

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



**PROPUESTA DE MODIFICACIÓN AL ESTÁNDAR DE
CONSTRUCCIÓN DE REDES EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN
PARA ZONAS RURALES (ESTÁNDAR TIPO B)**

PRESENTADO POR:

FRANKLIN DANIEL GRANDE QUIJADA

DANIEL ROLANDO REYES SEGOVIA

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

CIUDAD UNIVERSITARIA, OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

LIC. CRISTÓBAL HERNÁN RÍOS BENÍTEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DIRECTOR:

ING. ARMANDO MARTÍNEZ CALDERÓN

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:

INGENIERO ELECTRICISTA

Título:

**PROPUESTA DE MODIFICACIÓN AL ESTÁNDAR DE
CONSTRUCCIÓN DE REDES EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN
PARA ZONAS RURALES (ESTÁNDAR TIPO B)**

Presentado por:

FRANKLIN DANIEL GRANDE QUIJADA

DANIEL ROLANDO REYES SEGOVIA

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

INGRA. ANA MARÍA FIGUEROA DE MUNGUÍA

SAN SALVADOR, OCTUBRE DE 2019

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

INGRA. ANA MARÍA FIGUEROA DE MUNGUÍA

NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, viernes 13 de septiembre de 2019, en la Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las 10:00 a.m. horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

1. Ing. Armando Martínez Calderón
Director


Firma



2. MSc. José Wilber Calderón Urrutia
Secretario


Firma

Y, con el Honorable Jurado de Evaluación integrado por las personas siguientes:

- INGRA. ANA MARÍA FIGUEROA DE MUNGUÍA
(Docente Asesor)


Firma

- ING. ARMANDO MARTÍNEZ CALDERÓN


Firma

- MSC. JORGE ALBERTO ZETINO CHICAS


Firma

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

PROPUESTA DE MODIFICACIÓN AL ESTÁNDAR DE CONSTRUCCIÓN DE REDES EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN PARA ZONAS RURALES (ESTÁNDAR TIPO B)

A cargo de los Bachilleres:

- GRANDE QUIJADA FRANKLIN DANIEL

- REYES SEGOVIA DANIEL ROLANDO

Habiendo obtenido en el presente Trabajo una nota promedio de la defensa final: 8.4

(OCHO PUNTO CUATRO)

Agradecimientos.

A Dios por darme la oportunidad de vivir todo este caminar de la mano de él, que gracias a su protección, bendición y fortaleza he podido llegar a culminar mis estudios y obtener este título que demuestra todo el sacrificio de cada paso que me permitió dar hasta terminar.

A mis padres Ana de Grande y Franklin Grande que junto a mi Hermana Krissia siempre estuvieron dándome los ánimos y el apoyo que necesité, que comprendieron las dificultades, alegrías y tristezas que en todo este arduo caminar tuve, y que siempre estuvieron con la esperanza de poder ver con sus propios ojos la finalización de mis estudios, a ustedes se lo ofrezco, los amo.

A Carolina mi amada, que conjuntamente caminamos de la mano para lograr nuestros sueños, dando el primer paso al obtener nuestros títulos universitarios, se que seremos felices juntos por siempre.

A nuestra asesora, Ingra Ana María de Munguía, por su paciencia y dedicación que nos oriento de una excelente manera para terminar nuestro trabajo y sirviéndonos de ejemplo para tener un criterio que como profesional enfrentare en el ambiente laboral.

A la Sra. Reina Vides, nuestra querida secretaria que estuvo al pendiente de nosotros para que no perdiéramos el rumbo, mil gracias, al Sr. Posada y Sr. Juancito con lo cuales compartimos vivencias y anécdotas que siempre llevare en mi mente, que me ayudaron en cada laboratorio y experimentos, mil bendiciones a los tres.

A mis amigos Luis Mario, Kevin, Josué, Alemán y todos aquellos amigos compañeros y conocidos, que siempre luchamos y disfrutamos momentos inolvidables que cada batalla siempre aprendimos a no dejar de ser perseverantes, les deseo lo mejor y que vivan vidas placenteras.

Franklin

Agradecimientos.

Le agradezco a Dios por haberme permitido vivir hasta este día, haberme guiado a lo largo de mi vida, por ser mi apoyo, mi luz y mi camino. Por haberme dado la fortaleza cuando las situaciones se tornaban difíciles. Por llenarme de salud toda mi vida y bendecirme con personas de bien en mi vida.

Le doy gracias a mis padres Roxana de Reyes y Daniel Reyes por todo el apoyo brindado a lo largo de mi vida, ya que a pesar de mis decisiones siempre están cuando más los necesito, les agradezco por darme la oportunidad de superarme profesionalmente y sobre todo por el amor que me transmiten cada día.

Le doy gracias a la madre mi hijo Wendy Guzmán, por darme todo tu apoyo y confianza todos estos años, por animarme en los momentos difíciles. Por ser una persona que siempre me impulso a salir adelante, por haberme dado la alegría de ser papá de mi hijo Mateo Reyes.

Agradezco a mis hermanos Alexandra Reyes y Eduardo Reyes por ayudarme en aquellos momentos de necesidad, gracias ya que a pesar de nuestras diferencias siempre están brindando su apoyo y confianza en todo momento.

Agradezco nuestra asesora Ingeniera Ana María de Munguía por creer en Franklin y en mí, por habernos dado la oportunidad de desarrollar nuestra tesis profesional, por el apoyo y facilidades que nos brindó. Por la paciencia y la vocación que demostró a lo largo del desarrollo de nuestro trabajo.

Le doy gracias a la Sra. Reina Vides, por todo el apoyo, por ser una guía y ayudarnos en cada paso que dábamos, gracias por su apoyo profesional y todos los consejos que nos brindó. Gracias al Sr. Posada y Sr. Juancito, por darnos de sus conocimientos y ayuda en cada etapa de nuestra carrera.

Le doy gracias a mis compañeros y amigos, Roberto Rivas, Francisco Juárez, por estar siempre al pendiente, por el apoyo que siempre ofrecieron, ya fuese académico o

personal, gracias porque a pesar de que desde un tiempo ya no fuimos compañeros académicos siempre estuvieron animando en los momentos de mayor dificultad.

Le doy gracias a Franklin Grande, por ser un gran compañero de tesis, por la paciencia y la ayuda que dio en los momentos con mayor carga, a pesar de los malos momentos, se pudo llegar a la meta, concluyendo nuestro trabajo de graduación.

Daniel

CONTENIDO

1. GLOSARIO.....	10
2. INTRODUCCIÓN.....	16
3. OBJETIVOS.....	18
4. ANTECEDENTES.....	19
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
6. JUSTIFICACIÓN	25
7. GENERALIDADES ELECTRICAS DEL PAIS Y REFERENCIAS INTERNACIONALES.....	26
7.1. Generalidades eléctricas del país.	26
7.2. Manual de construcción de redes de líneas aéreas de distribución eléctrica, Acuerdo 66-E-2001.	31
7.3. Evaluación del Manual Vigente.	33
7.4. Resumen de la Evaluación.	50
7.5 Sistemas de Baja tensión.....	52
7.6 Calidad de servicio de los estándares establecidos por SIGET.....	55
8. REFERENCIAS INTERNACIONALES.	56
8.1 Manuales de construcción de líneas de distribución eléctrica de algunos países de América.	56
8.2. Comparación de manual de El Salvador contra manuales Internacionales.	76
9. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN AL ESTARDAR TIPO “B”.....	80
10.APLICACIÓN PARA CALCULO DE PRESUPUESTO.....	87
11.CONCLUSIONES.....	97
12.RECOMENDACIONES.....	99
BIBLIOGRAFIA.....	100
ANEXOS.....	102

1. GLOSARIO

ANSI: (Instituto Nacional Americano de Normas), por sus siglas en inglés, American National Standards Institute.

