 \leq x \leq b$	$T_1 = -P$	$M_1 = -PX$ [102]
$a \leq x \leq a+b$	$T_2 = 0$	$M_2 = -PX + P(x-b) - P, M_2 = -P*b$ [103]
$a+b \leq x \leq 2a+b$	$T_3 = P$	$M_3 = -P(x-2b-c)$ [104]

Momento flector máximo vertical. $M_{vertical-max} = M_1(x=b)$

$$M_{v-max} = P * b(kg * cm)$$

[105]

$M_{vertical-max} = -P * b$, el signo (-) indica que la cruceta se deforma elásticamente, con una concavidad hacia abajo, es decir, las fibras superiores están a tracción y las inferiores a compresión.

Cálculo de los esfuerzos horizontales: Al tomar una vista en planta de la estructura, la cruceta se somete a la acción de la Tensión horizontal en los conductores (Plano X-Z). En la figura 37, se dibuja la cruceta con sus fuerzas externas, y los diagramas correspondientes de esfuerzo cortante y momento flector.

Si se realiza el análisis estático se obtiene:

$$R_{1z} = R_{2z} = t(kg)$$

$t = t_{H-1} - t_{H2} (kg)$, diferencia de tensiones en los dos vanos adyacentes; para la hipótesis en condición normal.

Para la hipótesis de ruptura de un conductor se tiene:

$t = t_{\max}$ En kg para la condición extrema de trabajo mecánico en el conductor que no sufre daño.

Momento flector máximo $M_{H-\max} = -t * b (kg * cm)$ se presenta compresión en las fibras inferiores y tracción en las superiores

$$M_{H-\max} = -t * b (kg * cm) \quad [106]$$

Momento flector máximo total:

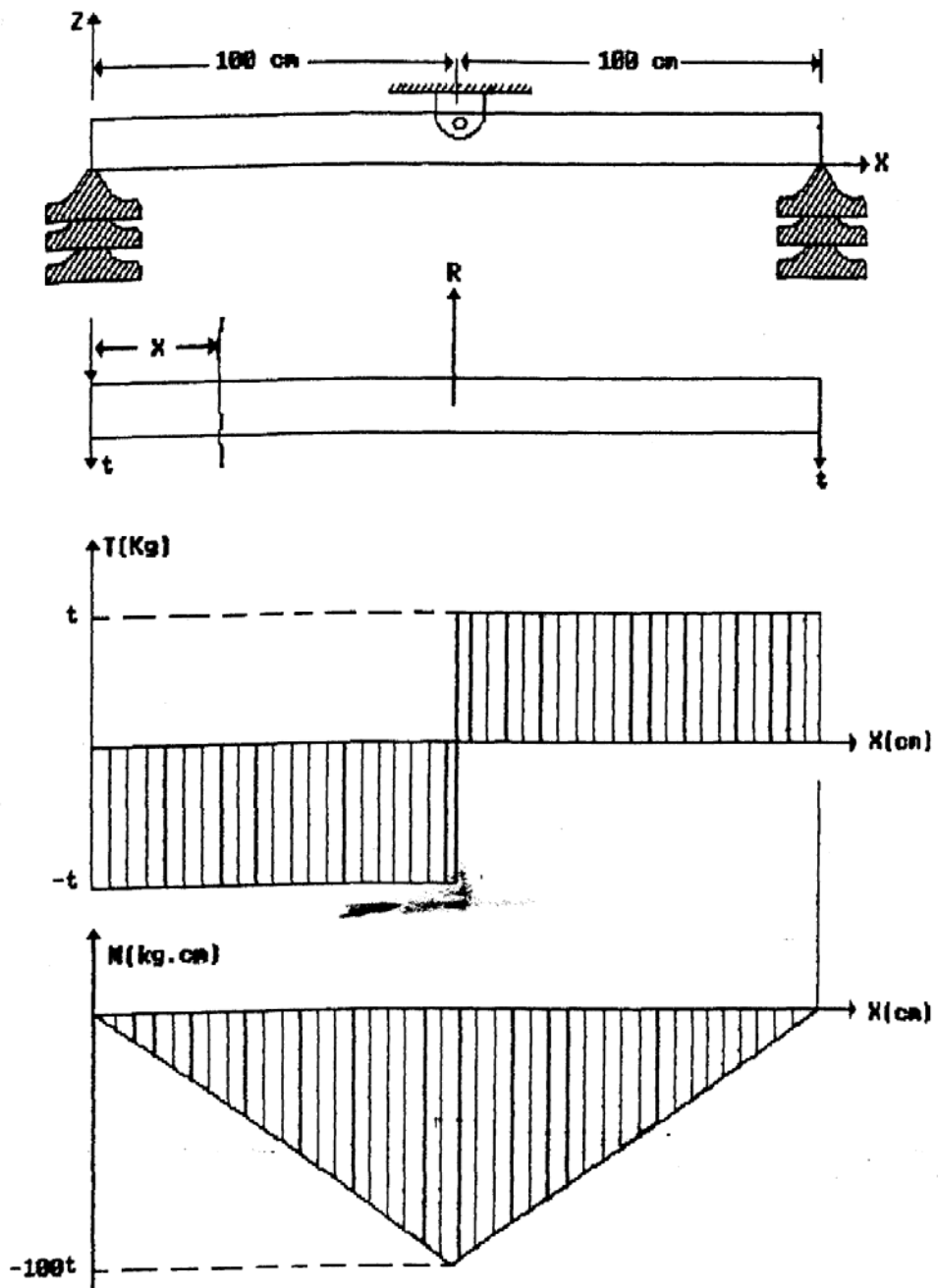
$$M_{\max-TOT} = M_{H-\max} + M_{v-\max}$$

$$M_{\max-TOT} = b(t + P) (kg * cm)$$

Al sustituir 107 en 87:

$$\sigma_{\max} = \frac{b(t + p) * 2.13}{49.94} (kg * cm^2) \quad [107]$$

Figura 20. Cruceta metálica en estructura doble. Análisis de los esfuerzos horizontales



Cálculo tipo para estructura de retención de la red troncal

Vano anterior: $a_1 = 788m$

Vano posterior: $a_2 = 588m$

Vano peso: $a_w = 688m$

Se utiliza cruceta de 6m, $b = 155\text{ cm}$, $c = 290\text{ cm}$

Análisis para la condición normal de tendido:

Esfuerzos verticales: Con la ecuación 50 se obtiene:

$$P = (01359\text{kg} / m)(688m) + 150\text{kg}$$

$$P = 243.5\text{kg}$$

$$M_{v-\max} = P * b$$

[108]

$$M_{v-\max} = (243.5\text{kg})(155\text{cm}) = 37742,5\text{kg} * \text{cm}$$

Esfuerzos horizontales: Se calculan las tensiones máximas en la condición extrema de trabajo mecánico para los dos vanos adyacentes.

$$T_{H1} = 566\text{kg}$$

$$T_{H2} = 550.48\text{kg}$$

$$t = 15.52\text{kg}$$

$$M_{H-\max} = b * t$$

$$M_{H-\max} = 155\text{cm} * (15.52\text{kg}) = 2405.6\text{kg} * \text{cm}$$

$$M_{\max-T\sigma T} = 2405.6\text{kg} * \text{cm} + 37742.5\text{kg} * \text{cm} = 41148.1\text{kg} * \text{cm}$$

El esfuerzo máximo en estas condiciones se calcula con la ecuación 116:

$$\sigma_{\max} = \frac{48148.1kg * cm)(2.13cm)}{49.94cm^4}$$

$$\sigma_{\max} = 17.124kg / mm^2 \text{ Este valor es inferior al máximo admisible.}$$

Análisis para la condición de ruptura de los dos conductores en el vano de 588 m:

$$a_w = 688m / 2 = 344m$$

$$P = (0.1359kg / m)(344m) + 150$$

$$P = 196.75kg$$

$$t = t_{H1} = 566kg$$

$$M_{\max-TOT} = 155cm * (566kg * 196.75kg) = 118226.2kg * cm$$

El esfuerzo máximo para esta condición se calcula con la ecuación 87:

$$\sigma_{\max} = \frac{(118226.2kg * cm)2.13cm}{49.94cm^4} = 5042.5kg / cm^2$$

$$\sigma_{\max} = 50.425kg / mm^2$$

Este valor supera al máximo admisible de 41.56 kg/mm², en conclusión toda estructura que utilice cruceta de 6 m debe reforzarse con diagonales.

4.9.12. Soportes para cables de guardia

Se denominan comúnmente bayonetas; se construyen en acero estructural, de perfil angular y de lados iguales, estas deben galvanizarse en caliente. Se clasifican de la siguiente forma:

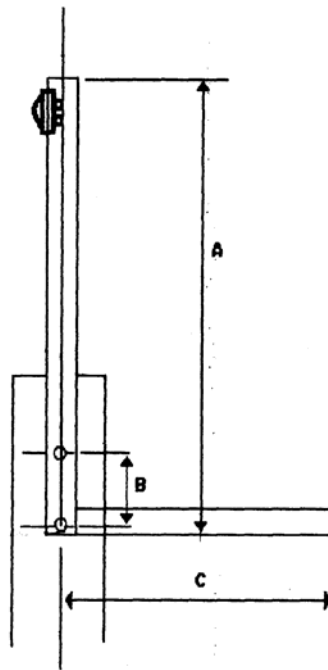
Bayoneta sencilla: Es una cruceta en L de 3"3"1/4"2m (Ver FIGURA 35)

Bayoneta para ángulos y retención sencilla: se utilizan dos bayonetas sencillas 3"3"1/4"2m.

Bayoneta para estructura en H: En un castillete con ángulo de 3"3"1/4" (76"76"64mm) de 1.90m (Separación entre postes), (PH 201), y de 2.90 (PH 203). El castillete se muestra en la Figura 39.

Bayoneta para ángulo o retención en H se montan dos castilletes de 3"3"1/4".

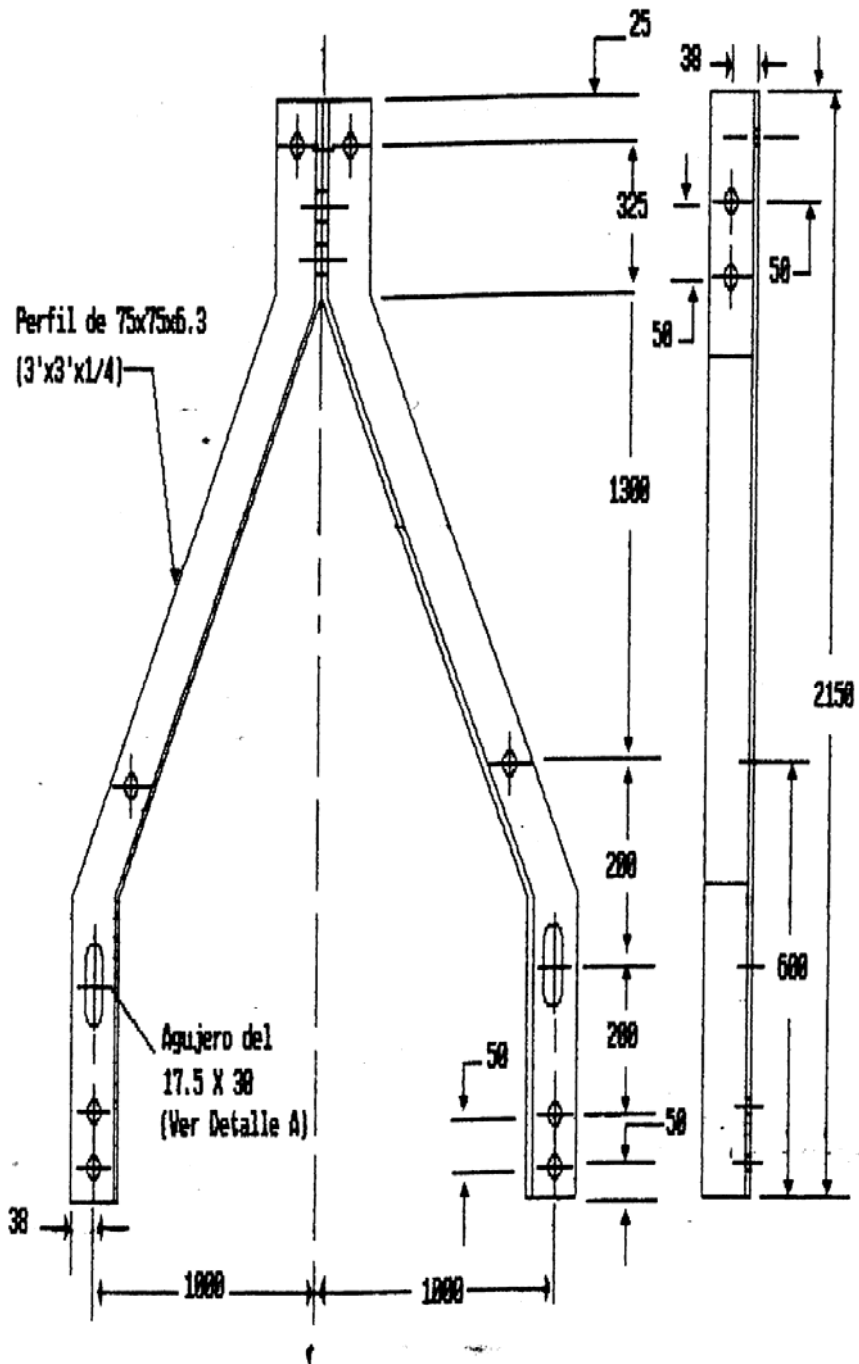
Figura 21. Bayoneta sencilla



$$C = 0.50$$

REF.	Dimensiones en m		Tipo de ángulo
	A	B	
1904	1.5	0.2	3"X3"X 1/4

Figura 22. Bayoneta para estructuras en H



4.10. HERRAJES

4.10.1. Utilización de herrajes que se someten a esfuerzos grandes de tracción

En las estructuras típicas que se seleccionan para la red de distribución (13.2 Kv), se especifican diámetros de 16 mm (5/8") para los pernos de ojo, espárragos y tuercas de ojo que transmiten los esfuerzos de los conductores a las crucetas y estas a los apoyos. Al tener en cuenta el esfuerzo admisible de trabajo, se recomienda su utilización para conductores con calibre inferior a 4/0 AWG, (Carga de rotura inferior a 3820 kg). En consecuencia para calibres superiores es necesario especificar pernos, espárragos y tuercas de ojo de 3/4" (19 mm). Con el objeto de facilitar la adquisición y utilización de herrajes, se hacen las recomendaciones generales que aparecen a continuación.

4.10.2. Arandelas

4.10.2.1. Arandelas planas

Se ajustan alrededor de un perno o tornillo y bajo la cabeza de este o de una tuerca. Se clasifican en:

Arandela redonda: para 1/2 " o 5/8". Una por cada perno de sujeción en las diagonales de las crucetas.

Arandela cuadrada: para 1/2 " o 5/8". Una por cada punto de ajuste sobre la cruceta o sobre el poste, a excepción de los pernos de sujeción de las diagonales.

4.10.2.2. Arandelas de presión

Son de forma helicoidal, se diseñan para ajustarse alrededor de un perno; se exceptúa su uso en los pernos que ajustan una superficie de madera en uno de sus extremos. En los demás casos se utiliza de la siguiente forma:

- Para $\frac{1}{2}$ "una por cada perno de $\frac{1}{2}$ ".
- Para $\frac{5}{8}$ " o $\frac{3}{4}$ "una por cada perno o tuerca de $\frac{5}{8}$ " o $\frac{3}{4}$ ".

4.10.3. Tuercas de ojo

Son elementos de sujeción de forma cilíndrica con una perforación central en rosca y una argolla. Se clasifican de la siguiente forma:

- Tuerca de ojo redondo: De $\frac{5}{8}$ " o $\frac{3}{4}$ "
- Tuerca de ojo alargado de $\frac{5}{8}$ " o $\frac{3}{4}$ "

4.10.4. Grapas de retención

Son elementos mecánicos que trabajan a tracción y cuya función es tensionar o suspender el conductor; se clasifican así:

- Grapa de retención tipo pistola de 2 pernos en U
- Grapa de retención tipo pistola de 3 pernos en U
- Grapa de retención tipo pistola de 4 pernos en U
- Grapa de retención recto de 2 pernos en U
- Grapa de Terminal en bronce, para conductores de 1/0 a 4/0 o No. 4 a 2/0 AWG.
- Grapa de retención en acero forjado para cable de guardia.

- Grapa prensa-hilos de 3 pernos para sujetar el templete de acero (1/4”).

4.10.5. Pernos, tornillos y espárragos

Se utilizan como elementos de fijación, ensamble o acople de partes y herrajes. Estos elementos soportan la acción de los esfuerzos cortantes verticales (P_v) y horizontales P_H .

P_H : Esfuerzos por acción del viento y deflexión angular en los conductores y cable de guardia.

P_v : Esfuerzos por el peso de conductores; aisladores y crucetas.

$$P = (P_H^2 + P_v^2)^{1/2} (kg) \quad [109]$$

Esfuerzo máximo de corte: No debe sobrepasar el valor $F_{admissible}$ de 700 kg/cm^2 .

$$F_{corte} = P / S (kg / \text{cm}^2) \quad [110]$$

S Sección efectiva del elemento, cm^2

S 1.979 cm^2 para elementos de 5/8” y 1.267 cm^2 para elementos de 1/2 “.

4.10.5.1. Tornillos

Se utilizan de 1/2” o 5/8” con carga máxima admisible de 46.7 kN y 74.3 kN respectivamente.

4.10.5.2. Pernos

Son elementos de fijación que se roscan exteriormente; se diseñan para insertarse en los huecos de partes que se van a ensamblar. Consta de cabeza y de cilindro, el par de apriete se aplica sobre la tuerca. Se utilizan pernos de maquina de $\frac{1}{2}$ " * $\frac{1}{2}$ " , $\frac{1}{2}$ " * 2", $\frac{1}{2}$ " * 6", $\frac{5}{8}$ " * 8", $\frac{5}{8}$ " * 10, $\frac{5}{8}$ " * 12", $\frac{5}{8}$ " * 16. Carga admisible 46.7 kN, ($\frac{1}{2}$ ") o 74.3 kN ($\frac{5}{8}$ ").

Perno de ojo: Se usa para la sujeción mecánica de las crucetas y como soporte de aisladores. Consta de una varilla redonda en forma de barra, que se rosca en un extremo que no se rosca. Se seleccionan pernos de ojo de $\frac{5}{8}$ " * 2", $\frac{5}{8}$ " * 4", $\frac{5}{8}$ " * 8", todos con tuercas y carga máxima admisible de 88.9 kN.

Perno en U: Es una varilla que se dobla en la mitad en forma semicircular, sus dos extremos se roscan y se acoplan con tuercas.

Se seleccionan pernos en U con dos tuercas de $\frac{1}{2}$ " * 80mm y $\frac{5}{8}$ " * 80mm.

4.10.5.3. Espárragos

Son elementos de fijación que se roscan exteriormente en cualquiera de sus extremos o totalmente.

Se seleccionan espárragos de $\frac{5}{8}$ " * 8", $\frac{5}{8}$ " * 10, $\frac{5}{8}$ " * 12" y $\frac{5}{8}$ " * 16, todos son cuatro tuercas y con igual carga admisible de los pernos.

4.10.6. Varilla de anclaje

Se utiliza para anclar el templete a través de la vigueta de concreto. Es una varilla de sección circular que se rosca en un extremo y argolla en el otro. Se selecciona en acero, el cual se galvaniza en caliente, con dimensiones de 5/8" * 1.80m (6200 kgF).

4.10.7. Tuercas de contratueras hexagonales

Se destinan para ensamblarse con tornillo, perno o espárrago. Se seleccionan los siguientes tipos:

- Tuercas Tipo T-1 y contratueras tipo C-1 para 3/8" (3170kgF).
- Tuercas T-2 y contratueras C-2 para 1/2 " (5800kgF)
- Tuercas T-3 y contratueras C-3 para 5/8" (9280kgF)

4.10.8. Varillas de puesta a tierra

Se construyen de núcleo de acero recubierto de cobre (COPPER-WELD); estas no deben afectarse por la electrolisis y/o corrosión galvánica, cuando se instalen bajo condiciones ambientales de humedad. Se seleccionan varillas COPPER-WELD de 5/8" * 1.50m con su correspondiente conector, que provee una conexión mecánica y eléctrica entre la varilla y el conductor de cobre. El conector posee un tornillo de 38mm (1 1/2 "). Para el Bajante se usa cobre desnudo No. 4 AWG, este se lleva en tubo Conduit P.V.C., eléctrico de 1/2 " * 3m.

4.10.9. Abrazaderas o collarines

Se utilizan para montar y/o fijar otros elementos al poste. Se clasifican de la siguiente forma:

- Collarín de una o dos salidas para sujetar perchas, crucetas, diagonales o transformadores.
- Collarín sin salida para sujetar templetes a postes.
- Collarín universal de múltiples salidas.

Se construyen de platina en forma circunferencial, con pestañas y protuberancias donde se acoplan pernos de expansión y/o sujeción; las platinas deben construirse en acero de alta calidad. Se seleccionan los siguientes:

- 1 salida 17-22cm o 15-20cm
- 2 salidas 17-22cm o 15-20cm

El ancho de la platina es de 1 ½ “y su espesor de ¼ “. Todos los pernos de collarín deben ser de carruaje de 5/8”*3” para cerrar los collarines. En las salidas se utilizan de 5/8”*1 ½ “para cada una.

4.10.10. Cinta y hebillas de acero inoxidable

Se usan para la sujeción de herrajes y elementos a postes. Se fabrican de acero austenítico inoxidable tipo AISI 201, para ambientes normales y AISI 316 para ambientes muy corrosivos, se realiza la siguiente selección:

- Cinta de acero BANDIT de ½ “(12.7mm) o 5/8” (15.8mm)
- Hebilla para cinta de acero BANDIT de ½ “o 5/8”

4.10.11. Perchas

Sirven de soporte a los aisladores de carrete en las redes de distribución en Baja Tensión (240v/120v). Estos se sujetan con abrazaderas, pernos o cintas de acero,

en dirección paralela al poste. El cuerpo de la percha se construye en acero calibre 1/8”.

El porta elementos para las perchas se construye en platina de acero de 31.75mm de ancho por 4.75mm de espesor. (1 ¼ “* 3/16”). El pasador para todas las perchas es de 5/8”. Se seleccionan las siguientes perchas:

- Percha de 4 puestos (Estructuras 615 y 616)
- Percha de 3 puestos (Estructuras 617, 619 y 620)
- Percha de 2 puestos (Estructuras 621 y 623)

4.10.12. Guardacabos

Se utilizan para proteger cables que se someten a altas tensiones (templetes), contra el fuerte doblamiento en los extremos. Se construyen en lámina de acero, con los siguientes requisitos mecánicos: Limite de fluencia 24kg/mm² y resistencia mínima o la tracción 42kg/mm². Se selecciona protector guardacabo para cable de hacer de ¼ “con calibre 13mm.

4.10.13. Eslabones y adaptadores

Se utilizan para el ensamble de cadena de aisladores, se fabrican en fundición de acero forjado. Se clasifican así:

- Eslabón sencillo (carga máxima 9000 kgF)
- Eslabones en U (carga máxima 9000 kgF)
- Adaptador de horquilla de ojo (carga máxima 9000 kgF)

4.11. SELECCIÓN DE ESTRUCTURAS

La selección debe realizarse de tal forma que se establezca un equilibrio en calidad y eficiencia tanto en el aspecto técnico como en el económico. Básicamente los criterios a tener en cuenta son los siguientes:

4.11.1. Determinar el número de apoyos que se requieren

El empleo de poste sencillo, doble o triple, se define con base en las curvas de utilización correspondientes, de acuerdo al vano viento y el ángulo de desviación de la línea de dicha estructura.

En terreno plano, la longitud de los vano se limita por la altura de los conductores al terreno, y al tratarse de conductores no muy pesados, se puede descartar la posibilidad de utilizar estructuras en postes dobles, puesto que las cargas transversales y la separación horizontal de los conductores están dentro de los límites admisibles para la utilización de apoyos simples.

En general las estructuras en H, ofrecen la mejor disposición de conductores y resistencia mecánica para vanos largos en terrenos quebrados y ondulados. Para vanos de mayor longitud, se sugiere la utilización de estructuras triples.

Previamente se establece el uso de madera o concreto en los apoyos.

4.11.2. Obtención del vano limitante por el poste o la cruceta

Definir el vano limitante para tender los conductores es el que permite el poste o la cruceta, de acuerdo al plantillado y la topografía del terreno.

Vano máximo en terreno llano que permite el poste de 12m: como ejemplo de cálculo se utiliza la estructura de retención simple R-130G.

La flecha máxima que permite el poste es:

$$f_{admissible} = H - h_e - h - h_{conductor} \quad [111]$$

Donde:

H: Longitud total del poste, 12 m.

he: Anclaje, 1.8 m.

h: Altura mínima al terreno, 6 m.

$h_{conductor}$: Distancia de montaje del conductor mas bajo en la cruceta de 2m, esta se mide desde el extremo superior del apoyo; 0.9m.

Al reemplazar en la ecuación 111 se obtiene:

$$f_{admissible} = 3.3m$$

Con base en las condiciones para tender el conductor, que se establecen para la curva en caliente de la plantilla, en las condiciones de máxima temperatura (60°C), sin viento y vano regulador de 350m se tiene:

$$t_H = t_{H \min} = 259.9197kg$$

$$P = 0.1359kg / m$$

Se toma como referencia las condiciones de la plantilla No. 1 ($a_r, 0350m$) que se utiliza en la mayoría de los tramos.

$$a = 2 \frac{t}{p} \operatorname{Cosh}^{-1}(f/(t/p) + 1) \quad [112]$$

Al sustituir los parámetros:

$$a = 3825.182 \operatorname{Cosh}^{-1}(f/(1912.591) + 1) \quad [113]$$

Para $f = 3.3m$ $a = a_{xp} = 224.67m$ vano máximo que permite el poste.

Vano máximo que permite la cruceta: como ejemplo de aplicación se toma la estructura R-130G, en la cual la distancia horizontal entre conductores sobre la cruceta es 1.7m. Se obtiene $f = f_{cruceta} = 5.21m$. Al sustituir en 113, $a = a_{xp} = 265.81m$. De acuerdo a estos resultados se concluye:

En terrenos planos el vano máximo que permite el poste es menor al que admite la cruceta, luego el vano limitante para tender los conductores, es el que permite el poste de 12 m.

En terrenos ondulados, no se presentan problemas con la distancia mínima al suelo, en estos casos el vano limitante para tender los conductores es el que permite la cruceta.

4.11.3. Establecer la longitud de la cruceta.

-Cálculo del vano máximo por penduleo. Es el vano máximo que admite la distancia horizontal entre conductores que se montan a igual altura, para que estos no se acerquen a una distancia mínima, en el punto medio del vano, bajo condiciones adversas de viento y pueda ocurrir una falla; en otras palabras es el vano máximo que permite la cruceta.

En cada una de las estructuras que se utilizan en el proyecto, de acuerdo a las normas del ICEI Volumen IV, se normaliza la longitud de la cruceta y la respectiva distancia horizontal entre conductores.

En cada una de las estructuras que se utilizan en el proyecto, de acuerdo a las normas del ICEL Volumen IV, se normaliza la longitud de la cruceta y la respectiva distancia horizontal entre conductores.

Cálculo tipo:

Estructura de retención doble RH-232G, cruceta de 6m, $DH_{\min} = 5.7m$

$$5.7 = 0.75(f)^{1/2} + 13.2/150, f = f_{cruceta} = 55.99m$$

Al reemplazar en la ecuación 113 se obtiene $a = 923.33m$.

Para seleccionar la longitud de la cruceta, se compara el vano máximo individual que resulta al plantillar, en cada estructura, con el vano máximo por penduleo que se indica en la Tabla 38. Como ejemplo de cálculo se tiene:

Tabla 38. Vanos máximos por estructura

ESTRUCTURAS QUE SE UTILIZAN PARA LA RED TRONCAL				
Código ICEL	LONGITUD DE LA CRUCETA (m)	D Hmín (m)	VANO MÁXIMO POR PENDULEO (m)	ÁNGULOS MÁXIMOS DE DESVIACIÓN
P-101G	Cruceta sencilla de 2m	1.70	265.81	0° - 5°
P110G	Doble cruceta de 2m	1.70	265.81	3° - 10°
PH-201G	Cruceta sencilla de 2 y 4m	3.70	595.12	0° - 5°

ESTRUCTURAS QUE SE UTILIZAN PARA LA RED TRONCAL				
Código ICEL	LONGITUD DE LA CRUCETA (m)	D Hmín (m)	VANO MÁXIMO POR PENDULEO (m)	ÁNGULOS MÁXIMOS DE DESVIACIÓN
PH-203G	Cruceta sencilla de 3 y 6m	5.70	923.33	0° - 5°
PH-210G	Doble cruceta de 2 y 4m	3.70	595.12	0° - 5°
PH-212G	Doble cruceta de 3 y 6m	5.0	923.33	0° - 5°
R-130G	Doble cruceta de 2m	1.70	265.81	0° - 45°
R-114G	Doble cruceta de 2m	1.70	265.81	Terminal
RH-214G	Doble cruceta de 4m	1.85	290.53	Terminal
RH-230G	Doble cruceta de 2 y 4m	3.70	595.12	0° - 45°
RH-232G	Doble cruceta de 3 y 6m	5.70	923.33	0° - 45°
3*506G	No se utiliza cruceta	B	Depende de B	0° - 90°
ESTRUCTURAS QUE SE UTILIZAN EN LOS RAMALES				
510	Cruceta sencilla de 2m	1.70	265.81	0° - 5°
512	Doble cruceta de 2m	1.70	265.81	5° - 30°
514	Doble cruceta de 2m	1.70	265.81	Terminal
515	Doble cruceta de 2m	1.70	265.81	0° - 45°
2*505	No se utiliza cruceta	5.80	939.70	Terminal
2*506	No se utiliza cruceta	5.80	939.70	0° - 90°
PH-202M	Cruceta sencilla de 4m	3.70	595.12	0° - 5°
PH-211M	Doble cruceta de 4m	3.70	595.12	3° - 10°
RH-214M	Doble cruceta de 4m	3.70	595.12	Terminal
RH-230M	Doble cruceta de 4m	3.70	595.12	0° - 45°
RH-232M	Doble cruceta de 6m	5.70	923.33	0° - 45°

Estructura No. 29 (Red troncal)

Vano anterior: 788m

Vano posterior: 588m

De acuerdo a la Tabla 38, para el vano de 788 m, se debe utilizar una cruceta de 6m que permite un vano máximo por penduleo de 923.33m.

4.11.4. Calcular el número de espigos por fase o el número de aisladores por cadena de retención que se requieren

En cada estructura, su punto de trabajo P (a_v, α) se ubica en la curva de utilización del espigo (Ver Figura 30), se presentan entonces las siguientes situaciones:

- Si el punto P cae dentro de la zona del espigo simple, se selecciona un espigo simple por fase, de 5/8" o 3/4".
- Si el punto P cae por fuera de la zona del espigo simple pero se sitúa en la zona del espigo doble se seleccionan dos espigos por fase, esto implica necesariamente la utilización de doble cruceta.
- Si el punto P se sitúa por fuera de la zona para espigo doble, se debe utilizar cadena de aisladores por lo tanto la estructura que se analiza se convierte en retención. La cadena se conforma por tres aisladores de 6" o 2 de 10".

4.11.5. Verificación mecánica de la cruceta

Con base en el análisis mecánico de las crucetas que se realiza en la sección 0. En cada estructura se determina el vano peso a_p (m) y la Tensión del conductor para la condición extrema de trabajo mecánico. Con las ecuaciones 79 y 80 calcula el esfuerzo máximo (a_{max}) a tracción o compresión que se compara con el

esfuerzo máximo admisible de la cruceta, pueden presentarse las siguientes alternativas:

- Si $\sigma_{\max} < \sigma_{\text{admisible}}$ y se requiere un espigo/fase, se debe utilizar una cruceta.
- Si $\sigma_{\max} < \sigma_{\text{admisible}}$ y se necesitan dos espigos/fase, se deben emplearse dos crucetas.
- Si $\sigma_{\max} > \sigma_{\text{admisible}}$ y se requieren dos espigos/fase, se deben emplearse dos crucetas.
- Si $\sigma_{\max} < \sigma_{\text{admisible}}$ y se calcula un espigo/fase, se deben emplearse dos crucetas y por ende dos espigos por fase.

Las estructuras de retención necesitan doble cruceta.

4.11.6. Determinación del Número de templetes

De acuerdo al análisis mecánico, calcular (si lo requiere), el número de templetes para la estructura. Ver sección 0.

4.11.7. Selección de código o tipo de estructura

Seleccionar en la Tabla 38 el código o tipo de estructura.

4.11.8. Cálculo tipo para la selección de estructuras.

Estructura de retención. Esta posee los siguientes parámetros:

Vano anterior	: 788m
Vano posterior	: 588m
Vano viento	: 688m

Vano peso : 1000m

Ángulo de desviación: 0°

Terreno ondulado

Estructura en madera

Paso 1. Al situar el punto de trabajo P (688,0°) en la curva de utilización correspondiente (Figura 10), debe utilizarse una estructura doble en madera que soporta un vano viento máximo de 841.495 m (sin necesidad de templetes), siempre que este en alineamiento.

Paso 2. Por tratarse de terreno ondulado en el vano limitante para tender los conductores es el que permite la cruceta.

Paso 3. Para poder tender los conductores a un vano individual de 788, m es necesario utilizar una cruceta de 6m que admite un vano máximo por penduleo de 923.33m.

Paso 4. Cálculo de No. de espigos/fase. Si se ubica el punto de trabajo P (688.0°) en la curva de utilización del espigo (Ver Figura 30), se requieren dos espigos por fase; como previamente se define esta estructura para retención, se usan cadenas de dos aisladores de disco -10", o tres aisladores de 6".

Paso 5. Análisis mecánico de la cruceta: En la sección 0, (Ver Cálculo Tipo), se analizan las condiciones mecánicas de la cruceta de 6 m, en la estructura se obtienen los siguientes resultados.

Esfuerzo máximo a la tracción: 59.425kg/mm², este valor supera al máximo admisible de 41.56kg/mm, en conclusión se debe utilizar para esta estructura doble cruceta de 6 m, reforzadas con diagonales.

Paso 6. Cálculo de templetas: Como esta estructura es de retención, requiere de cuatro templetas para contrarrestar los esfuerzos longitudinales (Ver Tabla 32).

Templetas para contrarrestar esfuerzos transversales: Como el punto de trabajo P(688°) se sitúa dentro de la zona de seguridad en la curva de utilización respectivamente, no se requieren templetas adicionales.

Paso 7. De la Tabla 38 se selecciona la estructura RH-232-G.

Análisis para el vano especial de 1442 m.

Estructura No. 19		Estructura No. 20	
Vano anterior	: 360m	Vano anterior	: 1442m
Vano posterior	: 588m	Vano posterior	: 584m
Vano viento	: 901m	Vano viento	: 1013m
Vano peso	: 770m	Vano peso	: 770m
Ángulo de desviación:	0°	Ángulo de desviación:	0°
Terreno ondulado		Terreno ondulado	

Para la estructura No. 19 al situar su punto de trabajo P (901,0°) se puede utilizar una estructura doble en madera (Ver Figura 15), que soporta un vano viento máximo de 856.28m, como el punto P, esta fuera de la zona de seguridad, en la gráfica se calcula el número de templetas necesarios. Por tratarse de terreno ondulado, el vano que limita el tendido es el que permite la cruceta y las estructuras dobles PH-203 y PH-212 admiten un vano máximo por penduleo de 923.33m, con cruceta de 6 m, este vano es inferior al que se pretende tender de 1442m. Al realizar el anterior análisis para la estructura No. 20, se concluye en la utilización de una estructura especial de tres apoyos en madera, cada apoyo

soporta en forma independiente un conductor de fase (Estructura 506), a través de cadena de aisladores que se montan a cada lado del poste.

La separación horizontal entre postes (B) se calcula de acuerdo al vano que se desea tender. En la tabla 79 se verifican las condiciones mecánicas del conductor de fase y el cable de guardia, para el vano 1442m.

Tabla 39. Análisis mecánico del vano especial

VANO DE 1442 m	CONDICIÓN EXTREMA DE TRABAJO MECÁNICO			CONDICIÓN EXTREMA DE FLECHA		
	TENSIÓN HORIZONTAL FINAL (kg)	TENSIÓN LONGITUDINA L FINAL (kg)	% T ruptura	TENSIÓN HORIZONTAL L FINAL (kg)	TENSIÓN LONGITUDINAL FINAL (kg)	% T ruptura
CONDUCTO R DE FASE	584.022	613.196	48.45	310.628	326.210	25.78
CABLE DE GUARDIA	605.164	608.465	37.18	392.7	412.530	25.20

En la condición extrema de trabajo, Tensión longitudinal es inferior al 50% $t_{ruptura}$, que establecen las normas.