Aislante: Un material que, debido a que los electrones de sus átomos están fuertemente unidos a sus núcleos, prácticamente no permite sus desplazamientos y, por ende, el paso de la corriente eléctrica, cuando se aplica una diferencia de tensión entre dos puntos del mismo. Material no conductor que, por lo tanto, no deja pasar la electricidad.

Cable: Conductor formado por un conjunto de hilos, ya sea trenzados o torcidos.

Cableado: Circuitos interconectados de forma permanente para llevar a cabo una función específica. Suele hacer referencia al conjunto de cables utilizados para formar una red de área local.

Caída de tensión: Es la diferencia entre la tensión de transmisión y de recepción.

Calidad: Es la condición de tensión, frecuencia y forma de onda del servicio de energía eléctrica, suministrada a los usuarios de acuerdo con las normas y reglamentos aplicables.

Capacidad: Medida de la aptitud de un generador, línea de transmisión, banco de transformación, de baterías, o capacitores para generar, transmitir o transformar la potencia eléctrica en un circuito; generalmente se expresa en MW o kW, y puede referirse a un solo elemento, a una central, a un sistema local o bien un sistema interconectado.

Capacidad de transmisión: Potencia máxima que se puede transmitir a través de una línea de transmisión; tomando en cuenta restricciones técnicas de operación como: el límite térmico, caída de tensión, límite de estabilidad en estado estable, etc.

Capacidad disponible (en un sistema): Suma de las capacidades efectivas de las unidades del sistema que se encuentra en servicio o en posibilidad de dar servicio durante el período de tiempo considerado.

Capacidad instalada: Potencia nominal o de placa de una unidad generadora, o bien se puede referir a una central, un sistema local o un sistema interconectado.

Carga: Cantidad de potencia que debe ser entregada en un punto dado de un sistema eléctrico.

Conductor: Cualquier material que ofrezca mínima resistencia al paso de una corriente eléctrica. Los conductores más comunes son de cobre o de aluminio y pueden estar aislados o desnudos.

Corriente: Movimiento de electricidad por un conductor. // Es el flujo de electrones a través de un conductor. Su intensidad se mide en Amperes (A).

Cortocircuito: Conexión accidental o voluntaria de dos bornes a diferentes potenciales. Lo que provoca un aumento de la intensidad de corriente que pasa por ese punto, pudiendo generar un incendio o daño a la instalación eléctrica.

Cuchilla: Es el instrumento compuesto de un contacto móvil o navaja y de un contacto fijo o receptor. La función de las cuchillas consiste en seccionar, conectar o desconectar circuitos eléctricos sin carga por medio de una pértiga o por medio de un motor.

Cuchillas de Apertura con Carga: Son las que están diseñadas para interrumpir corrientes de carga hasta valores nominales.

Cuchillas de Puesta a Tierra: Son las que sirven para conectar a tierra un equipo.

Distribución: Es la conducción de energía eléctrica desde los puntos de entrega de la transmisión hasta los puntos de suministro a los Usuarios.

Factor de carga: Relación entre el consumo en un período de tiempo especificado y el consumo que resultaría de considerar la demanda máxima de forma continua en ese mismo período.

Factor de potencia: Coseno de ángulo formado por el desfase existente entre la tensión y la corriente en un circuito eléctrico alterno; representa el factor de utilización de la potencia eléctrica entre la potencia aparente o de placa con la potencia real.

Falla: 1. Es una alternación o daño permanente o temporal en cualquier parte del equipo, que varía sus condiciones normales de operación y que generalmente causa un disturbio. || 2. Perturbación que impide la operación normal.

Frecuencia: Número de veces que la señal alterna se repite en un segundo. Su unidad de medida es el Hertz (Hz).

Fusible: Aparato de protección contra cortocircuitos que, en caso de circular una corriente mayor de la nominal, interrumpe el paso de la misma.

Generador: Es el dispositivo electromagnético por medio del cual se convierte la energía mecánica en energía eléctrica.

Generadores: Son todas aquellas unidades destinadas a la producción de energía eléctrica.

Giga Watt (*): Múltiplo de la potencia activa, que equivale a mil millones de watts y cuyo símbolo es GW.

Hertz Hz (*): Un Hertz es la unidad de la frecuencia en las corrientes alternas y en la teoría de las ondas. Es igual a una vibración o a un ciclo por segundo.

IEC: (Comisión Electrotécnica Internacional), por sus siglas en inglés, International Electrotechnical Commission.

Interrupción: Es la suspensión del suministro de energía eléctrica debido a causas de fuerza mayor, caso fortuito, a la realización de trabajos de mantenimiento, ampliación o modificación de las instalaciones, a defectos en las instalaciones del usuario, negligencia o culpa del mismo, a la falta de pago oportuno, al uso de energía eléctrica a través de instalaciones que impidan el funcionamiento normal de los instrumentos de control o de medida, a que las instalaciones del usuario no cumplan con las normas técnicas reglamentarias, el uso de energía eléctrica en condiciones que violen lo establecido en contrato respectivo, cuando no se haya celebrado contrato respectivo; y cuando se haya conectado un servicio sin la autorización de la Comisión.

Línea de transmisión: Es el conductor físico por medio del cual se transporta energía eléctrica, a niveles de tensión alto y medio, principalmente desde los centros de generación a los centros de distribución y consumo. // Elemento de transporte de energía entre dos instalaciones del sistema eléctrico.

Normas: Las presentes Normas de Calidad del Servicio de los Sistemas de Distribución que son autorizadas por SIGET.

Maniobra: Se entenderá como lo hecho por un operador, directamente o a control remoto, para accionar algún elemento que pueda o no cambiar él está y/o el funcionamiento de un sistema, sea el eléctrico, neumático, hidráulico o de cualquier otra índole. **Mantenimiento:** Es el conjunto de actividades para conservar las obras e instalaciones en adecuado estado de funcionamiento.

Ohm: Unidad de medida de la resistencia eléctrica. Equivale a la resistencia al paso de la electricidad que produce un material por el cual circula un flujo de corriente de un amperio, cuando está sometido a una diferencia de potencial de un Volt. Su símbolo es Ω .

Perturbación: Acción y efecto de trastornar el estado estable del sistema eléctrico.
Planta: Sinónimo de central, estación cuya función consiste en generar energía eléctrica.

Potencia: Es el trabajo o transferencia de energía realizada en la unidad de tiempo. Se mide en Watt (W).

Potencia eléctrica: Tasa de producción, transmisión o utilización de energía eléctrica, generalmente expresada en Watts.

Protección: Es el conjunto de relevadores y aparatos asociados que disparan los interruptores necesarios para separar equipo fallado, o que hacen operar otros dispositivos como válvulas, extintores y alarmas, para evitar que el daño aumente de proporciones o que se propague.

Red de distribución: Es un conjunto de alimentadores interconectados y radiales que suministran a través de los alimentadores la energía a los diferentes usuarios.

SIGET: Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones.

Sistema eléctrico: Instalaciones de generación, transmisión y distribución, físicamente conectadas entre sí, operando como una unidad integral, bajo control, administración y supervisión.

Tensión: Potencial eléctrico de un cuerpo. La diferencia de tensión entre dos puntos produce la circulación de corriente eléctrica cuando existe un conductor que los vincula.

Se mide en Volt (V) y vulgarmente se la suele llama voltaje. La tensión de suministro en los hogares de México es de 110 V.

Transformador: Dispositivo que sirve para convertir el valor de un flujo eléctrico a un valor diferente. De acuerdo con su utilización se clasifica de diferentes maneras.

Transmisión: Es la conducción de energía eléctrica desde las plantas de generación o puntos interconexión hasta los puntos de entrega para su distribución.

Vano: Distancia de separación entre postes que sostienen las estructuras de distribución de energía eléctrica.

Volt (*): Se define como la diferencia de potencial a lo largo de un conductor cuando una corriente de un amper utiliza un Watt de potencia. Unidad del Sistema Internacional.

Volt-ampere (*): Unidad de potencia eléctrica aparente y se abrevia VA. Volt-ampere reactivo (*): Unidad de potencia eléctrica reactiva y se abrevia VAR.

Watt (*): Es la unidad que mide potencia. Se abrevia W y su nombre se debe al físico inglés James Watt.

2. INTRODUCCIÓN.

El presente trabajo consiste en realizar una investigación a fin de modificar el estándar vigente de construcción de redes eléctricas de media y baja tensión en las zonas rurales del país y que este pueda ser aplicable en su totalidad en El Salvador.

Pese a que la electrificación rural no representa un beneficio económico directo para las empresas de distribución, este tipo de estudios genera impacto positivo en el desarrollo de los procesos de electrificación, beneficiando a los pobladores de estas zonas. Recordando que debido al aumento de procesos productivos que se pueden generar en estas localidades es de necesidad básica poseer un buen sistema eléctrico que garantice la funcionalidad de los procesos. Y que por medio de las propuestas de modificación al estándar vigente se puede resolver estas necesidades aplicando estructuras para líneas eléctricas que son más económicas y bajo norma.

En este estudio nos centraremos en tres pilares fundamentales los cuales son: Evaluación Nacional (diferencias entre tipos A y B), Evaluación Económica (costos), Evaluación Internacional. Los cuales nos ayudaran a estimar un criterio para evaluar si es factible seguir o no con el estándar tipo B.

Se realiza una comparación de los estándares de construcción tomando en cuenta normativas, estándares o acuerdos que están siendo utilizados en otros países ya sea de la región o del continente, esto con el fin ganar criterio y experiencia que se pueda aplicar de manera precisa a las propuestas de modificación.

Las modificaciones que se proporcionan, están sujetas a las normas y estándares proporcionadas por SIGET, las estructuras se basan en el acuerdo No. 66-E-2001

“ESTÁNDAR DE CONSTRUCCIÓN PARA LÍNEAS AÉREAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA”, del cual se tomara la tipología B indicada para áreas rurales del país.

Las propuestas de modificación se hacen debido a que el acuerdo de construcción data del año 2001, y varios materiales de construcción de las estructuras presentes en los acuerdos y manuales ya no se comercializan en el país, por ello cada una de las modificaciones presentadas en este documento serán de acuerdo a la existencia de los materiales o sustitutos que pueden adaptarse de la manera más adecuada para cada estructura.

3. OBJETIVOS

GENERAL:

1. Proponer un estándar que pueda ser incorporado en el manual de construcción de redes eléctricas de media y baja tensión para zonas rurales de El Salvador bajo el estándar de construcción tipo B, adaptando las estructuras con materiales del mercado industrial salvadoreño.

ESPECIFICOS:

2. Verificar los tipos de estructuras del estándar tipo B que se pueden adaptar con material eléctrico disponible en el mercado nacional.
3. Proponer modificaciones al estándar vigente a fin que pueda ser aplicado a las redes de distribución de nuestro país con materiales del mercado nacional y considerando las normas de seguridad para los usuarios finales.
4. Investigar acerca de los estándares de construcción de redes de media y baja tensión para zonas rurales a nivel nacional e internacional a fin de evaluar los modelos que puedan ser adaptados a nuestro país.

4. ANTECEDENTES

Privatización de Energía Eléctrica en El Salvador

El proceso de privatización en El Salvador dio inicio en 1989, con la “reprivatización de la banca”. Esta se presentó de forma inestable para liberar el sistema financiero, condición que unía a la apertura comercial y la estabilidad macroeconómica que permitirían alcanzar un mejor nivel de economía nacional.

Así, con la privatización de la banca nacionalizada se inauguró la **primera generación** en los procesos de reforma económica. En este contexto, y desde el enfoque que desarrollaron las administraciones en los periodos del 1989-1994 y 1994-1999, la privatización se proponía reducir el tamaño del Estado, disminuir el déficit fiscal, prestar mejores servicios y proveer al Estado recursos inmediatos, los cuales serían utilizados para cancelar la deuda a corto plazo e invertir en infraestructura social o gasto social.

La **segunda generación** de reformas (entre 1990 y 1993) aparece con la venta de empresas del Estado que no producían estrictamente servicios públicos, tales como las cementeras, los hoteles y los ingenios, entre otras. Las ventas de estos activos públicos, conjuntamente con los ingresos de la reprivatización de la banca, escasamente generaron dos millones de colones, cantidad mínima si consideramos que en el caso de la privatización bancaria ha sido el Estado, a través del Banco Central de Reserva (BCR), quien asumiera el pago de las deudas que reportaron a la banca anteriormente nacional, que se valoró en aproximadamente de Un mil 700 millones de colones.

Desde 1993 se comienza a preparar el marco legal y el diseño de los mecanismos de implementación de la **tercera generación** de reformas, ***aunque es a partir de 1996 cuando se inicia con la privatización de los servicios públicos***

como la distribución de energía eléctrica, las telecomunicaciones y las pensiones. Merece destacar una curiosa coincidencia en el interés expresado por las compañías transnacionales especialmente en el ámbito de las telecomunicaciones y energía en la adquisición de las empresas públicas salvadoreñas, y el énfasis puesto en los organismos financieros multilaterales (Banco Mundial, Fondo Monetario Internacional y Banco Interamericano de Desarrollo) en la necesidad de privatizar dichos servicios.

CEL como ente de distribución de energía eléctrica.

El primero de los servicios considerados en el proceso de privatización fue la distribución de la energía eléctrica. Desde 1991 se comienza a establecer el marco legal y las condiciones institucionales que posibilitarían la venta de estas empresas públicas, el primer paso se da con la formulación del Anteproyecto de Ley para privatizar el servicio, que termina en 1993, y a partir de entonces se comienzan a crear las condiciones para la privatización, lo que finalmente se realiza en 1995.

A manera de precedente, en 1986 La Ley Transitoria de la Administración de Empresas Eléctricas determinó a favor de la devolución de las empresas distribuidoras de energía eléctrica al Sector Público (CEL) después de 50 años de haber estado concesionadas a empresas privadas; sin embargo, ocho años después la misma CEL prepara las bases para la reconversión de la administración del servicio de distribución de energía eléctrica, a través de un la creación de un Plan Integral de Gestión del Servicio Público de Distribución, el cual establecía la necesidad de que las empresas retornasen al sector privado y se establecía el mecanismo a través del cual se podría transferir a los trabajadores, empleados y funcionarios del sector, parte del capital de las sociedades distribuidoras. Esto se plasmó en las posteriores legislaciones para legitimar la participación accionaria de los/as trabajadores/as del sector.