Cálculo de la distancia de separación entre postes (B). La flecha máxima del conductor, se obtiene al reemplazar en la ecuación 44, los parámetros de la condición extrema de flecha.

$$f_{\max} = (310.6276/0.1359) \left[\text{Cosh} \frac{1442m}{2(310.6276/0.1359)} - 1 \right]$$

$$f_{\max} = 114.66m$$

$$B = 0.75(114.62)^{1/2} (114.62)^{1/2} + \frac{13.2}{150} \qquad B = 8.2m$$

Al evaluar este resultado, deben instalarse los tres postes de 12m, con una separación horizontal de 8.12m, por lo tanto debe disponerse de un espacio mínimo de 16.24m; el sitio de instalación es un terreno bastante ondulado, lo cual dificulta en parte el montaje de la estructura, a esto se le agrega un factor determinante que es el blindaje de la línea en esta estructura, pues se requieren soportes especiales para cables de guardia excesivamente altos y costosos. En la estructura especial en tres postes, de 12m, (3*506), los conductores de fase se montan en disposición horizontal a una altura de 9.3m sobre el suelo. Al tener en cuenta los factores que se mencionan anteriormente, se presenta a continuación la siguiente alternativa: Modificar la disposición horizontal de los conductores, por una triangular asimétrica, para ello el poste intermedio se deja de 12m (750kg); en estas condiciones, los dos conductores inferiores se instalan en postes de 10 a 7.9m, con una separación horizontal de 8.12m. El conductor superior se instala en el poste de 12m a una altura de 9.9m del piso; el cable de guardia se monta sobre un soporte de 76*76*6mm*2m, en el poste de 12m y a una altura de 11.9m sobre el terreno. Los postes de 10m se empotran a una profundidad de 1.6m.

Cálculo de templetes. Se analiza cada apoyo en forma independiente.

Templetes para retención:

Apoyos laterales. Estos soportan la acción del conductor de fase, al aplicar la Ecuación 55 se tiene:

$$M_r + P_x * (r_T) = F_c * 7.9m$$

$$F_c = 584.022kg, \text{ (Ver Tabla 39)}$$

$$M_r = 3112,5kg * m, \text{ para posteria en madera, } C_r = 750kg; \text{ longitud de 10m.}$$

$$r_T = \text{Altura del amarre del templete a 10 cm de la punta del apoyo, 8.3m.}$$

$$P_x = 180.88kg$$

De la ecuación 86, con $r_T = 8.3m$ y $b = 7.2m$, se obtiene:

$$\phi = 40^\circ 03' 33.7''$$

Al sustituir en 56, $P_T = 276.03kg$

El factor de seguridad se verifica en la Ecuación 68

$$F.S = \frac{3020kg}{276.03kg} = 10.94$$

Por cada apoyo Terminal se selecciona un templete.

Por cada apoyo lateral de retención se instalan dos templetas.

Apoyo intermedio: Soporta el conductor superior y el cable de guardia. Se establece el siguiente equilibrio de momentos (Ecuación 55).

$$M_r + P_x(r_T) = (F_c) * 9.9m + F_g * 11.9m$$

$$M_r = 3787.5kg * m \text{ Poste en madera } (C_r = 750kg), 12m$$

$$r_T = 10.1m$$

F_c, F_g : Tensiones horizontales máximas en kg (Ver tabla 79)

$$F_c = 584.022kg$$

$$F_g = 608.465kg$$

Al sustituir estos valores, se obtiene:

$$P_x = 914.36kg$$

De la ecuación 57, para $r_T = 10.1m$ y $b = 7.2m$, se obtiene:

$$\phi = 50^\circ 30' 57.7''$$

Si se reemplaza en 56 se obtiene: $P_T = 1575.2kg$

$$F.S = \frac{3020kg}{1575.2kg} = 1.92$$

Como el F.S mínimo es 2, se deben utilizar dos templetos para aumentar el factor de seguridad a 3.83.

Templetos para viento: Para contrarrestar la acción transversal del viento, sobre los conductores de fase, el cable de guardia y los apoyos, se instalan dos templetos para viento (uno por cada apoyo lateral), en dirección normal al eje de la línea.

Con el propósito de obtener mayor estabilidad en las estructuras triples, se instalan templetos poste a poste ya que no se utilizan crucetas.

4.12. CIMENTACIONES PARA POSTERÍA Y TEMPLETES

De acuerdo a las características del terreno, se selecciona el tipo de base para los anclajes de templetos y postes.

Para suelos duros en tierra roja, la base se realiza Mediante el relleno de los huecos con la misma tierra, la cual se apisona hasta lograr la mayor consistencia.

En aquellos tramos o puntos de la línea donde el suelo es semiduro, blando o húmedo, las bases requieren de cimentación.

En las cimentaciones debe utilizarse concreto – 2500 psi (Lbr/pulg²). La Electrificadora de Santander S.A., clasifica las cimentaciones para postería de

acuerdo a la longitud del apoyo. En la figura 40, se estipulan las características de la cimentación, el volumen de excavación (m^3) y el volumen de concreto que se necesita (m^3).

4.12.1. Cimentaciones para postería

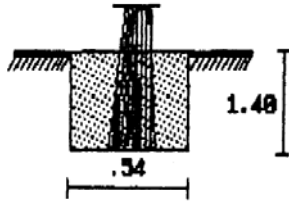
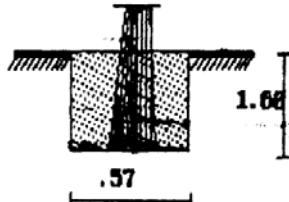
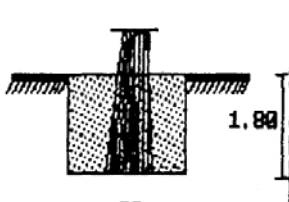
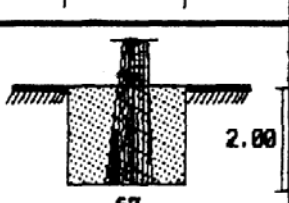
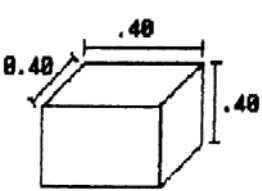
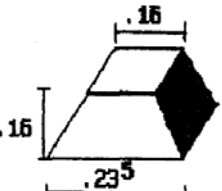
Se lleva a cabo el siguiente procedimiento; De la Figura 23 se eligen las especificaciones necesarias de la base y la cimentación según la longitud del poste que se selecciona.

Para un poste de 12 m debe excavarse un hueco de $0.62m \times 0.62m$ a una profundidad de 1.80 m, el volumen a excavar es de $0.55 m^3$.

Se cubre el fondo del hoyo con una capa de concreto de 2500 psi., esta capa se denomina SOLADO y tiene un grosor de 10 cm. El solado debe fraguarse de 8 a 12 horas.

Sobre el solado se coloca una parrilla; esta es una malla que se ensambla previamente con varillas de hierro PDR – 60000 Lbr/pulg², longitud 60 cm y diámetro $\frac{1}{2}$ “. Estas varillas se separan a una distancia de 10 cm en ambos sentidos.

Figura 23. Cimentaciones para postería y templetes.

CONCRETO 3000 - POSTERIA - TEMPLETES			
POSTE	DISEÑO	VOL. EXCAV.	VOL. CONCR.
L=8.00 M		0,32 M ³	0,28 M ³
L=10.00M		0,39 M ³	0,33 M ³
L=12.00M		0,55 M ³	0,44 M ³
L=14.00M		0,73 M ³	0,55 M ³
TEMPLETE	 VOL=0.064 M ³	 VOL = 0.050	0,004 M ³

Se hinca el poste, con la orientación necesaria, este se sostiene provisionalmente con templetes; a continuación se rellena el hoyo con concreto hasta el nivel del

suelo. Para postes de madera se deja una pendiente de concreto a nivel del suelo para evitar que el agua deteriore la madera.

El volumen total de concreto que se requiere es de 0.44 m³ según la Figura 23.

4.12.2. Cimentaciones para templetes

En la sección 0 se describen las características de los anclajes para templetes. El anclaje se conforma de una varilla de acero de 5/8" * 180m esta se acopla a una vigueta de concreto (2500 psi), cuyas dimensiones son 0.16*0.16*0.24m.

Según la Figura 23 las dimensiones del hueco son 0.4*0.4*0.4m. El conjunto vigueta-varilla se cubre con 0,0043 m³ de concreto 2500 psi.

5. PRESUPUESTO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER					
CANTIDADES DE OBRA Y PRECIOS UNITARIOS					
CONSTRUCCION REDES DE MEDIA Y BAJA TENSION, INSTALACIONES INTERNAS Y MONTAJE DE TRANSFORMADORES PARA LA ELECRIFICACION RURAL DEL CORREGIMIENTO DE RIO BLANCO EN EL MUNICIPIO DEL PEÑON.					
CODIGO	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	VR UNITARIO	SUB TOTAL
1	ALTA TENSION				
36	Replanteo de linea M.T. Hasta 34.5 KV.	MTL	8371	206.00	1,724,409.26
10225	Suministro transporte e instalacion de herrajes en poste o torrecilla para dos hilos estructura de paso con angulo tipo 512 hasta 13.2 kv	UND	1	322,107.00	322,107.00
10219	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste o torrecilla para dos hilos estructura retención terminal tipo 510 hasta 13,2 Kv.	UND	4	174,868.00	699,471.98
10231	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste o torrecilla estructura de paso disposicion horizpntal dos hilos tipo PH - 202 . Alta tensión hasta 13,2 KV	UND	4	370,450.00	1,481,800.02
10030	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste en concreto 12 m TR-510Kg.	UND	38	806,851.00	30,660,338.15
10681	Suministro transporte e instalación de herrajes y elementos para templete directo a tierra. Alta tensión hasta 13,2 KV (ref. estructura 1)	UND	105	89,340.00	9,380,700.21
10699	Suministro transporte e instalación de herrajes y elementos para bajante a tierra. Alta tensión trifásica	UND	10	302,673.00	3,026,729.98
10750	Suministro, transporte e instalación de un conductor ACSR No. 2 AWG para Alta Tensión	MTL	18000	2,372.00	42,695,985.60
40596	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste o torrecilla para un hilo estructura retención terminal tipo 507 hasta 13,2 KV	UND	10	72,731.00	727,310.03
40602	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste o torrecilla para un hilo estructura retención terminal tipo 505 hasta 13,2 KV	UND	10	130,016.00	1,300,159.96
40608	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste o torrecilla para un hilo estructura retención terminal tipo 506 hasta 13,2 KV	UND	9	226,061.00	2,034,549.04
41701	Suministro e instalación de una caja cortacircuito de 15 KV 100 Amp. 110 KV-BIL	UND	14	166,858.00	2,336,011.93
41704	Suministro e instalación de un pararrayo de 10 o 12 KV. 10 Ka.	UND	6	173,421.00	1,040,526.02
999991	Suministro e instalación de una valla publicitaria para obras de electrificación rural.	UND	1	620,000.00	620,000.00
42446	Suministro transporte e instalacion de amortiguador tipo stockbridge para cable 2.	UND	58	24,813.00	1,439,154.00
TOTAL ACTIVIDADES EN ALTA TENSION					99,489,253.18

BAJA TENSION					
39	Replanteo en red de Baja Tensión	MTL	3681	181.00	666,248.12
43533	Suministro transporte e instalacion de cable trenzado duplex 600 v 2+2 neutro ACSR.	ml	200	3,953.00	790,599.02
10687	Suministro transporte e instalación de herrajes y elementos para templete directo a tierra. Baja tensión (Ref. estructura 2)	UND	20	66,140.00	1,322,799.91
10693	Suministro transporte e instalación de herrajes y elementos para bajante a tierra. Baja tensión	UND	17	129,775.99	2,206,191.78
10006	Suministro, transporte e instalacion de poste de concreto de 8 m TR 510 Kg.	UND	18	425,446.00	7,658,028.00
43365	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste para cable preensamblado estructura tipo N-55	UND	2	46,031.00	92,062.00
43370	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste para cable preensamblado estructura tipo NG2B	UND	9	75,355.00	678,195.00
43386	Suministro transporte e instalación estructura de retencion final del circulo (L.A. 321 tipo N51) sin collarin	UND	34	52,996.00	1,801,863.95
43529	Suministro transporte e instalación de cable trenzado Triplex 600v. 2x4+4 Neutro EN ACSR Desnudo	MTL	4000	6,535.00	26,139,992.00
43530	Suministro transporte e instalación de cable trenzado Duplex 600v. 4+4 Neutro EN ACSR Desnudo	MTL	600	3,044.00	1,826,399.04
43532	Suministro transporte e instalación de cable trenzado Triplex 600v. 2x2+2 Neutro EN ACSR Desnudo	MTL	200	7,514.00	1,502,799.84
43538	Suministro transporte e instalación de cable trenzado Duplex 600v. 1/0+1/0 Neutro EN ACSR Desnudo	MTL	200	5,567.80	1,113,559.99
TOTAL ACTIVIDADES EN BAJA TENSION					45,798,738.64
INSTALACIONES INTERNAS					
42800	Suministro, transporte e instalación de un contador de medida directa monfasico bifilar de 15 (60) Amp.	UND	6	104,959.00	629,754.02
42806	Suministro, transporte e instalación de materiales para salida a 110V para tomacorriente.	UND	34	27,682.00	941,187.89
42807	Suministro, transporte e instalación de materiales para salida a 110V para luz con interruptor.	UND	68	27,552.00	1,873,535.84
43268	Suministro, transporte e instalación de un contador de medida directa bifasico trifilar de 15 (60) Amp.	UND	11	265,316.00	2,918,475.95
43273	Suministro, transporte e instalación de accesorios para acometida monofasica en cable concentrico cobre aislado 3x8 AWG	UND	11	324,031.00	3,564,341.04
43342	Suministro, transporte e instalación de cruce de acometida aerea para contador de medida directa bifasico trifilar en cable concentrico 2*8+8 AWG	UND	11	137,808.00	1,515,888.05
43346	Suministro, transporte e instalación de de cableado concentrico 1*8+8 AWG para acometida monofasica bifilar	UND	6	119,494.00	716,964.00
TOTAL ACTIVIDADES EN INSTALACIONES INTERNAS					12,160,146.79

SUBESTACIONES					
43048	Suministro transporte e instalación de sistema de contrapeso para mejoramiento de resistividad de puestas a tierra para transformadores de distribución (En cable Cu)	UND	9	169,501.00	1,525,508.99
43524	Suministro transporte e instalación de transformador autoprotegido monofasico de 5 KVA 13.2 KV, 150 Kv BIL 13200/240/120	UND	9	2,423,067.00	21,807,603.02
43528	Suministro transporte e instalación de herrajes y protecciones para transformadores monofasicos AUTOPROTEGIDOS HASTA 13.2 KV	UND	9	851,060.00	7,659,539.96
43544	Suministro transporte e instalación de Macromedida Baja Tension para transformador monofasico con medidor Electromecanico	UND	9	695,615.00	6,260,535.00
TOTAL ACTIVIDADES EN SUBESTACIONES					37,253,186.97
TOTAL COSTO DIRECTO					194,701,325.59
TOTAL COSTO INDIRECTO					38,940,265.12
COSTO TOTAL DEL PRESUPUESTO					233,641,590.70
				VALOR TOTAL	233,641,590.70

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER					
CANTIDADES DE OBRA Y PRECIOS UNITARIOS					
CONSTRUCCION REDES DE MEDIA Y BAJA TENSION, INSTALACIONES INTERNAS Y MONTAJE DE TRANSFORMADORES PARA LA ELECRIFICACION RURAL DE LAS VEREDA AGUALINDA DEL MUNICIPIO DE BOLIVAR.					
CODIGO	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	VR UNITARIO	SUB TOTAL
1	ALTA TENSION				
36	Replanteo de linea M.T. Hasta 34.5 KV.	MTL	5677	206.00	1,169,450.65
10219	Suministro transporte e instalaci3n de herrajes en poste o torrecilla para dos hilos estructura retenci3n terminal tipo 510 hasta 13,2 Kv.	UND	1	174,868.00	174,868.00
10231	Suministro transporte e instalaci3n de herrajes en poste o torrecilla estructura de paso disposicion horizpntal dos hilos tipo PH - 202 . Alta tensi3n hasta 13,2 KV	UND	7	370,450.00	2,593,150.03
10681	Suministro transporte e instalaci3n de herrajes y elementos para templete directo a tierra. Alta tensi3n hasta 13,2 KV (ref. estructura 1)	UND	65	89,340.00	5,807,100.13
10699	Suministro transporte e instalaci3n de herrajes y elementos para bajante a tierra. Alta tensi3n trifasica	UND	9	302,673.00	2,724,056.99
10750	Suministro, transporte e instalaci3n de un conductor ACSR No. 2 AWG para Alta Tensi3n	MTL	13000	2,372.00	30,835,989.60
20306	Preparacion concreto 2.500 psi.	MT3	22	282,150.00	6,207,299.99
40596	Suministro transporte e instalaci3n de herrajes en poste o torrecilla para un hilo estructura retenci3n terminal tipo 507hasta 13,2 KV	UND	8	72,731.00	581,848.02
40602	Suministro transporte e instalaci3n de herrajes en poste o torrecilla para un hilo estructura retenci3n terminal tipo 505 hasta 13,2 KV	UND	8	130,016.00	1,040,127.97
40608	Suministro transporte e instalaci3n de herrajes en poste o torrecilla para un hilo estructura retenci3n terminal tipo 506 hasta 13,2 KV	UND	14	226,061.00	3,164,854.07
41701	Suministro e instalaci3n de una caja cortacircuito de 15 KV 100 Amp. 110 KV-BIL	UND	12	166,858.00	2,002,295.94
41704	Suministro e instalaci3n de un pararrayo de 10 o 12 KV. 10 Ka.	UND	6	173,421.00	1,040,526.02
43390	Suministro transporte e instalaci3n de Torrecilla metalica cuadrada 12 m. totalmente galvanizada en caliente con antiescalatorio	UND	22	1,494,235.99	32,873,191.78
999991	Suministro e instalaci3n de una valla publicitaria para obras de electrificaci3n rural.	UND	1	620,000.00	620,000.00
42446	Suministro transporte e instalacion de amortiguador tipo stockbridge para cable 2.	UND	34	24,813.00	843,642.00
TOTAL ACTIVIDADES EN ALTA TENSION					91,678,401.17