En este contexto, la Central Hidroeléctrica del Río Lempa (CEL), constituía el principal ente generador, transmisor y distribuidor de energía eléctrica en el país, seguido por la Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador (CAESS) --cuya función básica era la distribución de energía eléctrica--. Los pasos fundamentales para llevar a cabo la privatización del servicio se iniciaron con la reestructuración de CAESS, que consistió en la creación de dos empresas: la Empresa Eléctrica de Oriente (EEO) y Del Sur, que inicialmente se desarrollaron sin activos propios y subsidiados desde CAESS, hasta finales de 1996 que se crearon condiciones para que éstas se independizaran. Por otra parte, se crea una empresa para la zona occidente del país denominada Compañía de Luz Eléctrica de Santa Ana (CLESA) y se constituye la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), como el ente público responsable de asegurar el cumplimiento de las leyes aplicables y regulaciones relacionadas con los sectores electricidad y telecomunicaciones en el país.

El Ministerio de Economía es el ente responsable a nivel normativo de la conducción del sector energía, y la CEL era la institución autónoma responsable de generar y distribuir la energía eléctrica en el país. La CEL posee y opera las plantas generadoras de energía eléctrica más grandes del país, posee y opera el sistema de transmisión de alto voltaje, administraba como las empresas públicas de distribución que fueron retomadas en 1986, cuando terminó la concesión que el Estado había dado a compañías privadas de distribución de energía eléctrica. La CEL estuvo encargada de la venta de productos de petróleo de la refinería privada (antes del proceso de privatización de la distribución de energía), del establecimiento de las tarifas eléctricas, la definición de los límites de autoridad de las empresas de servicios y problemas relacionados eran manejados por el Comité Económico del Gobierno. CEL construyó cuatro plantas hidroeléctricas entre 1954 y 1982, desarrolló el sistema de transmisión de alto voltaje que ahora une a casi todo el país, construyó plantas a base de combustible de petróleo y proyectos

geotérmicos. Además de su propio sistema de distribución, CEL administraba las otras redes de distribución del país constituidas por 7 empresas, que participaban con el 87.5% de la distribución total de energía eléctrica, siendo el 12.50% restante el distribuido directamente por CEL.

A mayo de 1993 el sector de la distribución de energía eléctrica estaba compuesto por cinco empresas, cuatro de las cuales (CAESS, CLESA, CLES, CLEA) estaban constituidas como sociedades anónimas, siendo su accionista mayoritario CEL, y una quinta empresa, DISCEL, encargada de la distribución rural, esta última se articulaba como una de las siete gerencias de CEL y, por tanto, estaba sometida al régimen de instituciones autónomas del sector público.

En el proceso de reestructuración del sistema de generación y distribución de energía eléctrica de CEL, para 1996 sus ventas totales tuvieron una cobertura del 94% con relación a la cantidad de energía demandada en ese año por el mercado nacional. El sistema de transmisión de energía durante fue objeto de dos amplios y exhaustivos programas de reconstrucción, rehabilitación, ampliación y expansión durante 1996, lo que implicó un significativo monto de inversión por parte de CEL para reconvertir el sistema.

Las empresas que quedaron al final del proceso de reestructuración del sistema de distribución de energía eléctrica fueron: Compañía de Alumbrado Eléctrico de San Salvador S.A. de C.V (CAEES), Compañía de Luz Eléctrica de Santa Ana S.A. de C.V (CLESA), Distribuidora de Electricidad del Sur S.A de C.V (DELSUR) y Empresa Eléctrica de Oriente S.A de C.V. (EEO). Finalmente, cada una de estas cuatro empresas era propietaria de una red de distribución orientada a sus servicios regionalmente: CAEES en la región centro-norte, DELSUR en la región centro-sur, CLESA en la región occidental y EEO en la región oriental; y en su conjunto absorbieron las diferentes zonas de electrificación rural de CEL.

A fines de 1996, las cuatro empresas reestructuradas en el servicio de distribución de la energía eléctrica quedaron funcionando con perfiles muy específicos a partir de sus radios de acción y sus antecedentes. En cuanto a la cobertura de los clientes figura en primer lugar CAESS, luego DEL SUR, CLESA y EEO respectivamente; el mismo patrón se repite con el número de personal empleado, con la particularidad de que CAESS brindaba la mayor parte de su cobertura a población rural y al ámbito industrial del país.

En El Salvador dentro del marco de estandarización y acuerdos de la regulación del área de energía eléctrica y su distribución, el ente encargado es SIGET, quien en años anteriores aprobó por medio del Acuerdo No. 66-E-2001 el “Estándar de construcción para líneas aéreas de distribución de energía eléctrica”, en donde se establece dos tipos de estándares de construcción, el tipo A y el tipo B.

El tipo A fue diseñado para su aplicación en la zona urbana del país, mientras que el estándar tipo B fue diseñado para implementarse en la zona rural por incluir diseños mucho más económicos que el tipo A.

El tipo A, es el tipo de construcción más común que se puede encontrar actualmente, debido a que las distribuidoras es el tipo que utilizan en todas las zonas del país, tanto urbanas como rurales esto para poseer una homogeneidad en las estructuras de electrificación.

El tipo B de construcción es el que implementaba la CEL en las zonas rurales antes de la privatización del servicio de distribución. En la actualidad el estándar tipo B no es utilizado debido que muchos de sus materiales no son comercializados en el país.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A partir de la privatización de los servicios de distribución de energía eléctrica en nuestro país, el estándar utilizado por la CEL en zonas rurales se dejó de aplicar por lo que muchos de los materiales que se instalaban para este tipo de estándar se dejaron de comercializar en nuestro país.

En ese sentido surge la necesidad de revisar el estándar tipo B vigente y adaptarlo a las condiciones actuales de nuestro país considerando algunos esquemas técnicos de construcción de estándares internacionales con la sustitución de materiales que se pueden encontrar en el mercado Industrial Eléctrico Salvadoreño.

6. JUSTIFICACIÓN

La importancia de tener un estándar para la construcción de líneas aéreas de distribución de Energía Eléctrica de media y baja tensión para las zonas rurales, radica en poder brindar una guía técnica para la construcción fiable y normada la cual pueda ser implementada por Contratistas, Empresas Distribuidoras entre otros, garantizando la seguridad de los usuarios finales a un menor costo y a la vez contribuyendo a la electrificación o normalización de líneas en zonas donde los recursos son limitados.

7. GENERALIDADES ELECTRICAS DEL PAIS Y REFERENCIAS INTERNACIONALES.

7.1. Generalidades eléctricas del país.

RED ELECTRICA DE EL SALVADOR (CAPACIDADES ELECTRICAS Y POTENCIA INSTALADA)

Para este apartado se toma como referencia el ultimo informe oficial del “SECTOR ELECTRICO DE EL SALVADOR año 2016” hecho por el CNE y PROESA, basandose en los estimados y proyecciones que ese documento provee, como consideraciones se tiene que en ese año la capacidad instalada total de dieferntes fuentes generadores de energia era de **1,659.5 MW**, donde la mayor fuente de generacion es la de procedencia Térmica que posee una caapacidad de 756.6 MW para producir, no es de mas decir que el costo de la energia eectrica se ve afectado por este indice, por ello en estos ultimos 3 años se ha apostado por el incremento de generadores de energia limpia (EOLICA y FOTOVOLTAICA), apostando consigo un incremento de capacidad en la potencia y siendo un atractivo de inversion para el mercado extranjero.

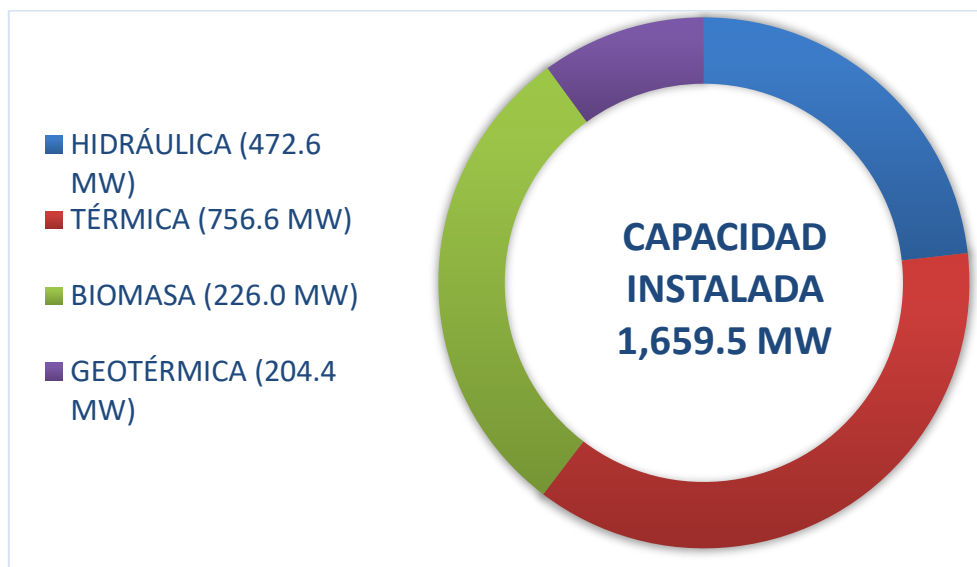


Gráfico 1. Fuentes generadoras y capacidad instalada de energía eléctrica en El Salvador.

CATEGORIZACIÓN DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

En general las líneas de transmisión y distribución de El Salvador se clasifican de la siguiente manera:

a) Línea de transmisión de alta tensión (230 kV)

(EPR y ETESAL) Red de transmisión y conexión internacional (con Guatemala y Honduras). - Línea Ahuachapán – Nejapa – 15 de septiembre (longitud total: 191.9 km) - Conexión con Guatemala: Ahuachapán – Este de Guatemala (longitud total: 112.6 km) - Conexión con Honduras: 15 de septiembre – Agua Caliente (longitud total: 147 km) 115 kV: (ETESAL) Red de transmisión nacional (longitud total: 1,072 km).

b) Línea de distribución de media tensión (46 kV, 34.5 kV, 23 kV, 13.2 kV, 4.16 kV, 2.4 kV)

Redes eléctricas pertenecientes a las empresas distribuidoras (GRUPO AES, DEL SUR, EDESAL, B&D, ABRUZZO).

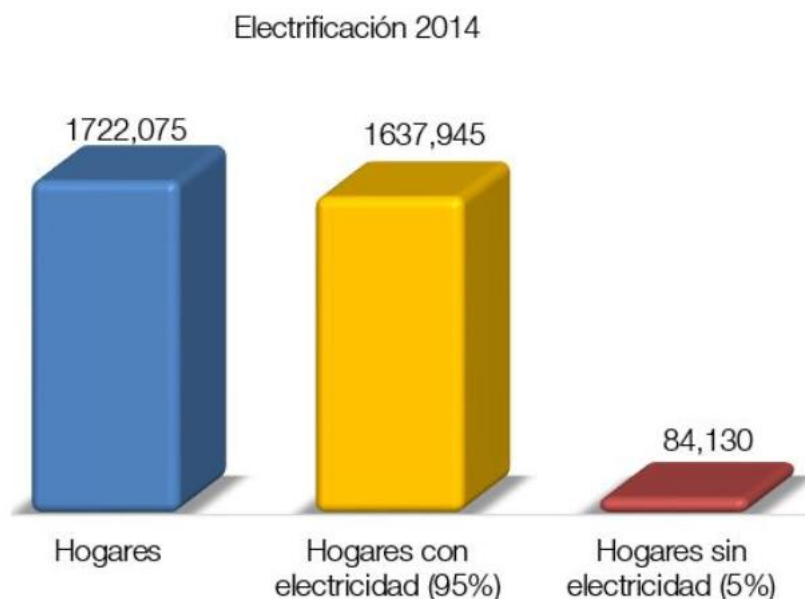
c) Línea de distribución de baja tensión (120/240V)

Para conexión eléctrica a los usuarios finales.

DATOS ACTUALES DE ELECTRIFICACIÓN RURAL Y URBANA EN EL PAÍS.

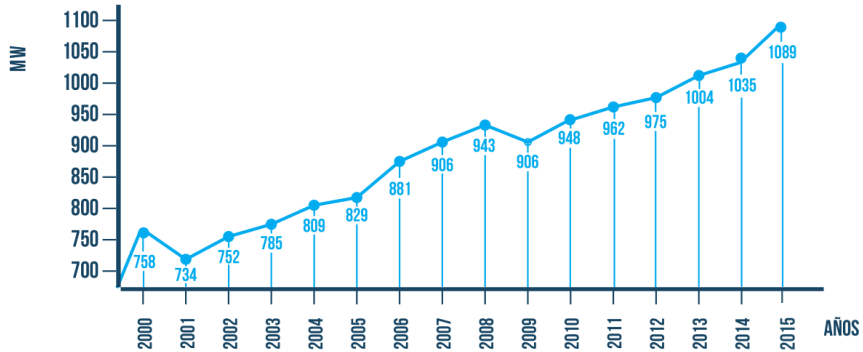
Según el Consejo General de Energía (CNE) en El Salvador todavía hay cerca de 120,000 familias en el área rural que no tienen acceso al servicio eléctrico. Estas familias que no tienen acceso al servicio eléctrico son también, las más pobres, las más aisladas y con menos acceso a servicios básicos, como agua potable, salud, educación y oportunidades económicas que les permitan salir de esa situación. El acceso a la energía por sí misma no reducirá la pobreza, pero la falta de acceso es una condición negativa que limita las posibilidades de desarrollo. Lograr el acceso de toda la población a la energía necesaria para satisfacer sus

necesidades de bienestar, alimentación y productivas no debe ser una utopía; pero alcanzarlo requerirá de un gran esfuerzo a realizarlo por el Gobierno, las Instituciones Nacionales e Internacionales, ONG y la sociedad salvadoreña en general.

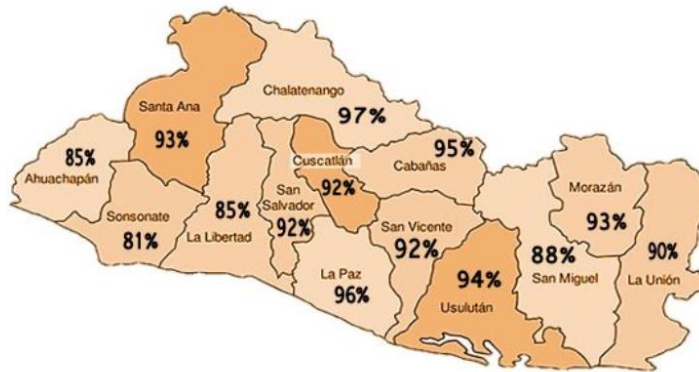


Grafica 2. Hogares electrificados en El Salvador.