BAJA TENSION					
39	Replanteo en red de Baja Tensión	MTL	7074	181.00	1,280,369.24
43533	Suministro transporte e instalacion de cable trenzado duplex 600 v 2+2 neutro ACSR.	ml	200	3,953.00	790,599.02
10687	Suministro transporte e instalación de herrajes y elementos para templete directo a tierra. Baja tensión (Ref. estructura 2)	UND	43	66,140.00	2,844,019.80
10693	Suministro transporte e instalación de herrajes y elementos para bajante a tierra. Baja tensión	UND	25	129,775.99	3,244,399.68
20306	Preparacion concreto 2.500 psi.	MT3	34	282,150.00	9,593,099.99
43365	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste para cable preensamblado estructura tipo N-55	UND	10	46,031.00	460,310.00
43370	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste para cable preensamblado estructura tipo NG2B	UND	8	75,355.00	602,840.00
43386	Suministro transporte e instalación estructura de retencion final del circulo (L.A. 321 tipo N51) sin collarin	UND	48	52,996.00	2,543,807.92
43391	Suministro transporte e instalación de Torrecilla metalica cuadrada 8 m. totalmente galvanizada en caliente con antiescalatorio	UND	34	1,031,886.00	35,084,124.12
43529	Suministro transporte e instalación de cable trenzado Triplex 600v. 2x4+4 Neutro EN ACSR Desnudo	MTL	8000	6,535.00	52,279,984.00
43530	Suministro transporte e instalación de cable trenzado Duplex 600v. 4+4 Neutro EN ACSR Desnudo	MTL	1000	3,044.00	3,043,998.40
43532	Suministro transporte e instalación de cable trenzado Triplex 600v. 2x2+2 Neutro EN ACSR Desnudo	MTL	200	7,514.00	1,502,799.84
43538	Suministro transporte e instalación de cable trenzado Duplex 600v. 1/0+1/0 Neutro EN ACSR Desnudo	MTL	200	5,567.80	1,113,559.99
TOTAL ACTIVIDADES EN BAJA TENSION					114,383,912.01
INSTALACIONES INTERNAS					
42800	Suministro, transporte e instalación de un contador de medida directa monfasico bifilar de 15 (60) Amp.	UND	3	104,959.00	314,877.01
42806	Suministro, transporte e instalación de materiales para salida a 110V para tomacorriente.	UND	50	27,682.00	1,384,099.84
42807	Suministro, transporte e instalación de materiales para salida a 110V para luz con interruptor.	UND	100	27,552.00	2,755,199.76
43268	Suministro, transporte e instalación de un contador de medida directa bifasico trifilar de 15 (60) Amp.	UND	22	265,316.00	5,836,951.89
43273	Suministro, transporte e instalación de accesorios para acometida monofasica en cable concentrico cobre aislado 3x8 AWG	UND	22	324,031.00	7,128,682.09
43342	Suministro, transporte e instalación de cruce de acometida aerea para contador de medida directa bifasico trifilar en cable concentrico 2*8+8 AWG	UND	22	137,808.00	3,031,776.11
43346	Suministro, transporte e instalación de de cableado concentrico 1*8+8 AWG para acometida monofasica bifilar	UND	3	119,494.00	358,482.00
TOTAL ACTIVIDADES EN INSTALACIONES INTERNAS					20,810,068.70

SUBESTACIONES					
43048	Suministro transporte e instalación de sistema de contrapeso para mejoramiento de resistividad de puestas a tierra para transformadores de distribución (En cable Cu)	UND	8	169,501.00	1,356,007.99
43524	Suministro transporte e instalación de transformador autoprotegido monofasico de 5 KVA 13.2 KV, 150 Kv BIL 13200/240/120	UND	7	2,423,067.00	16,961,469.02
43525	Suministro transporte e instalación de transformador autoprotegido monofasico de 10 KVA 13.2 KV, 150 Kv BIL 13200/240/121	UND	1	2,898,667.00	2,898,667.00
43528	Suministro transporte e instalación de herrajes y protecciones para transformadores monofasicos AUTOPROTEGIDOS HASTA 13.2 KV	UND	8	851,060.00	6,808,479.96
43544	Suministro transporte e instalación de Macromedida Baja Tension para transformador monofasico con medidor Electromecanico	UND	8	695,615.00	5,564,920.00
TOTAL ACTIVIDADES EN SUBESTACIONES					33,589,543.97
TOTAL COSTO DIRECTO					260,461,925.84
TOTAL COSTO INDIRECTO					52,092,385.17
COSTO TOTAL DEL PRESUPUESTO					312,554,311.01
				VALOR TOTAL	312,554,311.01

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
CANTIDADES DE OBRA Y PRECIOS UNITARIOS
CONSTRUCCION REDES DE MEDIA Y BAJA TENSION, INSTALACIONES INTERNAS Y MONTAJE DE TRANSFORMADORES PARA LA ELECRIFICACION RURAL DE LAS VEREDA TOGUI EN EL MUNICIPIO DEL PEÑON.

CODIGO	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	VR UNITARIO	SUB TOTAL
1	ALTA TENSION				
36	Replanteo de linea M.T. Hasta 34.5 KV.	MTL	6446	206.00	1,327,863.11
10225	Suministro transporte e instalacion de herrajes en poste o torrecilla para dos hilos estructura de paso con angulo tipo 512 hasta 13.2 kv	UND	1	322,107.00	322,107.00
10219	Suministro transporte e instalacion de herrajes en poste o torrecilla para dos hilos estructura retencion terminal tipo 510 hasta 13,2 Kv.	UND	2	174,868.00	349,735.99
10231	Suministro transporte e instalacion de herrajes en poste o torrecilla estructura de paso disposicion horizpntal dos hilos tipo PH - 202 . Alta tension hasta 13,2 KV	UND	2	370,450.00	740,900.01
10237	Suministro transporte e instalacion de herrajes en poste o torrecilla para estructura retencion doble tipo 515 hasta 13,2 KV	UND	1	578,778.00	578,778.00
10681	Suministro transporte e instalacion de herrajes y elementos para templete directo a tierra. Alta tension hasta 13,2 KV (ref. estructura 1)	UND	127	89,340.00	11,346,180.25
10699	Suministro transporte e instalacion de herrajes y elementos para bajante a tierra. Alta tension trifasica	UND	13	302,673.00	3,934,748.98
10750	Suministro, transporte e instalacion de un conductor ACSR No. 2 AWG para Alta Tension	MTL	15000	2,372.00	35,579,988.00
20306	Preparacion concreto 2.500 psi.	MT3	48	282,150.00	13,543,199.97
40596	Suministro transporte e instalacion de herrajes en poste o torrecilla para un hilo estructura retencion terminal tipo 507 hasta 13,2 KV	UND	13	72,731.00	945,503.04
40602	Suministro transporte e instalacion de herrajes en poste o torrecilla para un hilo estructura retencion terminal tipo 505 hasta 13,2 KV	UND	2	130,016.00	260,031.99
40608	Suministro transporte e instalacion de herrajes en poste o torrecilla para un hilo estructura retencion terminal tipo 506 hasta 13,2 KV	UND	32	226,061.00	7,233,952.15
41701	Suministro e instalacion de una caja cortacircuito de 15 KV 100 Amp. 110 KV-BIL	UND	10	166,858.00	1,668,579.95
41704	Suministro e instalacion de un pararrayo de 10 o 12 KV. 10 Ka.	UND	6	173,421.00	1,040,526.02
43390	Suministro transporte e instalacion de Torrecilla metalica cuadrada 12 m. totalmente galvanizada en caliente con antiescalatorio	UND	48	1,494,235.99	71,723,327.52
999991	Suministro e instalacion de una valla publicitaria para obras de electrificacion rural.	UND	1	620,000.00	620,000.00
42446	Suministro transporte e instalacion de amortiguador tipo stockbridge para cable 2.	UND	8	24,813.00	198,504.00
TOTAL ACTIVIDADES EN ALTA TENSION					151,413,925.98

BAJA TENSION					
39	Replanteo en red de Baja Tensión	MTL	3882	181.00	702,628.41
43533	Suministro transporte e instalacion de cable trenzado duplex 600 v 2+2 neutro ACSR.	ml	200	3,953.00	790,599.02
10687	Suministro transporte e instalación de herrajes y elementos para templete directo a tierra. Baja tensión (Ref. estructura 2)	UND	29	66,140.00	1,918,059.86
10693	Suministro transporte e instalación de herrajes y elementos para bajante a tierra. Baja tensión	UND	22	129,775.99	2,855,071.72
20306	Preparacion concreto 2.500 psi.	MT3	30	282,150.00	8,464,499.99
43365	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste para cable preensamblado estructura tipo N-55	UND	10	46,031.00	460,310.00
43370	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste para cable preensamblado estructura tipo NG2B	UND	8	75,355.00	602,840.00
43386	Suministro transporte e instalación estructura de retencion final del circulo (L.A. 321 tipo N51) sin collarin	UND	48	52,996.00	2,543,807.92
43391	Suministro transporte e instalación de Torrecilla metalica cuadrada 8 m. totalmente galvanizada en caliente con antiescalatorio	UND	30	1,031,886.00	30,956,580.11
43529	Suministro transporte e instalación de cable trenzado Triplex 600v. 2x4+4 Neutro EN ACSR Desnudo	MTL	4000	6,535.00	26,139,992.00
43530	Suministro transporte e instalación de cable trenzado Duplex 600v. 4+4 Neutro EN ACSR Desnudo	MTL	1500	3,044.00	4,565,997.60
43532	Suministro transporte e instalación de cable trenzado Triplex 600v. 2x2+2 Neutro EN ACSR Desnudo	MTL	200	7,514.00	1,502,799.84
43538	Suministro transporte e instalación de cable trenzado Duplex 600v. 1/0+1/0 Neutro EN ACSR Desnudo	MTL	100	5,567.80	556,779.99
TOTAL ACTIVIDADES EN BAJA TENSION					82,059,966.48
INSTALACIONES INTERNAS					
42800	Suministro, transporte e instalación de un contador de medida directa monfasico bifilar de 15 (60) Amp.	UND	10	104,959.00	1,049,590.04
42806	Suministro, transporte e instalación de materiales para salida a 110V para tomacorriente.	UND	44	27,682.00	1,218,007.86
42807	Suministro, transporte e instalación de materiales para salida a 110V para luz con interruptor.	UND	88	27,552.00	2,424,575.79
43268	Suministro, transporte e instalación de un contador de medida directa bifasico trifilar de 15 (60) Amp.	UND	12	265,316.00	3,183,791.94
43273	Suministro, transporte e instalación de accesorios para acometida monofasica en cable concentrico cobre aislado 3x8 AWG	UND	12	324,031.00	3,888,372.05
43342	Suministro, transporte e instalación de cruce de acometida aerea para contador de medida directa bifasico trifilar en cable concentrico 2*8+8 AWG	UND	12	137,808.00	1,653,696.06
43346	Suministro, transporte e instalación de de cableado concentrico 1*8+8 AWG para acometida monofasica bifilar	UND	10	119,494.00	1,194,939.99
TOTAL ACTIVIDADES EN INSTALACIONES INTERNAS					14,612,973.73

SUBESTACIONES					
43048	Suministro transporte e instalación de sistema de contrapeso para mejoramiento de resistividad de puestas a tierra para transformadores de distribución (En cable Cu)	UND	8	169,501.00	1,356,007.99
43524	Suministro transporte e instalación de transformador autoprotegido monofasico de 5 KVA 13.2 KV, 150 Kv BIL 13200/240/120	UND	6	2,423,067.00	14,538,402.02
43525	Suministro transporte e instalación de transformador autoprotegido monofasico de 10 KVA 13.2 KV, 150 Kv BIL 13200/240/121	UND	2	2,898,667.00	5,797,333.99
43528	Suministro transporte e instalación de herrajes y protecciones para transformadores monofasicos AUTOPROTEGIDOS HASTA 13.2 KV	UND	8	851,060.00	6,808,479.96
43544	Suministro transporte e instalación de Macromedida Baja Tension para transformador monofasico con medidor Electromecanico	UND	8	695,615.00	5,564,920.00
TOTAL ACTIVIDADES EN SUBESTACIONES					34,065,143.96
TOTAL COSTO DIRECTO					282,152,010.15
TOTAL COSTO INDIRECTO					20% 56,430,402.03
COSTO TOTAL DEL PRESUPUESTO					VALOR TOTAL 338,582,412.17

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

OBRA : CONSTRUCCION REDES DE MEDIA Y BAJA TENSION, INSTALACIONES INTERNAS Y MONTAJE DE TRANSFORMADORES PARA LA ELECRIFICACION RURAL DE LA VEDERA AGUALINDA DEL MUNICIPIO DE BOLIVAR.

FECHA : Octubre de 2010.

ITEM :	36	Replanteo de linea M.T. Hasta 34.5 KV.	UNIDAD :	MTL
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Estacion topografia		50,000	0.002	100.00
Campero		80,000	0.0004	30.00
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				130.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
SUB-TOTAL				-
DESPERDICIO		5%		-
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Topografo		75,600	0.0007	55.00
Cadenero		37,800	0.0006	21.00
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				76.00
TOTAL COSTO DIRECTO				206.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER					
ITEM :	10231	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste o torrecilla para dos hilos estructura retención terminal tipo 510 hasta 13,2 Kv.		UNIDAD :	UND
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Equipo menor		3,000	1.000	3,000.00	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	
				3,000.00	
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
Arandela cuadrada 5/8"	UN	1,200	8	9,600.00	
Arandela redonda 5/8"	UN	290	6	1,740.00	
Aislador tipo suspensión	UN	28,000	2	56,000.00	
Cruzeta metalica de 2 m 3	UN	150,000	1	150,000.00	
Espigo pin cruceta	UN	4,500	2	9,000.00	
Perno de Máquina 5/8" x1	UN	3,000	2	6,000.00	
diagonal recta metalica de	UN	12,500	4	50,000.00	
Esparragos de 5/8""X10""	UN	5,500	3	16,500.00	
				SUB-TOTAL	
DESPERDICIO				298,840.00	
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Electricista		72,000	0.670	48,240.00	
Ayudante		31,000	0.657	20,370.00	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	
				68,610.00	
4				TOTAL COSTO DIRECTO	
				370,450.00	

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM : 10699		Suministro transporte e instalación de herrajes y elementos para bajante a tierra. Alta tensión trifásica	UNIDAD : UND	
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Equipo menor		3,000	4.833	14,500.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				14,500.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
Varilla Copper Weld 5/8" x	UN	38,000	1	38,000.00
Alambre desnudo # 4 AWG	MI	8,000	12.00	96,000.00
Cinta band-dit 5/8"	ml	4,000	6.00	24,000.00
Hebilla para cinta Bandit	UN	800	6.00	4,800.00
Tubo Conduit 1/2" L=3 mt	UN	18,000	1.00	18,000.00
Conector killer No 2	UN	7,600	2.00	15,200.00
Conector aluminio - Al. No	UN	1,770	2.00	3,540.00
-		-		-
SUB -TOTAL				8,400.00
DESPERDICIO				207,940.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Electricista		72,000	0.739	53,233.00
Liniero		64,800	0.417	27,000.00
-		-		-
-		-		-
SUB -TOTAL				80,233.00
8 TOTAL COSTO DIRECTO				302,673.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	10750	Suministro, transporte e instalación de un conductor ACSR No. 2 AWG para Alta Tensión	UNIDAD :	MTL	
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Equipo menor		3,000	0.024	72.00	
-		-		-	
-		-		-	SUB-TOTAL
-		-		-	72.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
Conductor ACSR Nº 2	ML	1,900	1	1,900.00	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	SUB -TOTAL
DESPERDICIO		5%		94.00	1,994.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Electricista		72,000	0.0029	206.00	
Ayudante		31,000	0.0032	100.00	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB -TOTAL	306.00
9 TOTAL COSTO DIRECTO					2,372.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	40596	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste o torrecilla para un hilo estructura retención terminal tipo 507 hasta 13,2 KV	UNIDAD :	UND
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Equipo menor		3,000	0.448	1,344.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				1,344.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
Esparragos 5/8" x 12"	UN	4,000	1	4,000.00
Tuerca de ojo 5/8"	UN	5,000	1	5,000.00
Grapa de retención para d	UN	7,800	2	15,600.00
Accesorios	UN	10,000	3	30,000.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB -TOTAL				901.00
DESPERDICIO				901.00
				55,501.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Electricista		72,000	0.1600	11,520.00
Ayudante		31,000	0.1408	4,366.00
-		-		-
-		-		-
SUB -TOTAL				15,886.00
11 TOTAL COSTO DIRECTO				72,731.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	40602	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste o torrecilla para un hilo estructura retención terminal tipo 505 hasta 13,2 KV	UNIDAD :	UND	
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Equipo menor		3,000	0.333	1,000.00	
-		-		-	
-		-		-	SUB-TOTAL
-		-		-	1,000.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
Esparragos 5/8" x 12"	UN	4,000	1	4,000.00	
Tuerca de ojo 5/8"	UN	5,000	1	5,000.00	
Grapa de retención para d	UN	7,800	1	7,800.00	
Aislador AXXUS	UN	75,000	1	75,000.00	
Accesorios	UN	10,000	2.00	20,000.00	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	SUB -TOTAL
DESPERDICIO				901.00	112,701.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Electricista		72,000	0.1600	11,520.00	
Ayudante		31,000	0.1547	4,795.00	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	16,315.00
12	TOTAL COSTO DIRECTO				130,016.00

ELECTRIFICADORA DE SANTANDER SA ESP ESSA

ITEM :	40608	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste o torrecilla para un hilo estructura retención terminal tipo 506 hasta 13,2 KV	UNIDAD :	UND
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Equipo menor		3,000	1.099	3,296.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				3,296.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
Esparragos 5/8" x 12"	UN	4,000	1	4,000.00
Tuerca de ojo 5/8"	UN	5,000	1	5,000.00
Grapa de retención para d	UN	7,800	1	7,800.00
Aislador AXXUS	UN	75,000	2	150,000.00
Espigo punta de poste	UN	6,250	1.00	6,250.00
Aislador tipo pin 13.2 kv	UN	28,000	1.00	28,000.00
Accesorios	UN	10,000	0.50	5,000.00
-	-	-		-
SUB -TOTAL				206,050.00
DESPERDICIO		0%		-
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Electricista		72,000	0.1600	11,520.00
Ayudante		31,000	0.1676	5,195.00
-		-		-
-		-		-
SUB -TOTAL				16,715.00
13	TOTAL COSTO DIRECTO			226,061.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	41701	Suministro e instalación de una caja cortacircuito de 15 KV 100 Amp. 110 KV-BIL	UNIDAD :	UND	
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Equipo menor		3,000	0.169	507.00	
-		-		-	
-		-		-	SUB-TOTAL
-		-		-	507.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
Cortacircuitos 15 KV -100	UN	140,000	1	140,000.00	
Fusible tipo H- 1 Amp.	UN	4,000	1	4,000.00	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	SUB-TOTAL
DESPERDICIO				7,100.00	151,100.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Electricista		72,000	0.0980	7,056.00	
Ayudante		31,000	0.2644	8,195.00	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	15,251.00
14 TOTAL COSTO DIRECTO					166,858.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM : 41704		Suministro e instalación de un pararrayo de 10 o 12 KV. 10 Ka.		UNIDAD : UND	
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Equipo menor		3,000	0.333	1,000.00	
-		-		-	
-		-		-	SUB-TOTAL
-		-		-	1,000.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
Pararrayos de 10kv 100 k	UN	160,000	1	160,000.00	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	SUB -TOTAL
DESPERDICIO	0%			-	160,000.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Electricista		72,000	0.1146	8,250.79	
Ayudante		31,000	0.1345	4,170.21	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	12,421.00
15	TOTAL COSTO DIRECTO				173,421.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	43390	Suministro transporte e instalación de Torrecilla metálica cuadrada 12 m. totalmente galvanizada en caliente con antiescalatorio	UNIDAD :	UND
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Equipo menor		3,000	6.273	18,818.00
Grua		120,000	0.333	40,000.00
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				58,818.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
Torrecilla 12 m.	UN	1,300,000	1	1,300,000.00
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
SUB-TOTAL				1,300,000.00
DESPERDICIO				-
				1,300,000.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Oficial		54,000	1.515	81,810.00
Ayudante		31,000	1.729	53,607.99
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				135,417.99
16 TOTAL COSTO DIRECTO				1,494,235.99

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	999991	Suministro e instalación de una valla publicitaria para obras de electrificación rural.	UNIDAD :	UND	
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Equipo menor		3,000	3.333	10,000.00	
-		-		-	
-		-		-	SUB-TOTAL
-		-		-	10,000.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
Valla	UN	570,000	1	570,000.00	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	SUB-TOTAL
DESPERDICIO					570,000.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Oficial		54,000	0.370	20,000.00	
Ayudante		31,000	0.6452	20,000.00	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	40,000.00
17 TOTAL COSTO DIRECTO					620,000.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER						
ITEM : 42446		Suministro transporte e instalacion de amortiguador tipo stockbridge para cable 2.		UNIDAD : UND		
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	SUB-TOTAL	
-		-		-		
-		-		-		
-		-		-		
-		-		-		
MATERIALES		UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	SUB-TOTAL
Amortiguador stock bridge	UN	17,163	1	17,163.00		
-	-	-		-		
-	-	-		-		
-	-	-		-		
-	-	-		-		
-	-	-		-		
-	-	-		-		
-	-	-		-		
DESPERDICIO					17,163.00	
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	SUB-TOTAL	
Oficial		54,000	0.090	4,860.00		
Ayudante		31,000	0.0900	2,790.00		
-		-		-		
-		-		-		
				SUB-TOTAL		7,650.00
19		TOTAL COSTO DIRECTO			24,813.00	

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM : 39		Replanteo en red de Baja Tensión		UNIDAD : MTL
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Estacion topografia		50,000	0.002	80.00
Campero		80,000	0.0006	50.00
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				130.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
SUB-TOTAL				-
DESPERDICIO	5%			-
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Topografo		75,600	0.0004	28.60
Cadenero		37,800	0.0006	22.40
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				51.00
20		TOTAL COSTO DIRECTO		181.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	43533	Suministro transporte e instalacion de cable trenzado duplex 600 v 2+2 neutro ACSR.	UNIDAD :	ml
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Equipo menor		3,000	0.050	150.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				150.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
Cable duplex trenzado 2+	ml	3,000	1	3,000.00
				-
				-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
SUB -TOTAL				3,000.00
DESPERDICIO		5%		3,000.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Electricista		72,000	0.011	803.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB -TOTAL				803.00
24		TOTAL COSTO DIRECTO		3,953.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM : 10687		Suministro transporte e instalación de herrajes y elementos para templete directo a tierra. Baja tensión (Ref. estructura 2)	UNIDAD : UND		
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Equipo menor		3,000	0.333	1,000.00	
-		-		-	
-		-		-	SUB-TOTAL
-		-		-	1,000.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
Varilla 5/8" x 1.50 Galvani	UN	12,000	1	12,000.00	
Vigueta de anclaje	UN	12,000	1	12,000.00	
Tensor 1/4" Galvanizado	ML	1,350	12	16,200.00	
Arandela cuadrada 5/8"	UN	1,200	4	4,800.00	
Guardacabos	UN	1,500	4	6,000.00	
Grapa prensa hilo 3 tornillos	UN	5,200	1	5,200.00	
-		-		-	
-		-		-	SUB -TOTAL
DESPERDICIO					56,200.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Electricista		72,000	0.080	5,769.00	
Ayudante		31,000	0.102	3,171.00	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB -TOTAL	8,940.00
25		TOTAL COSTO DIRECTO			66,140.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER					
ITEM :	10693	Suministro transporte e instalación de herrajes y elementos para bajante a tierra. Baja tensión		UNIDAD :	UND
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Equipo menor		3,000	0.333	1,000.00	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	
				1,000.00	
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
Varilla Copper Weld 5/8" x	UN	38,000	1	38,000.00	
Tubo Conduit 1/2" L=3 mt	UN	18,000	1	18,000.00	
Cable de Cu desnudo # 4	M	4,500	10	45,000.00	
Cinta band-dit 5/8"	ml	4,000	2	8,000.00	
Hebilla para cinta Bandit	UN	800	4	3,200.00	
Conector bimetálico Nº 2	UN	2,000	1	2,000.00	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
				SUB -TOTAL	
DESPERDICIO				114,200.00	
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Electricista		72,000	0.133	9,603.30	
Liniero		64,800	0.077	4,972.69	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	
				14,575.99	
26 TOTAL COSTO DIRECTO					129,775.99

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	20306	Preparacion concreto 2.500 psi.	UNIDAD :	MT3
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Equipo menor		3,000	4.000	12,000.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				12,000.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
Arena lavada	M3	40,000	4/5	32,000.00
Triturado	M3	52,000	3/4	39,000.00
Cemento	Kg	400	350	140,000.00
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
SUB -TOTAL				10,662.00
DESPERDICIO				221,662.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Oficial		54,000	0.5700	30,780.00
Ayudante		31,000	0.5712	17,708.00
-		-		-
-		-		-
SUB -TOTAL				48,488.00
27 TOTAL COSTO DIRECTO				282,150.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	43365	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste para cable preensamblado estructura tipo N-55	UNIDAD :	UND
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Equipo menor		3,000	0.144	431.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				431.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
Grapa suspensión en línea	UN	20,000	1	20,000.00
Perno de ojo 5/8"x10"	UN	6,200	1	6,200.00
Arandela plana	UN	200	2	400.00
Accesorios	UN	10,000	1	10,000.00
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
SUB-TOTAL				36,600.00
DESPERDICIO				36,600.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Electricista		72,000	0.125	9,000.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				9,000.00
28		TOTAL COSTO DIRECTO		46,031.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER					
ITEM :	43370	Suministro transporte e instalación de herrajes en poste para cable preensamblado estructura tipo NG2B		UNIDAD :	UND
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Equipo menor		3,000	0.912	2,735.00	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	
				2,735.00	
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
Collarin de 1 salida 6-8 "	UN	7,900	1	7,900.00	
Perno de ojo 5/8"x4"	UN	3,200	1	3,200.00	
Grapa ret. Trenzado	UN	15,000	2	30,000.00	
Accesorios	UN	10,000	2	20,000.00	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
				SUB -TOTAL	
DESPERDICIO				61,100.00	
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Electricista		72,000	0.160	11,520.00	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB -TOTAL	
				11,520.00	
29		TOTAL COSTO DIRECTO			75,355.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	43386	Suministro transporte e instalación estructura de retención final del círculo (L.A. 321 tipo N51) sin collarin	UNIDAD :	UND	
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Equipo menor		3,000	0.726	2,179.00	
-		-		-	SUB-TOTAL
-		-		-	2,179.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
Perno de ojo 5/8"x4"	UN	3,200	1	3,200.00	
Grapa suspensión en línea	UN	20,000	1	20,000.00	
Accesorios	UN	10,000	1.6	16,000.00	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	SUB -TOTAL
DESPERDICIO					39,200.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Electricista		72,000	0.161	11,617.00	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB -TOTAL	11,617.00
30 TOTAL COSTO DIRECTO					52,996.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	43391	Suministro transporte e instalación de Torrecilla metálica cuadrada 8 m. totalmente galvanizada en caliente con antiescalatorio	UNIDAD :	UND
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Equipo menor		3,000	4.000	12,000.00
Grua		120,000	0.250	30,000.00
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				42,000.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
Torrecilla 8 m.	UN	901,175	1.00	901,175.00
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
SUB-TOTAL				901,175.00
DESPERDICIO		0%		-
				901,175.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Oficial		54,000	1.180	63,711.00
Ayudante		31,000	0.806	25,000.00
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				88,711.00
31 TOTAL COSTO DIRECTO				1,031,886.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	43529	Suministro transporte e instalación de cable trenzado Triplex 600v. 2x4+4 Neutro EN ACSR Desnudo	UNIDAD :	MTL
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Herramienta menor		5,000	0.020	100.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				100.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
Cable trenzado Triplex 600v. 2x	ML	5,800	1	5,800.00
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
SUB -TOTAL				6,090.00
DESPERDICIO		5%		290.00
6,090.00				6,090.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Electricista		72,000	0.003	245.00
Ayudante		31,000	0.003	100.00
-		-		-
-		-		-
SUB -TOTAL				345.00
				345.00
32 TOTAL COSTO DIRECTO				6,535.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	43530	Suministro transporte e instalación de cable trenzado Duplex 600v. 4+4 Neutro EN ACSR Desnudo	UNIDAD :	MTL
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Herramienta menor		5,000	0.019	96.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				96.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
Cable Duplex 600v. 4+4 Neutro	ML	2,500	1	2,500.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
-		-		-
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB -TOTAL				2,625.00
DESPERDICIO		5%		125.00
				2,625.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Electricista		72,000	0.003	223.00
Ayudante		31,000	0.003	100.00
-		-		-
-		-		-
SUB -TOTAL				323.00
				323.00
33 TOTAL COSTO DIRECTO				3,044.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
ITEM :	43532	Suministro transporte e instalación de cable trenzado Triplex 600v. 2x2+2 Neutro EN ACSR Desnudo		UNIDAD : MTL
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Herramienta menor		5,000	0.032	161.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				161.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
Cable Triplex 600v. 2x2+2 Neut	ML	6,600	1	6,600.00
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
SUB -TOTAL				6,930.00
DESPERDICIO		5%		330.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Electricista		72,000	0.004	323.00
Ayudante		31,000	0.003	100.00
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				423.00
34 TOTAL COSTO DIRECTO				7,514.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM : 43538		Suministro transporte e instalación de cable trenzado Duplex 600v. 1/0+1/0 Neutro EN ACSR Desnudo	UNIDAD : MTL		
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Herramienta menor		5,000	0.009	45.00	
-		-		-	
-		-		-	SUB-TOTAL
-		-		-	45.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
Cable Duplex 600v. 1/0+1/0 Neu	ML	5,000	1	5,000.00	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	SUB -TOTAL
DESPERDICIO 5%				250.00	5,250.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Electricista		72,000	0.002	172.80	
Ayudante		31,000	0.003	100.00	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	272.80
35 TOTAL COSTO DIRECTO					5,567.80

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	42800	Suministro, transporte e instalación de un contador de medida directa monfasico bifilar de 15 (60) Amp.	UNIDAD :	UND	
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Equipo menor		3,000	0.333	1,000.00	
-		-		-	
-		-		-	SUB-TOTAL
-		-		-	1,000.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
Contador Monofásico Bifil	UN	80,000	1	80,000.00	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	SUB -TOTAL
DESPERDICIO				11,000.00	91,000.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Electricista		72,000	0.116	8,339.00	
Ayudante		31,000	0.149	4,620.00	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	12,959.00
36 TOTAL COSTO DIRECTO					104,959.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	42806	Suministro, transporte e instalación de materiales para salida a 110V para tomacorriente.	UNIDAD :	UND
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Equipo menor		3,000	0.210	631.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				631.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
Caja cuadrada	UN	3,200	2	6,400.00
Alambre # 14 AWG TW	M	350	14	4,900.00
Alambre # 14 AWG desnudo	M	202	6	1,212.00
Accesorios	UN	10,000	0.27	2,700.00
Interruptor sencillo	UN	2,500	1	2,500.00
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
SUB -TOTAL				17,712.00
DESPERDICIO				17,712.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Electricista		72,000	0.130	9,339.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB -TOTAL				9,339.00
37 TOTAL COSTO DIRECTO				27,682.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER					
ITEM :	42807	Suministro, transporte e instalación de materiales para salida a 110V para luz con interruptor.		UNIDAD :	UND
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Equipo menor		3,000	0.210	631.00	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	
				631.00	
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
Caja cuadrada	UN	3,200	2	6,400.00	
Alambre # 14 AWG TW	M	350	14	4,900.00	
Alambre # 14 AWG desnudo	M	202	6	1,212.00	
Accesorios	UN	10,000	0.1	1,000.00	
Plafon ceramica	UN	1,220	1	1,220.00	
Interruptor sencillo	UN	2,500	1	2,500.00	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
				SUB-TOTAL	
DESPERDICIO				350.00	17,582.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Electricista		72,000	0.130	9,339.00	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	
				9,339.00	
38 TOTAL COSTO DIRECTO					27,552.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	43268	Suministro, transporte e instalación de un contador de medida directa bifásico trifilar de 15 (60) Amp.	UNIDAD :	UND	
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Herramienta menor		5,000	0.495	2,475.00	
-		-		-	
-		-		-	SUB-TOTAL
-		-		-	2,475.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
Alambre de Cu TW # 10	MI	900	6	5,400.00	
Alambre desnudo # 10 AWG	MI	400	6	2,400.00	
Alambre desnudo # 8 AWG	MI	1,180	2	2,360.00	
Contador Bifásico Trifilar	UN	220,000	1	220,000.00	
Accesorios	UN	10,000	0.9	9,000.00	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	SUB -TOTAL
DESPERDICIO					239,160.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Electricista		72,000	0.218	15,681.00	
Ayudante		31,000	0.258	8,000.00	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB -TOTAL	23,681.00
39 TOTAL COSTO DIRECTO					265,316.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER				
ITEM : 43273		Suministro, transporte e instalación de accesorios para acometida monofasica en cable concentrico cobre aislado 3x8 AWG		UNIDAD : UND
EQUIPO (DESCRIPCION)	TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Equipo menor	3,000	1.291	3,872.00	
-	-		-	
-	-		-	
-	-		-	
			SUB-TOTAL	
			3,872.00	
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
Cable concentrico3*8 + 8	ML	15,000	16	240,000.00
Accesorios	UN	10,000	3.0	30,000.00
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
				SUB -TOTAL
DESPERDICIO				4,500.00
				274,500.00
MANO DE OBRA	JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Electricista	72,000	0.426	30,659.00	
Ayudante	31,000	0.484	15,000.00	
-	-		-	
-	-		-	
			SUB-TOTAL	
			45,659.00	
40	TOTAL COSTO DIRECTO			324,031.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	43342	Suministro, transporte e instalación de cruce de acometida aerea para contador de medida directa bifasico trifilar en cable concentrico 2*8+8 AWG	UNIDAD :	UND
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Equipo menor		3,000	0.743	2,230.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				2,230.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
Cable concentrico 2*8 + 8	ML	10,000	8	80,000.00
Accesorios	UN	10,000	1.3	13,000.00
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
SUB -TOTAL				97,500.00
DESPERDICIO				4,500.00
				97,500.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Electricista		72,000	0.376	27,078.00
Ayudante		31,000	0.355	11,000.00
-		-		-
-		-		-
SUB -TOTAL				38,078.00
				38,078.00
41	TOTAL COSTO DIRECTO			137,808.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	43346	Suministro, transporte e instalación de de de cableado concentrico 1*8+8 AWG para acometida monofasica bifilar	UNIDAD :	UND	
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Equipo menor		3,000	1.108	3,324.00	
-		-		-	
-		-		-	SUB-TOTAL
-		-		-	3,324.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
Cable concentrico 1*8 + 8	ML	7,000	9	59,500.00	
Accesorios	UN	10,000	1.5	15,000.00	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	SUB-TOTAL
DESPERDICIO				4,500.00	79,000.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Electricista		72,000	0.377	27,170.00	
Ayudante		31,000	0.323	10,000.00	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	37,170.00
42 TOTAL COSTO DIRECTO					119,494.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM : 43048		Suministro transporte e instalación de sistema de contrapeso para mejoramiento de resistividad de puestas a tierra para transformadores de distribución (En cable Cu)	UNIDAD : UND	
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Equipo menor		3,000	0.916	2,748.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				2,748.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
Sistema de contrapeso	UN	150,000	1	150,000.00
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
-	-	-		-
SUB-TOTAL				150,000.00
DESPERDICIO				-
				150,000.00
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Electricista		72,000	0.163	11,753.00
Ayudante		31,000	0.161	5,000.00
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				16,753.00
43 TOTAL COSTO DIRECTO				169,501.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER					
ITEM :	43524	Suministro transporte e instalación de transformador autoprotegido monofasico de 5 KVA 13.2 KV, 150 Kv BIL 13200/240/120		UNIDAD :	UND
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Equipo menor		3,000	2.703	8,108.00	
Grua		120,000	0.333	40,000.00	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	
				48,108.00	
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
Transformador de 5 KVA. Auto	UN	2,100,000	1	2,100,000.00	
Accesorios	UN	10,000	10	100,000.00	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
				SUB-TOTAL	
DESPERDICIO				-	
				2,200,000.00	
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Electricista		72,000	2.000	144,000.00	
Ayudante		31,000	0.999	30,959.00	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	
				174,959.00	
44 TOTAL COSTO DIRECTO					2,423,067.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	43525	Suministro transporte e instalación de transformador autoprotegido monofasico de 10 KVA 13.2 KV, 150 Kv BIL 13200/240/121	UNIDAD :	UND
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
	Equipo menor	3,000	4.569	13,708.00
	Grua	120,000	0.500	60,000.00
	-	-		-
	-	-		-
SUB-TOTAL				73,708.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
	UN	2,554,000	1	2,554,000.00
	UN	10,000	10	100,000.00
	-	-		-
	-	-		-
	-	-		-
	-	-		-
	-	-		-
	-	-		-
SUB-TOTAL				2,654,000.00
DESPERDICIO				-
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
	Electricista	72,000	2.000	144,000.00
	Ayudante	31,000	0.870	26,959.00
	-	-		-
	-	-		-
SUB-TOTAL				170,959.00
45 TOTAL COSTO DIRECTO				2,898,667.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ITEM :	43528	Suministro transporte e instalación de herrajes y protecciones para transformadores monofasicos AUTOPROTEGIDOS HASTA 13.2 KV	UNIDAD :	UND
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Equipo menor		3,000	0.827	2,482.00
-		-		-
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				2,482.00
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
Pararrayos de 10kv 100 k Amp.	UN	160,000	2	320,000.00
Cortacircuitos 15 KV -100	UN	140,000	2	280,000.00
Cruceta metálica de Prote	UN	32,000	2	64,000.00
Cable de cobre No.2 desn	MI	4,650	10	46,500.00
Perno de Máquina 5/8" x 1	UN	2,500	4	10,000.00
Diagonal en Angulo 64 cm	UN	6,500	2	13,000.00
Tubo Conduit 1/2" L=3 mt	UN	18,000	1	18,000.00
Varilla Copper Weld 5/8" x	UN	38,000	1	38,000.00
SUB-TOTAL				789,500.00
DESPERDICIO				-
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
Electricista		72,000	0.610	43,920.00
Ayudante		31,000	0.489	15,158.00
-		-		-
-		-		-
SUB-TOTAL				59,078.00
46	TOTAL COSTO DIRECTO			851,060.00

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER					
ITEM :	43544	Suministro transporte e instalación de Macromedida Baja Tension para transformador monofasico con medidor Electromecanico		UNIDAD :	UND
EQUIPO (DESCRIPCION)		TARIFA	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Equipo menor		3,000	1.259	3,777.00	
-		-		-	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	
				3,777.00	
MATERIALES	UNIDAD	VALOR	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	
Medidor electromecanico	UN	600,000	1	600,000.00	
Accesorios	UN	10,000	5	50,000.00	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
-	-	-		-	
				SUB -TOTAL	
DESPERDICIO				-	
				650,000.00	
MANO DE OBRA		JORNAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO	
Electricista		72,000	0.387	27,838.00	
Ayudante		31,000	0.452	14,000.00	
-		-		-	
-		-		-	
				SUB-TOTAL	
				41,838.00	
47		TOTAL COSTO DIRECTO		695,615.00	

6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA CONTRATOS DE ELECTRIFICACIÓN.