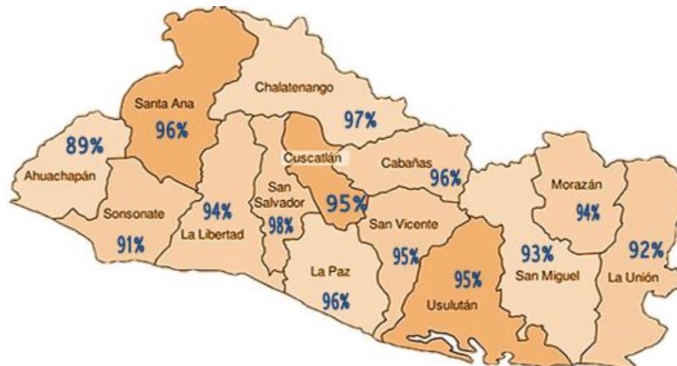
De acuerdo a la Encuesta de Hogares y Propósitos Múltiples (EHPM) 2014 de la Dirección General de Estadísticas y Censos (DIGESTYC), un aproximado de 95% de hogares salvadoreños cuenta con acceso a la energía eléctrica. De las aproximadamente 84,130 familias que no tienen acceso a electricidad, 59,332 viven en áreas rurales.



Grafica 3. Evolución de la Electrificación en El Salvador del año 2000 al 2015, Encuesta de Hogares y Propósitos Múltiples, PROESA.



Mapa 1. Electrificación Rural por Departamento según DIGESTYC, año 2014



Mapa 2. Electrificación Total por Departamento según DIGESTYC, año 2014.

Los gráficos y mapas son agregados para tener conocimientos y estimaciones de cómo está la situación eléctrica en el país.

CONSTRUCCION DE LINEAS AEREAS DE DISTRIBUCION ELECTRICA NORMAS Y ESTANDARES.

En El Salvador por medio de la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), para el uso de construcción de líneas aéreas de distribución eléctrica se han tenido diferentes planeaciones para conformar los parámetros y reglamentos que son permitidos hasta la fecha actual, dentro de los cuales los acuerdos que componen los reglamentos principales para la construcción de líneas aéreas son los siguientes:

Acuerdo No. 29-E-2000, referente a las Normas Técnicas de Diseño, Seguridad y Operación de las Instalaciones de Distribución Eléctrica, esto para garantizar la seguridad de las personas y sus bienes además de garantizar el fiel funcionamiento y calidad de servicio eléctrico a los usuarios.

Acuerdo No. 66-E-2001, referencia al manual de construcción de redes de líneas aéreas de distribución eléctrica 13kV, con vigencia desde 2001 este basado bajo el acuerdo No. 29-E-2000.

Acuerdo No. 301-E-2003, Manual de Especificaciones Técnicas de Materiales y Equipos para la Construcción de Líneas Aéreas de Distribución de Energía Eléctrica, basado en los dos acuerdos anteriores, con el fin de garantizar que los materiales de construcción cumplan con los acuerdos establecidos y su normativa.

Conforme a los acuerdos anteriores todas las distribuidoras eléctricas del país toman como estándar en sus construcciones de líneas aéreas eléctricas estos acuerdos, teniendo en cuenta que hay ciertos parámetros son establecidos por

criterio propio como las distancia entre vanos, la catenaria y aun hasta las mismas estructuras esto debido también a los valores de tensión que manejan, las zonas geográficas, entre otros factores.

Desde hace un tiempo, no se sabe una fecha exacta se ha dejado de utilizar el estándar Tipo B del manual de construcción, no se sabe las razones por la cual se optó por excluirlo y dedicar solo a construir las líneas aéreas bajo el estándar tipo A.

Al consultar con personal que labora en las empresas distribuidoras manifiestan que utilizan el manual aprobado por medio del Acuerdo 66-E-2001 aplicando el estándar Tipo A tanto para zona Urbana como Rural, esto independiente del valor nominal de tensión del servicio y que en los últimos años las estructuras existentes de Tipo B se han modificado para obtener una estructura Tipo A.

Esto se debe a que varios de los materiales ya no se comercializan o que otros son de venta exclusiva, ya que en la actualidad no todos los proveedores brindan todo el material para conformar las estructuras Tipo B.

7.2. Manual de construcción de redes de líneas aéreas de distribución eléctrica, Acuerdo 66-E-2001.

El manual de construcción está basado en el estándar de líneas de distribución de REA (EUA) y con vigencia bajo las normas internacionales ANSI, IEC, NESC, NEC, ASTM, y NFPA, interviniendo correspondientemente en el acuerdo como se adecue de mejor manera en su temática especializada.

El Acuerdo 66-E-2001, está orientado a normar la construcción de redes de distribución eléctrica a 46 kV, 23 kV, 13.2 kV, 4.16 kV y 240/120 V, teniendo como

objeto “*Mejorar la calidad de la construcción de líneas aéreas de distribución eléctrica, y asegurar el cumplimiento de las normas Técnicas de Diseño, Seguridad y Operación de las Instalaciones de Distribución Eléctrica, aprobadas por SIGET*”, esto es orientado hacia los contratistas, empresas distribuidoras e instituciones en general, relacionadas con este rubro.

El Acuerdo 66-E-2001 se divide en 13 capítulos donde se tratan de manera especial cada estándar para la construcción a los diversos niveles de tensión que se manejan en el país.

Los primeros capítulos I, II, III y IV nos hablan sobre generalidades que se aplican a los estándares los cuales comprenden los temas de

- *Cruzamiento de Líneas eléctricas.*
- *Vanos.*
- *Tensión Mecánica en los conductores.*
- *Claros y Distancias mínimas.*
- *Empotramientos.*
- *Retenidas.*
- *Anclajes.*
- *Amarres.*
- *Aterrizamiento.*
- *Neutro Corrido*
- *Poda y Brecha.*
- *Tendido y Tensado de cables Eléctricos para líneas aéreas.*
- *Detalles de construcción de líneas para 24kV y 120/240, Hilos de Neutro.*

Los capítulos V, VI, VII, VIII y IX son los estándares proporcionados para la construcción de líneas aéreas, donde se proporcionan los diferentes tipos de

estructuras con su información de características técnicas para su uso, de este bloque de capítulos nos basaremos en el Capítulo VIII “*Estándar de construcción de líneas aéreas de distribución eléctrica 13.2kV*”, con su apartado en el *Tipo B* dedicado a zonas Rurales.

Los capítulos X, XI, XII y XIII nos habla sobre los estándares para *Instalación de Hilo Neutro, Construcción de Anclajes, Instalación de Acometidas y Mediciones de Baja Tensión* y por último *Instalación de Luminarias de Alumbrado Público*, respectivamente para cada capítulo.

Retomando el Capítulo VII del acuerdo, hablaremos un poco sobre la conformidad este estándar de construcción y su división para Áreas Urbanas designada como Tipo A y para Áreas Rurales denominadas Tipo B.

7.3. Evaluación del Manual Vigente.

Estándar de Construcción de Líneas Aéreas de Distribución de Energía Eléctrica.

Este estándar esta como referencia para construcción de Líneas Aéreas de distribución de Energía Eléctricas, aprobados por las Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET) vigente desde marzo del año 2001.

Existen dos Tipos de estándares para las líneas aéreas de distribución los cuales se dividen en:

-Estándar Tipo A.

-Estándar Tipo B.

El estándar Tipo A es el encargado para la construcción de Líneas Aérea en zonas Urbanas y el estándar Tipo B para zonas Rurales, a continuación, se presenta una hoja técnica de cada tipo de estándar, donde se brinda información de los requerimientos técnicos para la construcción de líneas, tomando como base las estructuras correspondientes a un voltaje de 13.2 kV.