6.1 ASPECTOS GENERALES

El presente capítulo describe algunas de las especificaciones técnicas para la construcción de la línea principal y/o ramales monofásicos y/o trifásicos a 13.2 KV, las redes de baja tensión monofásicas y/o trifásicas a 240/120 ó 220/127 voltios, el montaje de los transformadores monofásicos de 3, 5, 10, 15, 25 y/o 37.5 KVA y/o trifásicos de 15, 30 y/o 45 KVA con sus respectivas protecciones, las instalaciones internas incluyendo el suministro total de materiales, el contador y demás elementos.

Todas las obras por ejecutar deberán ser realizadas de acuerdo con la parte pertinente de las normas de Subtransmisión y Distribución de la ESSA y a las disposiciones y reglamentos vigentes en la misma. Las normas técnicas específicas contenidas en este capítulo son aclaraciones de estos conceptos, destinados a mejorar las relaciones entre el Interventor y el Contratista.

El Contratista deberá suministrar todos los materiales, equipos y herramientas y la mano de obra calificada y no calificada requerida, los transportes y en general la totalidad de los insumos para ejecutar el trabajo de acuerdo con lo dispuesto en los planos y las especificaciones, para que las obras sean recibidas a plena satisfacción por parte del Interventor y de la ESSA.

6.1.1. Actualización de la Información

La actualización de la información por parte del Contratista, comprende dos actividades importantes:

Con el contratante.

El Contratista deberá obtener toda la información que considere Necesaria para el adecuado desarrollo de la obra. Esta información deberá ser solicitada por escrito y será respondida en la misma forma por la Secretaria de Planeación Municipal, fundamentalmente se deben precisar los siguientes aspectos:

- Firma y legalización del Convenio
- Programa de ejecución de actividades
- Póliza única de cumplimiento
- Fecha y acta de inicio de obra
- Cuenta de cobro y pago del anticipo

Con la Interventoría

El Contratista antes de Iniciar los trabajos, deberá ser notificado sobre cual es la firma o ingeniero que ejercerá la Interventoría Técnica de su Convenio. Una vez cumplido este requisito, definirán:

- La firma del acta de inicio de obra, indicando en ella, la fecha real de Inicio y la fecha estimada para la terminación de los trabajos, de acuerdo al plazo de ejecución pactado en el Contrato.
- La revisión, actualización y aprobación del replanteo y del cronograma definitivo de ejecución de la obra.

El Contratista deberá verificar las condiciones que de una u otra forma puedan afectar el desarrollo del Convenio, entre otras: Vías, transportes, comunicaciones, combustibles, campamentos, bodegas y suministros locales, transportes, alojamientos y alimentación, personal a contratar en la zona de trabajo,

autoridades locales, servicios asistenciales y demás aspectos logísticos para la ejecución de las obras.

Es entendido que, una vez aprobado por la Interventoría el programa de trabajo y firmada el acta de inicio de obra, el Contratista empieza formalmente la ejecución de los trabajos. Para esta fecha el Contratista deberá tener prevista la disponibilidad de los materiales, equipos, herramientas y el personal necesarios puesto que, contractualmente, esa fecha es la que cuenta para contabilizar el tiempo de ejecución de las obras.

Es básico para la ejecución eficiente de las obras que el Contratista disponga de una adecuada administración de la misma, especialmente en cuanto hace a recursos humanos, administración de materiales y de equipos y el manejo óptimo de los recursos financieros.

6.1.2. De la protección del medio ambiente

La Corporación Autónoma Regional de Santander CAS y la Corporación de la Defensa de la Meseta de Bucaramanga CDMB han otorgado a la ESSA autorización para efectuar podas moderadas para el establecimiento o tendido de redes que suministran energía eléctrica a las viviendas campesinas.

Recomiendan estas Entidades que, para la tala de los árboles, la ESSA deberá obtener autorización del propietario del predio y/o de esas Entidades antes de efectuar la operación. El Interventor deberá notificar a la ESSA cualquier anomalía que pueda surgir en este proceso para establecer, en su debido tiempo, los correctivos que sean del caso.

El producto de las podas deberá ser entregado al propietario de cada predio para las necesidades domésticas de los mismos. Los residuos serán recogidos y

apilados ordenadamente sobre los bordes del eje de la línea para facilitar su descomposición. Así mismo se deberá evitar dejar ramas desgajadas descolgadas sobre los árboles para evitar accidentes.

6.2. SOBRE LOS MATERIALES Y EL PROCESO CONSTRUCTIVO

El Contratista, como se indicó anteriormente, suministrará todos los materiales necesarios para la ejecución de las obras. Estos materiales serán de primera calidad, homologados por la ESSA y adquiridos mediante factura. Los precios ofrecidos Incluyen el transporte desde Bucaramanga hasta y dentro de la zona de trabajo y se encuentran involucrados en el valor unitario total ofrecido. En consecuencia, el Contratista será absolutamente responsable por el daño o pérdida que ocurra en el material que suministre.

El Contratista debe llevar y mantener a disposición permanente del Interventor, un registro detallado sobre los siguientes aspectos del material que se le ha suministrado:

- Cantidad y características del material.
- Cantidad de materiales ya incorporados a la obra.
- Cantidades de materiales existentes en su almacén o bodega de obra.

El Contratista, de hecho, es el único responsable del correcto almacenamiento de los materiales. Bajo ninguna circunstancia, El MUNICIPIO se hace responsable por la pérdida de los materiales que puedan llegar a ocurrir.

Ningún material podrá ser instalado en la obra por parte del Contratista sin previa revisión y autorización del Interventor sobre la calidad del mismo. Así mismo,

antes de ser instalados los transformadores y los contadores de energía, el Contratista deberá someterlos a revisión.

A continuación se detallan algunas de las principales recomendaciones para desarrollar el proceso constructivo así como las especificaciones técnicas mínimas que deben cumplir los materiales básicos a instalar en las obras:

6.2.1. Sobre el replanteo de la topografía

El replanteo consiste en la materialización del diseño sobre el terreno e incluye las modificaciones obligadas en cuanto hace a ubicación de estructuras, centros de carga o variaciones en la ubicación de los clientes proyectados o nuevos clientes que requieren el servicio y que en algún momento pueden llegar a afectar el valor del convenio establecido. En esta actividad se debe tener especial cuidado para que las redes cumplan con las especificaciones y normas técnicas exigidas por la ESSA, en caso de existir variaciones con respecto al diseño inicial.

EL MUNICIPIO suministrará los planos de diseño del proyecto correspondiente para la localización en el terreno de las estructuras que, en el caso de presentar una alternativa diferente o requerir una cimentación especial, el Contratista deberá discutir con el Interventor para su respectiva aprobación e incorporación a los planos de replanteo.

El replanteo debe ser ejecutado para la totalidad de la obra. El Contratista, en el momento de presentar los planos de replanteo deberá entregar la lista de usuarios incluidos y el tipo de servicio solicitado.

Estos planos de replanteo y la información indicada anteriormente, serán revisados y confrontados con los planos de diseño inicial, conjuntamente entre el Contratista, el Interventor y la Secretaria de Planeación Municipal, como resultado

de este proceso se establecerá el Acta Interna de Aprobación de Replanteo para Construcción.

Cumplido este requisito, EL MUNICIPIO dará autorización para iniciar la construcción física de las obras. Bajo ninguna circunstancia se podrá iniciar la construcción sin el cumplimiento de este requisito. EL MUNICIPIO no reconocerá valor alguno por las actividades que se ejecuten sin el cumplimiento del trámite aquí enunciado o por las obras que sea necesario modificar.

Al terminar las obras, el Contratista deberá entregar los planos finales de construcción en donde se indique la disposición final de las redes, la ubicación, nombre y número del contador instalado a cada uno de los nuevos clientes conectados al sistema, los puntos de referencia (ríos, carreteras, bosques) y demás aspectos relacionados con la ubicación de la obra ejecutada.

Los planos deberán ser elaborados conforme a las instrucciones contempladas en las normas de la ESSA y el RETIE en cuanto a las escalas y los formatos. La lista definitiva de los clientes y el rótulo de identificación de los planos, se presenta como anexo a estos Términos de Referencia.

Las distancias, cantidad y calibre de conductores, cantidad de postes, estructuras, transformadores, clientes y demás detalles de construcción serán verificados por EL MUNICIPIO a través de la Interventoría Técnica respectiva en el momento de ejecutar el inventario final de obra.

El acta de liquidación final del Convenio no será tramitada hasta tanto se cumpla el requisito de la entrega formal de los planos de construcción definitivos y la lista de clientes correspondiente.

La Topografía será utilizada, entre otros, para definir sitios aptos para la ubicación de estructuras, facilidades de acceso, ubicación de zonas de cultivos primarios o de construcciones existentes, erosiones o fallas geológicas. Estos elementos son determinantes y ayudan a la selección óptima de la ruta de la línea principal y/o de los ramales proyectados.

El plano de planta se elabora en plancha normalizada 100 x 70 centímetros a escala 1:5000, acotando en ella los detalles importantes que se anotan más adelante. Esta actividad deberá ser ejecutada por un Topógrafo profesional.

Antes de iniciar el levantamiento, el Topógrafo debe cerciorarse que el tránsito este corregido, en especial el ángulo vertical. Durante el levantamiento se deben hacer chequeos esporádicos con el fin de detectar la exactitud de la medida.

En el levantamiento se deben detallar los cruces que se presenten con líneas eléctricas, indicando su nivel de tensión y tipo de apoyo, líneas telegráficas o telefónicas, carreteras, acueductos, oleoductos, bosques, pantanos y demás accidentes naturales significativos y cualquier otra situación que impida el paso de la línea.

Las estacas que se coloquen en el terreno como puntos de armada deberán clavarse a flor de tierra, pintadas en la parte superior. El Topógrafo transcribirá los datos de lectura obtenidos en una cartera de campo, según el modelo suministrado por EL MUNICIPIO. En el plano de planta, deberán indicarse con el número y el nombre cada uno de los clientes levantados manteniendo la misma nomenclatura de la lista de clientes suministrada por EL MUNICIPIO.

El Interventor, conjuntamente con el Contratista, deberá realizar una visita general a la zona de trabajo con el fin de determinar

- Puntos obligados en sitios intermedios de la línea
- Paso de la línea por zonas pobladas
- Puntos de arranque y terminación de la línea
- Cruces con líneas eléctricas existentes
- Zonas prohibidas por servidumbres, bosques, aeropuertos y otros

El Interventor deberá verificar que los detalles y puntos de la cartera coincidan con los datos de los planos. Concluida la topografía, el Contratista procederá a despejar, si es necesario, el área de la ruta de la línea replanteada. El ancho mínimo de la vía para la línea principal será de tres (3) metros a cada lado del eje principal. Si se requiere poda de árboles, estos deben cortarse dejando tacones de por lo menos 15 centímetros de longitud. Así mismo, deberá evacuar la maleza, arbustos y desperdicios resultantes de esta actividad.

6.2.2. Apoyos

La ubicación de los apoyos se hará conforme a los planos de replanteo aprobados por la Interventoría Técnica mediante el Acta respectiva y aplicará a las estructuras de distribución primaria y secundaria que se contemplan en las cantidades de obra y que corresponden al Sistema Integrado de Obras vigente en la ESSA.

6.2.2.1. Postes de concreto

Los postes de concreto a suministrar e instalar serán, básicamente, de 8 y/o 12 metros de longitud para utilización en baja y alta tensión respectivamente, pretensados y con la tensión de rotura indicada para cada caso específico. No se admiten postes fisurados con desportilladuras, flectados o con cualquier otro desperfecto. Deberán ser nuevos, de primera calidad y deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

• LONGITUD (METROS)	8	12
• CARGA DE ROTURA (KILOGRAMOS)	510	510
• CARGA DE TRABAJO (KILOGRAMOS)	204	204
• DIÁMETRO EXTERIOR CIMA MÍNIMO (CENTÍMETROS)	14	14
• DIÁMETRO INTERIOR CIMA MÍNIMO (CENTÍMETROS)	5	5
• DIÁMETRO EXTERIOR BASE MÍNIMO (CENTÍMETROS)	26	32
• DIÁMETRO INTERIOR BASE MÍNIMO (CENTÍMETROS)	14.6	19
• NÚMERO DE PERFORACIONES (UNIDADES)	8	8
• PESO MÍNIMO (KILOGRAMOS)	495	900
• LONGITUD DE EMPOTRAMIENTO MÍNIMO (METROS)	1.40	1.80

6.2.2.2. Torrecillas metálicas

Las torrecillas metálicas a suministrar e instalar serán, básicamente, de 8 y/o 12 metros para utilización en baja y alta tensión respectivamente. Se construirán en acero, tipo perfil estructural de 60.000 libras por pulgada cuadrada en tracción según la norma ICONTEC 422. Las dimensiones deben ser las del plano normalizado y su equivalente en milímetros.

No se admiten perfiles por debajo de los tamaños acotados, así:

- 1 " = 25.4 Milímetros
- 1/2" = 38.0 Milímetros
- 3/16" = 4.8 Milímetros.

En todos los casos se debe utilizar varilla corrugada de 3/8 ".

No se permite utilizar acero de segunda mano. El material debe ser nuevo y homogéneo. La soldadura (0.82) debe ser aplicada en toda el área de contacto de los perfiles entre si, sin poros y libres de escoria. Los cuerpos de las torrecillas deben poderse intercambiar sin dificultar el armado.

Se debe aplicar galvanizado en caliente a toda la estructura, sin que queden sitios sin galvanizado. Los tornillos deben ser galvanizados en caliente. Las perforaciones deben quedar libres de rebabas, no se permiten perforaciones con cortador, plasma o soplete. Una vez armada una torrecilla debe quedar su eje vertical totalmente recto.

6.2.2.3. Proceso constructivo

Para efectuar la instalación y el montaje de los apoyos, ya sean postes de concreto o torrecillas metálicas, es indispensable controlar la profundidad y diámetro de las excavaciones para los apoyos así como la calidad del terreno para definir el tipo de cimentación requerida tanto para las estructuras como para los anclajes. El transporte y montaje de postes y estructuras metálicas debe estar programado y coordinado para evitar obstrucciones de vías, daños a terceros, roturas y operaciones peligrosas para operados y/o transeúntes.

Con el objeto de nivelar esfuerzos se instalarán templetos directos a tierra en todas las estructuras terminales y en las estructuras de derivación para los vanos mayores de 100 metros o cuando los ángulos de desviación del circuito diseñado sean mayores de 30 grados.

Todas las estructuras deben armarse y montarse de acuerdo con los planos, una vez haya sido aceptado por la Interventoría el replanteo correspondiente. El montaje de las estructuras debe hacerse de tal manera que el eje vertical de la

misma no esté fuera de plomo más de tres (3) centímetros en dirección, longitud y transversal.

El Contratista debe instalar en los sitios indicados en los planos u ordenados por el Interventor, los herrajes correspondientes a las torrecillas debidamente pintados con anticorrosivo y aluminio.

Todos los accesorios tales como tuercas, contratueras arandelas y separadores deben instalarse en el orden y ubicación correctos. No se permitirá sustituir u omitir ninguno de estos elementos establecidos en las normas sin la aprobación escrita del Interventor.

Todos los herrajes que se encuentren ensamblados o montados en forma defectuosa deberán cambiarse para evitar cualquier daño futuro.

La revisión final de las estructuras se efectuará para comprobar su esbeltez, aplomada, instalación de templetes y anclajes, montaje correcto de los herrajes y alineamiento. De esta revisión depende que haya menos riesgos y daños cuando se ejecute la operación de tensionado de conductores y el montaje de los transformadores.

6.2.3. Conductores.

6.2.3.1. Cables de aluminio con núcleo de acero galvanizado – ACSR

Los conductores de aluminio con núcleo de acero galvanizado (ACSR) que serán utilizados en redes aéreas de distribución. Las normas aplicables en esta sección son las siguientes: ICONTEC 309 (Conductores de aluminio cableado concéntrico, reforzados con núcleo de acero recubierto para usos eléctricos)

Los conductores tipo ACSR cumplirán con las siguientes características técnicas generales:

NOMBRE CLAVE	SWAN	SPARROW
CALIBRE. AWG	4	2
SECCION. MILIMETROS CUADRADOS	24.663	39.247
DIAMETRO-MILIMETROS	6.354	8.016
ALAMBRES ALUMINIO/ACERO.	6/1	6/1
DIAMETRO DE LOS ALAMBRES. MILIMETROS		
Aluminio	2.118	2.672
Acero	2.118	2.672
PESO UNITARIO. KILOGRAMOS/KILOMETRO	85.41	13.85
RESISTENCIA. DC. MAXIMA, 20.C OHMIOS/KILOMETRO	1.3527	0.8499

6.2.3.2. Alambre de aluminio aislado

Los alambres de aluminio aislado que serán utilizados en acometidas aéreas residenciales de baja tensión desde la red hasta la conduleta de entrada del abonado respectivo. Los alambres de aluminio aislado deberán estar de acuerdo con los requerimientos de las siguientes normas ICONTEC: 360 (Alambres de aluminio 1350 H 19 de sección circular para usos eléctricos), 1743 (Alambrón de aluminio 1350 para usos eléctricos), (Alambres y cables aislados con termoplástico para transmisión y distribución de energía eléctrica), 1099 Plásticos compuestos no rígidos de polímeros y copolímeros de cloruro de vinilo para moldeo).

Los alambres de aluminio aislado cumplirán con las siguientes características generales:

• CALIBRE. AWG.	8
• SECCIÓN. MILÍMETROS	2. 8.367
• DIÁMETRO. MILÍMETROS.	3.264
• PESO ALUMINIO. KILOGRAMOS / KILOMETRO.	2262
• CARGA IDE ROTURA. KILOGRAMOS.	147.05
• RESISTENCIA DG MÁXIMA. 20 °C. OHMIOS / KILÓMETRO.	3.38
• ESPESOR DEL AISLAMIENTO. MILIMETROS.	1.52
• DIÁMETRO FINAL DEL CONDUCTOR. MILÍMETROS.	6.304
• PESO APROXIMADO TOTAL. KILOGRAMOS/ KILÓMETRO.	56

6.2.3.3. Alambre de cobre aislado

Los alambres de cobre aislado que serán utilizados en las instalaciones internas. Los alambres de cobre aislado deberán estar de acuerdo con los requerimientos de las normas ICONTEC: 359 (Alambres de cobre blando o recocido desnudo de sección circular para usos eléctricos), 1099 (Alambres y cables aislados con termoplástico para transmisión y distribución de energía eléctrica), 1818 (Alambre de cobre laminado para usos eléctricos), 2447 (Plásticos compuestos no rígidos de polímeros y copolímeros de cloruro de vinilo para moldeo).

Los alambres de cobre aislado cumplirán con las siguientes características generales:

• CALIBRE AWG	14	12	10
• CAPACIDAD DE CORRIENTE. AMPERIOS.	20	25	35

Los conductores terminados deben estar libres de asperezas e imperfecciones que no sean consistentes con la buena práctica comercial.

6.2.3.4. Cables de cobre semiduro desnudo

Los cables de cobre semiduro desnudo serán utilizados como bajantes para conexión a tierra de los transformadores de distribución secundaria hasta 600 V.A.C. máximo y deberán cumplir con las normas ICONTEC: 307 (Cables concéntricos de cobre duro, semiduro y blando para usos eléctricos), 1744 (Materiales conductores, alambres de cobre estirado en frío temple duro), y 1818 (Alambrón de cobre laminado en caliente para usos eléctricos).

Los conductores de cobre semiduro desnudo cumplirán con las siguientes características generales:

• CALIBRE, AWG	4	2
• SECCIÓN DEL CONDUCTOR, MILÍMETROS	2.	33.620
	2115	
• DIÁMETRO DEL CONDUCTOR, MILÍMETROS.	5.883	7.422
• ALAMBRES DE COBRE.	7	7
• DIÁMETRO ALAMBRES DE COBRE MILÍMETROS.	1.961	2.474
• PESO DEL CONDUCTOR, KILOGRAMOS.	192.0	305.0
• RESISTENCIA DC MÁXIMA, 20 °C, OHM/KM	0.532	0.523
• CARGA DE ROTURA MÍNIMA, KG	718.5	1.111

6.2.3.5. Cable de acero galvanizado extra-resistente

Los cables de acero galvanizado que serán utilizados como templetes y deberán estar de acuerdo con los requerimientos de la norma ICONTEC 2145 (Especificaciones para cables de acero galvanizado) Los cables de acero galvanizado cumplirán con las siguientes características generales:

• CALIBRE 635 MM	(1/4")
• NUMERO DEALAMBRES	7
• DIÁMETRO NOMINAL DEL ALAMBRE. MILIMETROS	2.03
• DIÁMETRO NOMINAL DEL CABLE, MIUMETROS	6.35
• PESO UNITARIO, KILOGRAMOS / KILOMTERO	180.0
• CLASE DE GALVANIZACION (1)	A
• PESO MINIMO DE RECUBRIMIENTO, G/M	183
• RESISTENCIA DE ROTURA MINIMA KN	29581.0
• GRADO	EXTRA ALTA

6.2.3.6. Proceso constructivo

Las distancias de seguridad deberán conservarse en conductores y/o entre estos y las estructuras y/o entre conductores y la distancia mínima de seguridad a tierra y/o entre conductores y líneas que se cruzan de otros sistemas o circuitos según las normas. Igual situación aplica al límite térmico y en ningún caso se podrán instalar alimentadores primarios que sobrepasen la capacidad ampérimétrica para los conductores.

Para todos los casos, en la derivación o punto de alimentación deberán instalar protecciones contra sobre tensión y sobre corriente mediante la utilización de cortacircuitos con I fusible y pararrayos. Para el caso de derivaciones de la tinca principal superiores a los 500 metros deberán instalarse en el punto de derivación cortacircuitos.

Para distancias de derivación superiores a 1.500 metros deberán instalarse protecciones completas, es decir, pararrayos y cortacircuitos.

Para los circuitos secundarios deberán tenerse en cuenta los siguientes parámetros:

- CIRCUITOS MONOFÁSICOS 240/120V
- CIRCUITOS TRIFÁSICOS 220/127V

La configuración básica de la red será radial, teniendo en cuenta que de un transformador no se deriven más de cuatro (04) circuitos independientes, monofásicos trifilares en el circuito principal y con ramales trifilares o monofásicos bifilares según el caso.

Los conductores secundados serán del tipo THW calibre mínimo número 4 AWG y máximo número 2 AWG. Todos los circuitos secundarios serán diseñados para un voltaje de 600 V .y con una distancia mínima entre conductores de 20 centímetros. La numeración de los circuitos deberá hacerse en sentido horario. Los nodos de carga se numeran consecutivamente saliendo del transformador en orden ascendente por el ramal más largo.

Para circuitos primarios y secundarios, el cálculo mecánico de los conductores debe tener en cuenta los parámetros indicados en las Normas de Subtransmisión y Distribución de la ESSA. En ningún caso, la tensión mecánica del conductor instalado puede sobrepasar el 50% de su carga de rotura. La tensión de trabajo del conductor, a temperatura promedio es del 25% de su carga de rotura.

De la misma forma, se deben considerar los efectos de la temperatura promedio a la cual se encuentra expuesta la línea, la limitación por vano crítico para el conductor, el factor de seguridad, la tensión de tendido y la separación entre conductores.

La disposición de los conductores será tipo cono, es decir el mayor conductor instalado ira al comienzo del circuito. Cuando los circuitos sean trifilares o

trifásicos los conductores de fase serán de un calibre mayor al conductor del neutro. Para los circuitos monofásicos se diseñará la fase y el neutro de igual calibre, conservando siempre la distribución cónica del circuito.

La operación de tendido y tensionado de conductores exige la vigilancia permanente de cada una de las operaciones a realizar desde el desenrollado de bobinas, la riega, el tendido y tensionado y el amarte a las redes a los aisladores.

Se deben seleccionar las bobinas a tender conforme al calibres y longitud establecida previamente, lo mismo que las herramientas y personal a utilizar en cada uno de los frentes de trabajo. Es de mucha utilidad el uso de radioteléfonos en desarrollo de esta actividad, pues siempre habrán tramos largos que tender y la presencia de obstáculos visuales permanentes o transitorios entorpecen la eficiente ejecución de los trabajos.

El Contratista debe transportar al sitio de la obra, desenrollar, ensamblar y colocar los conductores utilizando equipos de tendido que no vulneren las características recomendadas por el fabricante de los cables. Así mismo deberá demostrar que las fuerzas impuestas a los conductores en esta operación no exceden las cargas de diseño de la estructura.

El Contratista debe tender los cables utilizando métodos adecuados para evitar que éstos se arrastren sobre el terreno. Al desplazar los cables sobre rocas u otras superficies duras o de concreto, deben tomarse las precauciones necesarias para evitar que los alambres exteriores del cable resulten dañados. Se colocará una cantidad suficiente de pedazos de madera sobre la superficie dura del piso para proteger los cables.

No podrá usarse en la construcción cable que por cualquier circunstancia resulte dañado durante el proceso de distribución. Cualquier sección de cable o conductor

dañado debido a efecto de los medios y métodos de instalación y que no pueda ser reparada por medio de conectores deberá ser reemplazada por su cuenta.

Al tender los cables se debe tener cuidado de no producir retención en estructuras que no estén calculadas para tal efecto. Si es indispensable esta operación, esta debe anclarse con cables o estacas hincadas en el terreno. No se permite utilizar elementos estructurales aislados para servir de retención temporal.

Los conductores deben tensionarse de acuerdo con las tablas de tendido suministradas por el fabricante y aprobadas por el Interventor. El conductor debe ser elevado hasta lograr la flecha adecuada y debe ubicarse en los aisladores o en las grapas dentro de las treinta y seis (36) horas siguientes al tensionado. Inmediatamente después del montaje y fijación del conductor, la flecha no debe variar con relación a la especificada en más de un 3.0%.

La flecha de cualquier conductor individual no debe diferir en más de cinco (5) centímetros respecto de la flecha promedio de los conductores colocados en el mismo vano. El Contratista debe instalar los conectores para empalme de los conductores y para las retenciones siguiendo las instrucciones del fabricante y del Interventor.

EL MUNICIPIO reconocerá hasta un cinco por ciento (5.0 %) adicional de conductor en la línea de alta tensión sobre la medida horizontal obtenida del inventario por efectos de flecha, bucles, desperdicios y daños. Para las redes de baja tensión esta tolerancia será del tres (3.0 %) por ciento.

Todas aquellas estructuras que sobrepasen el diagrama de utilización se reforzarán por medio de templetas perpendiculares a la línea (vientos), así como todas las estructuras en ángulo y retención llevarán templetas. El montaje de los templetas se hará de acuerdo a las instrucciones de la Interventoría.

Para todas las circunstancias no enunciadas anteriormente, la construcción de las obras esta regida por las Normas de Subtransmisión y Distribución de la ESSA.

El nivel de tensión normalizado para circuitos primarios en electrificación rural es de 43.2 KV. La distribución primaria se hará en configuración radial vertebrada, con un alimentador principal trifásico o monofásico y ramales monofásicos o trifásicos según las cargas a conectar. El calibre mínimo para alimentadores primarios es número 2 AWS.

El nivel de aislamiento para líneas de 13.2 KV esta determinado por aisladores tipo pín para estructuras de alineamiento y aisladores tipo disco para estructuras de suspensión y retención, en un todo conforme a las normas de Subtransmisión y distribución de la ESSA.

Se deberán instalar chisperos, cada dos (02) estructuras. Construidos con cable de acero o cable de cofre desnudo y varilla de puesta a tierra. Antes y después del cada transformador se deberán instalar c Así mismo, todas las estructuras terminales de Baja Tensión deberán llevar puesta a tierra en cable de cobre aislado calibre 4 AWG y con resistencia de 20 ohmios.

6.2.4. Transformadores y protecciones.

Los transformadores de distribución para redes rurales urbanas se Instalaran en el sitio más cercano al centro de carga, teniendo en cuenta que ningún cliente en forma individual quede ubicado a más de 750 metros del transformador siempre y cuando se mantengan los limites de regulación.

Se normaliza a utilización de los siguientes transformadores para electrificación rural, urbanas:

	MONOFASICOS	TRIFASICOS
POTENCIA (KVA)	10,15, 25 Y 37,5	15,30 Y 45
FRECUENCIA (Hz)	60	60
TENSION NOMINAL PRIMARIO (V)	13200	13200
TENSION NOMINAL SECUNDARIO (V)	240-220	220-127
DERIVACIONES	+1 x 2,5%, -3 x 2,5%	+ 1 x 2,5%, -3 x 2,5%
LIQUIDO AISLANTE	ACEITE	ACEITE
GRUPODECONEXIÓN	LIO	D Y 5
NORMA DE PERDIDAS (ICONTEC)	818	819
BIL	150KV	150KV
AUTOPROTEGIDOS		

Los transformadores deberán estar homologados por el CIDET.

Antes de trasladar un transformador al sitio de montaje, se debe comprobar su estado general, remueva la suciedad y materiales extraños de los pasa tapas, de los terminales de A.T y BT. y de los conectores a tierra. Verifique que el conmutador quede bien enclavado en su posición correcta.

Revise el nivel de aceite, aislamiento, identidad de bornes y revise que el voltaje del transformador corresponda al voltaje del sistema al cual va a ser conectado. La válvula de sobre presión no debe ser accionada por ningún motivo, para evitar el ingreso de aire húmedo al transformador.

Una vez instalado el transformador, déjelo reposar como mínimo 4 horas antes de ser energizado; verifique los voltajes de salida antes de conectar la carga y compruebe que estén dentro de los rangos normales y que no existan mayores desbalances. La revisión del montaje, protecciones, estabilidad de la estructura,

redes y puentes en baja tensión, tensión en bornes evita sorpresas para el Contratista.

La máxima resistencia de una puesta a tierra será de 10 ohmios. En caso de que el terreno normalmente no permita la obtención de este valor o menores, el Contratista deberá mejorar la tierra artificialmente hasta encontrar la medida correcta.

6.2.5. Cajas Cortacircuitos

Esta especificación establece las características que deben reunir los cortacircuitos de distribución tipo expulsión para servicio intemperie con tensiones nominales de 13.2 KV, de un polo y corrientes nominal de 100 amperios. Los cortacircuitos serán de tipo abierto para ser instalados a la intemperie en montaje vertical para protección de transformadores de distribución y redes aéreas. La operación será por falla o manualmente mediante pértigas.

Los cortacircuitos deberán ser diseñados y fabricados de acuerdo con lo establecido en las Normas ICONTEC 2133 (Especificaciones para cortacircuitos de distribución y fusibles) y deben ser homologados por el CIDET.

Los requerimientos más importantes que deberán cumplir, como mínimo, los cortacircuitos son los siguientes:

TENSIÓN MÁXIMA (KV.)	15
CORRIENTE NOMINAL CONTINUA (A)	100
CORRIENTE NOMINAL DE INTERRUPCIÓN SIMÉTRICA (para tensión entre fases) KA	15
CORRIENTE NOMINAL DE INTERRUPCIÓN ASIMÉTRICA (para tensión entre fases) KA	20

NIVEL BÁSICO DE AISLAMIENTO (BIL) 1.2 j (KV. PICO)

a. Entre terminal y tierra	95
b. Entre terminal y terminal	95

Las dimensiones así como pruebas y características mecánicas y eléctricas del aislador deberán cumplir con la norma ICONTEC 1285(ANSI C29.1) y la ANSI C.29.9.

6.2.6. Pararrayos

Esta especificación establece las características que deben reunir los pararrayos de un sistema de distribución para servicio intemperie con tensión nominal de 13.2 Kv. En estrella con neutro sólidamente conectado a tierra. Los pararrayos de que trata esta especificación serán utilizados para la protección de transformadores, líneas, derivaciones de líneas y acometidas subterráneas en el nivel de tensión de 13.2 KV.

Los pararrayos serán del tipo de óxido de zinc sin “gaps”, para ser instalados a la intemperie sobre crucetas metálicas y postes de concreto. Los pararrayos tipo óxido de zinc sin “gaps” según el proyecto de norma IEC TC37 WG4, a menos que se indique alguna diferencia en cualquiera de las secciones de ésta especificación. De acuerdo con los diseños de los fabricantes pueden emplearse otras normas internacionalmente reconocidas equivalentes o superiores a las aquí señaladas, además deben ser homologados por el CIDET.

Las normas aplicables son las siguientes: ICONTEC 2166 (Descargadores de sobre tensión (Pararrayos. IEC TC 37 W04 (Pararrayos de óxido de zinc.), ICONTEC 2076 (Galvanización por inmersión en caliente para herrajes y perfiles estructurales en hierro y acero)

Los requerimientos eléctricos para pararrayos tipo oxido de zinc son:

CONEXIÓN	Y
TENSIÓN NOMINAL DEL PARARRAYOS (KV.)	12
TENSIÓN MÁXIMA CONTINUA (MCCV) (KV. (RMS))	10.2
FRECUENCIA (HZ)	60
TENSIÓN SOPORTADA POR EL AISLAMIENTO DE LA PORCELANA (KV.)	
• En seco (1) minuto	31
• En húmedo (10) segundos	27
• Onda de impulso 1.2150 ps kv. (pico)	85
CORRIENTE NOMINAL DE DESCARGA (KA) CON ONDA 8/20 uS	10
CORRIENTE DE LARGA DURACIÓN (A PICO)	
• Para lo KA	
CORRIENTE DE MAGNITUD, ONDA 4/lo p5 (KA PICO):	65
• Para 10 KA	

6.3. INSTALACIONES INTERNAS

La ejecución de esta actividad deberá desarrollarse conforme a las reglamentaciones vigentes en la ESSA. Fundamentalmente, cubre tres aspectos: Instalación de acometidas, instalación de contadores e instalación de salidas para alumbrado y tomacorrientes.

La instalación Interna solo será ejecutada por el Contratista para aquellos clientes que requieran una instalación del tipo monofásico bifilar y contador de 15 amperios. El Contratista, pan solicitar a la Interventoría la revisión respectiva, deberá tramitar las solicitudes de Instalación correspondientes, los cuales deberán

coincidir con los nombres de los dientes reportados en los planos finales de construcción. Así mismo deberá anexar copia de un recibo de facturación de uno de los clientes más cercanos al sitio en donde adelanta la obra.

La acometida consiste en la instalación del conductor requerido para el suministro de energía a la vivienda. Cubre todos los elementos requeridos desde la red de alimentación hasta la caja de fachada y entre esta y el contador.

Para el desarrollo de esta actividad, el Contratista suministrará el cable de cobre aislado TW número 8 AWG, además de los conectores bimetálicos (Cu-A1), cruceta metálica, aisladores tipo pín con sus tornillos, abrazaderas, capacete, tubo conduit metálico de bajante, boquillas, alambre de cobre aislado, automático termomagnético ubicado aguas abajo del contador que cumple con la doble función de protección y pín de corte. La longitud máxima de la acometida del poste a la conduleta de la vivienda será de 30 metros.

El contador a suministrar e instalar será del tipo monofásico bifilar de 15 amperios. El Contratista deberá suministrar, además, los siguientes materiales:

Caja para contador de 1 puesto según especificaciones, boquillas, caja para dos automáticos, termo magnéticos de 15 A, varilla de cobre de mínimo 2.4 metros para conexión a tierra con conector y el cable de cobre respectivo.