Estructura Corte Horizontal en H (Estándar Tipo A)

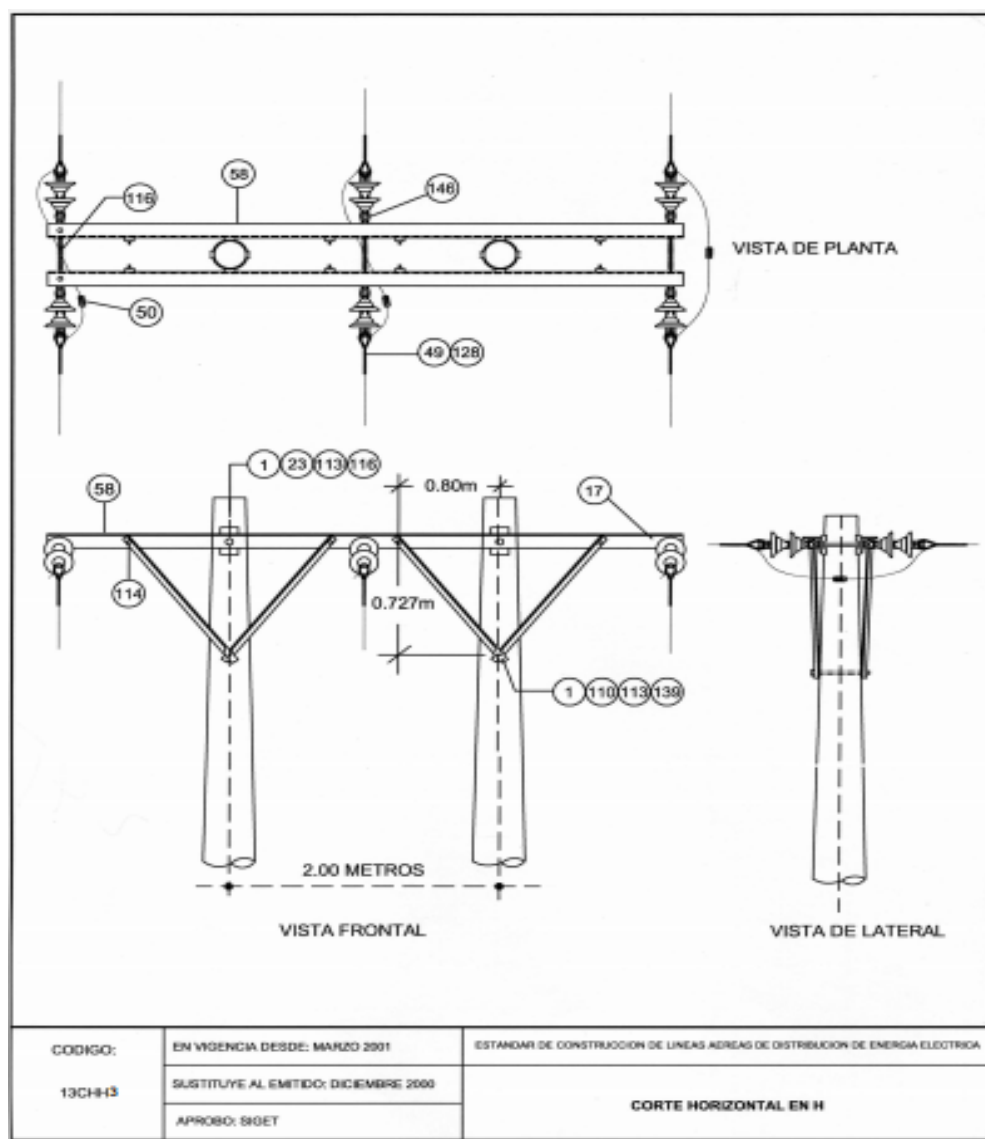


Figura 1. Código 13chh3 (13:13.2kv, ch: corte horizontal en h, 3: número de fases de la línea).

DESCRIPCION DE MATERIALES				
ESTRUCTURA: ESTRUCTURA CORTE HORIZONTAL EN H.			COD: 13CH3	
No	CODIGO ALMACEN	DESCRIPCION	CANTIDAD	
			P	A
1		Abrazadera completa 6 - 6 5/8" (152.4 - 168.3 mm)		4
17		Aislador de suspensión 13.2 kV, clase ANSI 52-1	12	12
23		Almohadilla para crucero	4	4
49		Clevis de remate S/R	6	6
50		Conector de compresión S/R	3	3
58		Crucero angular de hierro de 4700 x 76.2 x 76.2 x 6.4 mm	2	2
109		Perno máquina 5/8 x 12" (15.9 x 304.8 mm)	2	
110		Perno máquina 5/8 x 10" (15.9 x 254 mm)	2	
113		Perno máquina 5/8 x 2" (15.9 x 50.8 mm)		8
114		Perno máquina 1/2 x 1 1/2" (12.7 x 38.1 mm)	8	8
116		Perno todo rosca 5/8 x 12" (15.9 x 304.8 mm)	3	3
128		Remate preformado S/R	6	6
139		Tirante de 1143 x 38.1 x 38.1 x 6.4 mm	8	8
146		Tuerca argolla 5/8" (15.9 mm)	6	6

Figura 2. descripción de cada material utilizado en la estructura 13CH3, se presentan longitudes, espesores y diámetros de cada elemento.

OBSERVACIONES:				
1. P: Perno				
2. A: Abrazadera				
3. Abrazadera completa: incluye solamente pernos de los extremos ½ x 4 ½" (12.7 x 114.3 mm).				
4. S/R: Según requisición.				
5. m: metros.				
6. El cable de retenida será de acero galvanizado 5/16" (7.9 mm), Extra High Strength (49800 N). Independientemente del número de retenidas indicado en la tabla, se instalarán las respectivas retenidas en dirección opuesta a cada tramo de línea rematado. Para el material requerido en el anclaje, ver estándar respectivo.				
7. Los cruceros y tirantes de esta estructura están calculados para un vano de 400 m y calibre de conductor 4/0 ACSR, para otras longitudes de vano se deberán realizar los cálculos electromecánicos necesarios, para el dimensionamiento de los referidos herrajes.				
CLASE DEL POSTE	VANO (metros)	CALIBRE (AWG)	TENSION DEL CONDUCTOR (N)	ANGULO MAXIMO
750	300	4/0 ACSR	12369.6	0
	400	1/0 ACSR	6490.2	0
	500	2 ACSR	4223.8	0
1000	400	4/0 ACSR	12369.6	0
	550	1/0 ACSR	6490.2	0
	650	2 ACSR	4223.8	0

Figura 3: en esta tabla se describe el vano, calibre, Angulo máximo y tensión, que se le aplicara al conductor según la clase de poste que se vaya a implementar.

Estructura A-13.2-3 (Estándar Tipo B)

Los nombres de este tipo de estándar son los objetivos de estudio del proyecto de graduación.