Las salidas para alumbrado (cuatro) y tomacorrientes (dos) en cada vivienda deberán proveerse de un hilo de continuidad que deberá conectar la puesta a tierra del contador y cada una de las cajas de salida. Cuando las circunstancias no lo permitan, es posible aceptar tendido de alambre a la vista en techos de las viviendas, sujetados por mariposas de porcelana. Para los demás casos las salidas serán empotradas en los muros.

Todo el material requerido para las instalaciones internas será a cargo del Contratista incluyendo el material le resane de regatas y canalizaciones que requiera, La tubería será del tipo PVC, plafones plásticos, el conductor en alambre de cobre aislado No. 12 AWG y desnudo No. 14 AWG para el hilo de continuidad.

Para todas las actividades descritas anteriormente, el Contratista deberá suministrar e instalar materiales de primera calidad, libres de defectos e imperfecciones y que cumplan con las normas de calidad exigidas por la ESSA. Es de vital importancia que antes de iniciar la construcción de las obras, el Contratista deberá presentar al Interventor una muestra de cada uno de los elementos a instalar ya sea en la obra o en la fabrica así como anexar los protocolos de prueba cuando el Interventor los solicite. Este, a su vez, impartirá a autorización de instalarlos por medio de oficio.

Cualquier diferencia entre los materiales, equipos y además elementos autorizados para instalación y los mismos recibidos en la obra, acarreará al Contratista el desmontaje y reposición de los elementos en cuestión, sin que por este concepto se establezcan mayores valores de obra.

Cualquier tipo de conexión para energizar as redes construidas ya sea pata prueba, instalación provisional o definitiva, deberá ser autorizada por escrito por la firma o el Ingeniero Interventor de la obra. El incumplimiento de observación acarreará las sanciones correspondientes. Es importante tener en cuenta que todos los cortes y reconexiones de energía deben ser ejecutados únicamente por la ESSA a través de la Oficina encargada de la operación del sistema.

6.3.1. Medidores monofásicos de energía de 15*.

- NORMAS NTC 2288 Y NTC 2149
- VOLTAJE NOMINAL 120 V
- CORRIENTE BÁSICA 15 A
- CORR Máxima 60A
- FRECUENCIA 60 HZ
- K(REVJKWH) INDICAR
- CLASE 2.0
- N DE FASES 1
- N DE HILOS 2
- N° DE DISCOS 1
- MATERIAL ALUMINIO
- REGISTRADOR: CICLOMETRICO
- No .DE ENTEROS 5
- No. DE DECIMALES 1
- COJINETES:
 - Inferior MAGNETICO
 - Superior AGUJA
- BASE DEL MEDIDOR TERMOPLASTICO, BAQUELITA O ALUMINIO
- TAPA DEL MEDIDOR TERMOPLASTICO TRANSPARENTE O POLICARBONATO
- TAPA TERMOPLASTICO TRANSPARENTE O CUBREBORNES BAQUELITA
- HOMOLOGADO SÍ (ES ESENCIAL).

6.4. OTROS MATERIALES

6.4.1. Aisladores

Los aisladores de que trata esta especificación serán instalados en los sistemas secundados de distribución de 220/127V y primarios de 13.2 kV, de acuerdo con la norma ICONTEC 1340 (ANSI C84.1) "Niveles de tensión para los niveles de tensión máximos, de los circuitos de distribución de la Empresa Electrificadora de Santander SA., de la zona metropolitana de Bucaramanga, y serán de los siguientes tipos:

- AISLADOR TIPO CARRETE.
- AISLADOR TIPO TENSOR.
- AISLADOR TIPO ESPIGO O PIN.
- AISLADOR DE DISCO DE 10".

Para la fabricación de todos los tipos de aisladores, se debe tener en cuenta lo establecido en las normas ICONTEC (ANSI) relacionadas en el siguiente cuadro:

TIPO	CLASE ICONTEC - ANSI	NORMA ICONTEC - ANSI
DISCO DE 10"	As-4 - 52.4	1170 - C29.2
CARRETE	Ac-2 - 53.2	693 - C29.3
TENSOR	At-1 - 54.1	694 - C29.4
ESPIGO	Ae-4 - 55.4	739 - C29.5

Para los casos especificados se utilizarán AISLADORES DE RESINA EPOXICA para las cadenas de retención conforme a la siguiente especificación: 15 XV, TR 15.000 libras. Norma 80 9000.

Cuando en las normas no se especifiquen tolerancias en las medidas de los aisladores, estas se tomarán de acuerdo con la norma ICONTEC 1243. (Tolerancias para piezas en cerámica utilizadas en electrotecnia)

De acuerdo con los diseños de los fabricantes pueden emplearse otras normas internacionales reconocidas, equivalentes o superiores a las aquí señaladas siempre y cuando se ajusten a lo solicitado en la presente especificación. Deben estar homologados por el CIDET. En caso de discrepancia entre las normas y este pliego, prevalecerá lo aquí establecido.

Las normas aplicables son las siguientes: ICONTEC 693 (Aisladores de porcelana tipo carrete fabricados por el proceso húmedo, JCONTEC 694 (Aisladores de porcelana tipo tensor fabricados por el proceso húmedo, ICONTEC 739 (Aisladores de porcelana tipo espigo para baja y media tensión fabricados por el proceso húmedo, ICONTEC 1170 (Aisladores de porcelana tipo suspensión fabricados por el proceso húmedo y de vidrio templado, ICONTEC 1243 (Tolerancias para piezas en cerámica utilizadas en electrotecnia, ICONTEC 1285 Aisladores. Definiciones, pruebas eléctricas y mecánicas, ICONTEC 2076 (Galvanizado por inmersión en caliente para herrajes y perfiles estructurales en hierro y acero, ASTM A-239 (determinación de la capa de zinc en elementos de fundición y/o acero mediante el método Preece, ASTM A-47 (Especificaciones para las piezas fundidas en hierro maleable, ASTM A-536 (Especificaciones para las piezas fundidas en hierro dúctil).

6.4.2. Tuercas de ojo de diferentes formas

Se construyen en acero fundido y deben galvanizarse en caliente según normas ICONTEC 2270. 2617 o similar ICEL SD. 440.62, fabricadas mediante el proceso de fundición, deben estar libres de rebabas, astillas, poros, grietas, fisuras, superficies irregulares y de cualquier otro defecto que pueda perjudicar su uso.

Las tuercas serán fabricadas de acero fundido con contenidos de Centre el 0.30% y 0.47%; P del 0. máximo y 6 del 0.23% máximo. La capa de zinc deberá cumplir los requisitos establecidos en las normas ICONTEC 2270, 26170 similar ICEL SO. 44062.

6.4.3. Varillas de anclaje

Se Construyen en acero y deben galvanizarse en caliente, según norma ICONTEC 2575 o similar ICEL SD. 4.40.62., y se deben formar en filo. La soldadura debe ser continua y estar libre de cavidades. Deben estar libres de rebabas, astillas y superficies irregulares.

Se deben suministrar acompañadas de las tuercas y arandelas cuadradas respectivas, según referencias ICONTEC o similar ICEL. La rosca de la varilla no deberá haber sido repasada después del galvanizado.

Las varillas de anclaje serán fabricadas de acero con contenidos de C del 055% máximo,

P del 0.04% máximo y 6 del 0.05% máximo. La capa de zinc debe cumplir los requisitos establecidos en la norma ICONTEC 2575 o similar ICEL 50. 440.62. La dureza máxima del material de las varillas de anclaje en el núcleo será de 00 HRB.

6.4.4. Espigos.

Se construyen en acero y deben galvanizarse en caliente, según norma ICONTEC 2608 y 2638 ó similar ICEL SD. 4.40.62, después de fabricados y antes de fundir la rosca de plomo. Deben ser fabricados por el proceso de foliado y arranque de viruta. Deben estar libres de rebabas, astillas y superficies irregulares.

Por lo general se suministrarán acompañado con arandela y tuerca cuadradas y contra tuerca y tuerca cuadrada según normas ICONTEC o ICEL para el diámetro nominal del espigo. La rosca del espigo no deberá haber sido repasada después de galvanizada.

Los espigos serán fabricados en acero con contenidos de C del 0.55% máximo, P del 0.047% máximo y S del 0.05% máximo. La capa de zinc debe cumplir los requisitos establecidos en la norma CONTEC 2608 y 2638 ó similar ICEL 50. 4.40.62. El material de la rosca de plomo debe ser de una amalgama de plomo de un grado y calidad adecuados para resistir los esfuerzos y la ejecución de los requerimientos mecánicos de esta norma.

6.4.5. Espigo extremo de poste

Se construyen en lámina de acero y debe galvanizarse en caliente, según norma ICONTEC 2608 y 2538 6 similar ICEL SD. 4.4062, después de fabricados y antes de fundir la fosca de plomo. Deben venir provistos de una rosca de plomo. Deben ser fabricados por el proceso de troquelado. Deben estar libres de rebabas, cascarillas sueltas, filos agudos, astillas, grietas y superficies irregulares.

Los espigos serán fabricados en lámina de acero con contenidos de C del 0.55% máximo, P del 0.04% máximo y S del 0.05% máximo. La capa de zinc debe cumplir los requisitos establecidos en la norma ICONTEC 2608 y 2638 ó similar ICEL SO. 440.62, material de la rosca de plomo debe ser de una amalgama de plomo de un grado y calidad adecuados para resistir los esfuerzos y la ejecución de los requerimientos mecánicos de esta norma.

6.4.6. Grapas.

Pueden fabricarse en cualquiera de los materiales de la tabla No.1, teniendo en cuenta el material del cable que esta en contacto con la grapa, para minimizar el par galvanizado y la pérdida de potencia debido al calentamiento por efecto magnético.

MATERIAL DE CABLE MATERIAL DE LA GRAPA

- De aluminio De aluminio o aleación de aluminio
- De aluminio y alma de acero (ACSR) De aluminio o aleación de aluminio
- De cobre De latón o bronce
- De acero De acero de fundición nodular o maleable

Las grapas deben estar exentas de poros rechupes, grietas e inclusiones de arena libre de rebabas; cuando las grapas sean fabricadas en material ferroso deben ser protegidas con una capa de galvanizado en caliente de 110 pm de espesor el cual se determinará de acuerdo con la norma ICONTEC 2664 y 2665 ó similar ICEL SD. 44062, la cama del cable debe llevar una ondulación de radio Rr de 20 a 30 mm según el diámetro del cable.

Los PRENSAHILOS serán en platina de acero A-36 de $\frac{1}{2}$ * 1 1/2 de pulgada. 6 pulgadas de longitud, tres (03) pernos tipo carraje de 1/a * 1.1/2 pulgadas. Todos los materiales deberán ser galvanizados en caliente.

6.4.7. Guardacabos de diferentes dimensiones.

Se construyen en lámina de acero y deben galvanizarse en caliente según norma ICONTEC 2606 ó similar ICEL so. 4.4062. El proceso de fabricación es por corte y doblado de lámina de acero. Deben estar libres de rebabas, superficies irregulares

y otros defectos que impidan un adecuado acople y funcionamiento. Las láminas para fabricación de guardacabos deberán cumplir con lo especificado en la norma ICONTEC 2606. La capa de zinc debe cumplir los requisitos de la norma ICONTEC o similar ICEL 60. 4.40.62.

Las láminas utilizadas en la fabricación de guardacabos deberán someterse al ensayo de doblamiento especificado en el numeral 6.4 de la norma ICONTEC 6.

6.4.8. Varilla de puesta a tierra tipo copperweld.

Las varillas están compuestas por un núcleo de acero al carbón. La capa de cobre puede consistir en un tubo de cobre dentro del cual se introduce el núcleo de acero. El cobre deberá estar firmemente adherido al acero. Previo al proceso de recubrimiento, se deberá practicar una limpieza de las varillas de acero, con el fin de que queden libres de óxido, grasa y otras sustancias ajenas. Si el recubrimiento se va hacer con tubo de cobre se requerirá además, ejecutar un moldeado o ranurado fino sobre la varilla de acero para asegurar que mediante presión se logre una buena adherencia del cobre al acero.

Las varillas deben ser rectas y el recubrimiento de cobre no debe presentar grietas o fisuras. La longitud de la varilla, en milímetros deberá estar estampada a quince (15) centímetros de su extremo superior. Las varillas deben ser suministradas con los conectores correspondientes.

Las varillas tendrán sección transversal circular y sus extremos terminarán, el uno en forma de cono de 45 grados truncado y el otro, en forma plena biselada. El núcleo de la varilla estará compuesto por acero al carbono del tipo SAE 101011020. El acero de la varilla deberá tener una resistencia a la tracción mayor o igual a 550 KN/mm² (56 KGF/mm²). La longitud mínima de la varilla será de 2.40 metros.

6.4.9. Perchas metálicas

Los materiales utilizados en la fabricación de las perchas deben cumplir con las especificaciones dadas en la correspondiente norma ICONTEC. Las perchas serán totalmente galvanizadas por inmersión en caliente y deberán cumplir con las especificaciones dadas en la norma ICEL 50. 4.40.62. El galvanizado se hará por separado para cada parte de la percha y luego se ensamblará. La base de la percha debe ser de lámina de acero estampada El porta elementos debe ser de platina de acero y la varilla de retención debe ser en vajilla de acero con una cabeza en un extremo.

Las especificaciones técnicas de los materiales serán como mínimo:

- Para el cuerpo de la percha, calibre 12, calidad A 34.
- Para el porta elemento, calibre 6, calidad A 34.
- Para a varilla de retención, varilla de calidad A 34.

6.4.10. Tubo conduit galvanizado de 3/4” de diametro

Construido en acero tipo AISI-C1010, galvanizado por inmersión en caliente, según la norma GEL 4.40.62 o ASTM-A 153. El cordón de soldadura interna debe ser burilado y la superficie interna libre de asperezas para evitar el maltrato del conductor. Los tubos de tres (3) metros de longitud deberán ser terminados con roscas paralelas NPS según la norma ANSI 82-1

6.4.11.Crucetas y diagonales metálicas

Se construyen en hierro y deben suministrarse con recubrimiento de protección a la corrosión para su trabajo en el medio ambiente, éste será galvanizado en caliente según la Norma ICONTEC 617, 2076 ó similar ICEL 50 440.25 o con

recubrimiento electrolítico según Norma ICONTEC 2150. Deben estar libres de rebabas, filos agudos y superficies irregulares.

7. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

1. Con el desarrollo del presente proyecto como tesis de grado se cumple una labor social en beneficio de una comunidad que busca un mejor nivel socio-económico; adicionalmente se vincula a la Universidad de forma directa con las regiones o sectores que soliciten su apoyo científico.
2. Este proyecto abre grandes expectativas no sólo a la región donde se va a ejecutar, si no en la propia Universidad en el departamento de electricidad y electrónica, pues busca crear conciencia en el estudiantado en aplicar la capacidad técnica-científica, no para servir a objetivos individuales sino para crear progreso social y económico en grandes núcleos de población que lo necesitan.
3. Del diseño eléctrico se concluye lo siguiente: Una de las razones por las cuales no se cumple con la restricción de máximas pérdidas de energía en las redes de Baja Tensión, puede radicar en el empleo de las características de demanda que pertenecen al sector urbano de estrato bajo, en defecto de una misma característica para el sector rural, lo cual no refleja el comportamiento real en la demanda de energía de dicho sector.

La alternativa que se plantea con el fin de reducir las pérdidas de energía en las redes de Baja Tensión, consiste en efectuar una reacomodación de los centros de carga de forma tal que al lograr reducir las distancias entre los usuarios y el transformador se reduzcan también dichas pérdidas. El inconveniente que surge con este planteamiento reside en el incremento del número de transformadores, que así mismo conlleva a un aumento en el costo total de la obra además bajo la limitante que tienen las normas de la

Electrificadora de Santander para el sector rural, de permitir como mínimo 3 usuarios por cada transformador los centros de carga ante la posibilidad de que algunos de los usuarios queden por fuera de este nuevo arreglo.

4. Para la protección de la red de distribución en Media Tensión, contra las descargas atmosféricas, se plantea como segunda opción al cable de guardia, la instalación de pararrayos o en su defecto la colocación de chisperos. La selección de cualquiera de estas alternativas se deja a consideración de la Electrificadora de Santander.
5. La ejecución de este proyecto tiene gran incidencia en el desarrollo tecnológico de la región, puesto que estimula el sector primario hacia la agro-industrialización, Mediante el aprovechamiento de la energía eléctrica para la creación de microempresas que generen empleo para permitir un mejor aprovechamiento de los productos agrícolas y ganaderos.
6. En este diseño se contemplan paso a paso las exigencias de las normas de la Electrificadora de Santander y el ICEL, además de aplicarse todos los conocimientos técnicos que al respecto se adquieren en la Universidad Industrial de Santander, es por ello que se define como un diseño modelo que se puede tomar como referencia para futuros proyectos de electrificación rural.

BIBLIOGRAFÍA

- 📖 ADENDA MODIFICATORIA A LA NORMA PARA CÁLCULO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE LA ELECTRIFICADORA DE SANTANDER S.A ESP. Criterios técnicos para la instalaciones eléctricas rurales, año 2010.
- 📖 CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO (NTC 2050), ICONTEC, Año 1998.
- 📖 CURSO DE LÍNEAS AÉREAS DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA. Carlos María Gómez Rico. Bucaramanga, UIS 1985, Pág. 142 a 146, y 147 a 207.
- 📖 CURSO DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN. Ciro jurado Jerez. Bucaramanga, años 2004 y 2005.
- 📖 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS UNIFICADAS SOBRE HERRAJES PARA LÍNEAS DE SUBTRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO COLOMBIANO, Autor: Comité para el desarrollo y el estímulo a a la industria nacional. Documento número SC-E-0.15 Rev. 0. mayo 23 de 1991. Editorial Sector eléctrico Colombiano. Pag. 200.
- 📖 NORMAS PARA CÁLCULO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN, Electrificadora de Santander ESSA ESP, año 2005.
- 📖 NORMAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE SUBTRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN, VOLUMEN III, Normas para diseño mecánico. Instituto colombiano de energía eléctrica ICEL. Mayo de 1971, editorial ICEL, Pag. 2-92.
- 📖 NORMAS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE SUBTRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN, VOLUMEN IV, Normas para construcción.

Instituto Colombiano de energía eléctrica ICEL. Septiembre de 1971, editorial ICEL, pgs. 5-6, 7 a 12, 12-64, 64-120.

📖 LÍNEAS DE TRANSPORTE DE ENERGÍA. Luís Maria Checa. Editorial Marcombo Boixareau Editores. Pág. 138-230,260-283, 285-296.

📖 REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RETIE. Ministerio de minas y energía Colombiano, Año 2008.