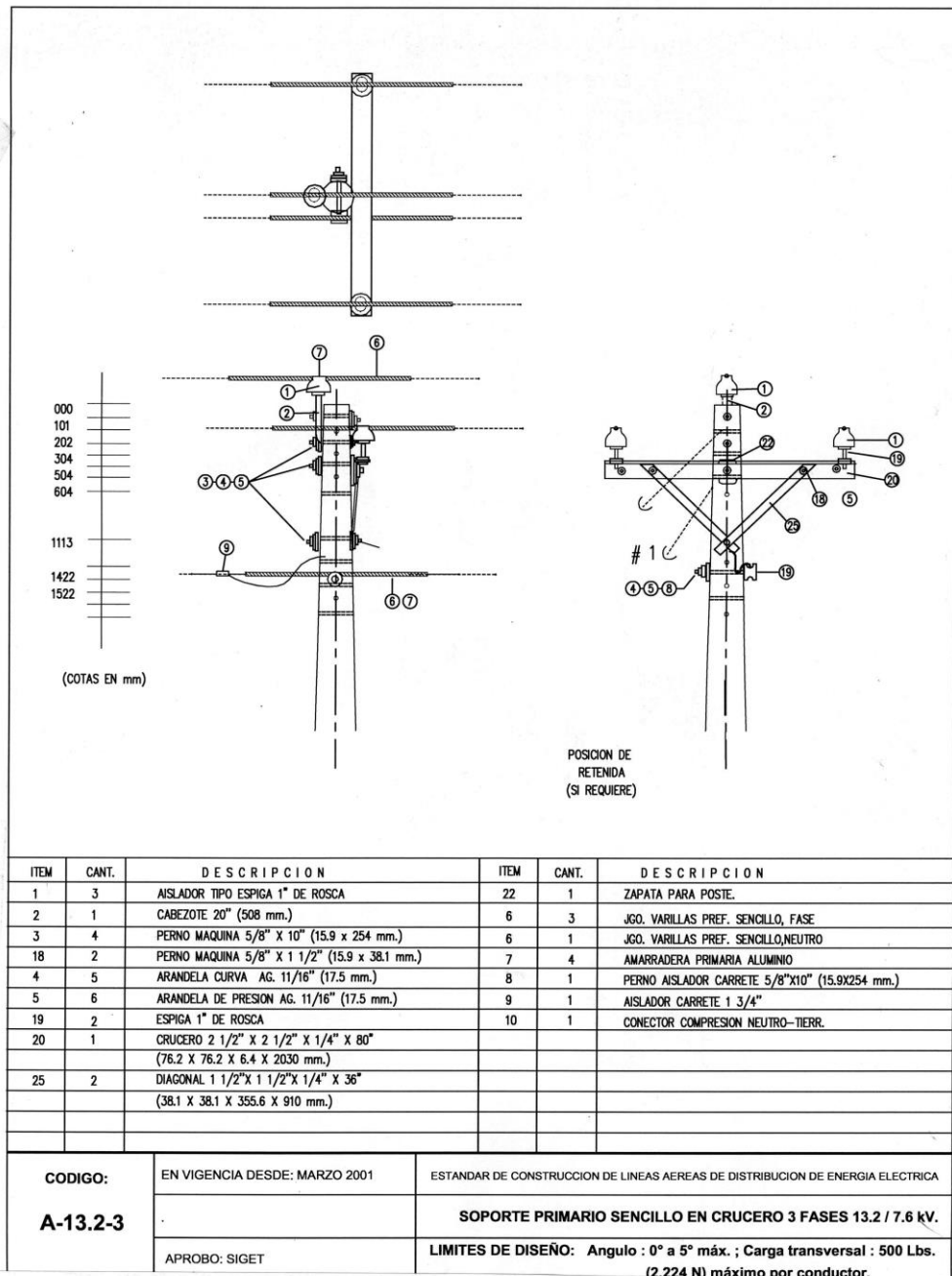


Figura 4: estructura A-13.2-2 soporte primario sencillo crucero de 3 fases 13.2kv.

En el estándar **tipo A** (Urbano) es más específico ya que la información que se presenta lo hace en un sentido técnico, dando consigo información adicional para uso de cada estructura teniendo en cuenta capacidad de esfuerzos mecánicos por conductor y por distancia de vanos

El formato el estándar **tipo B** (Rural) es más compacta y versátil al brindar la información.

Comparación General entre los Tipos de estándar del manual:

Característica	Tipo A	Tipo B
Area de Uso	Urbana	Rural
Distancia entre Vano (metros)	Entre 40 y 60	Entre 30 y 50
Estructura soportada a Base de	Abrazaderas	Pernos
Tipo de Crucero	Angular de Hierro 94"	Angular de Hierro 80"
Tipo de soporte de crucero	Tirante en "V" 45"	Diagonal de Hierro 36"
Protección	Aislador de suspensión 10"	Aislador de suspensión 6"
	Aislador tipo Espiga 1"	Aislador tipo Espiga 1"
Material de los Aisladores	Porcelana ANSI 52-4. Polimérico	Porcelana ANSI 52-1.
Máxima Carga Transversal por conductor	22,480 N	17,792 N

Tabla 1. Diferencias entre estándares Tipa A y Tipo B.

Diferencias principales:

- Presentación y estructuración de la información.
- Aplicaciones y usos destinados para cada tipo.
- Materiales de soporte de la estructura.
- Las dimensiones y espaciamientos espaciales de las estructuras.
- Costos de materiales.

Comparación de materiales de protección para el estándar Tipo A y el Tipo B:

Como se describe en la Tabla 2, las especificaciones están dadas de las normas ANSI 52-4 y ANSI 52-1, de los estándar Tipo A y Tipo B respectivamente.

Para los Aisladores de suspensión tenemos:

CARACTERISTICAS	TIPO B	TIPO A
CLASE ANSI	52-1	52-4
DIMENSIONES		
Tipo de acoplamiento	Clevis	Clevis
<ul style="list-style-type: none"> • Distancia de arqueado pulg. (m) • Tamaño de la unidad "A" pulg. (m) • Diámetro campana "B" pul. (m) • Casquete del Clevis "C" pulg. (m) • Casquete del Clevis "D" pulg. (m) • Casquete del Clevis "E" pulg. (m) • Argolla "F" pulg. (m) • Argolla "F" pulg. (m) 	<ul style="list-style-type: none"> • 7 (0.1778) • 5 ½ (0.1397) • 6 ½ (0.1651) • 11/16 (0.0175) • 11/16 (0.0175) • 11/16 (0.0175) • ½ (0.0127) • ½ (0.0127) 	<ul style="list-style-type: none"> • 11 ½ (0.2921) • 5 ¾ (0.1460) • 10 ¾ (0.2730) • 11/16 (0.0175) • 11/16 (0.0175) • 11/16 (0.0175) • ½ (0.0127) • 17/32 (0.0135)

<ul style="list-style-type: none"> Argolla "F" pulg. (m) Perno pasador "J" pulg. (m) 	<ul style="list-style-type: none"> 7/8 (0.0222) 5/8 (0.0158) 	<ul style="list-style-type: none"> 11/16 (0.0175) 5/8 (0.0158)
DATOS MECANICOS		
<ul style="list-style-type: none"> Resistencia electromecánica combinada, Lb (kN) Resistencia al impacto, Lb-pulg (N-m) Carga Máxima de trabajo, Lb (kN) 	<ul style="list-style-type: none"> 1000 (44) 45 (5.0) 5000 (22) 	<ul style="list-style-type: none"> 15000 (67) 55 (6.0) 7500 (33)
DATOS ELECTRICOS		
<ul style="list-style-type: none"> Flameo a baja frecuencia en seco, kV. Flameo a baja frecuencia en húmedo, kV. Flameo a impulso crítico, positivo, kV Flameo a impulso crítico, negativo, kV Voltaje de perforación a baja frecuencia, kV. 	<ul style="list-style-type: none"> 60 30 100 100 80 	<ul style="list-style-type: none"> 80 50 125 130 110

Tabla 2. Especificaciones y comparación de los aisladores de suspensión para cada tipo de estándar.

Como se puede observar las diferencias de pruebas según ANSI designadas para cada uso de acuerdo a cada tipo de estándar son apropiadas según la aprobación reflejada en el Manual de construcción, cabe destacar, que actualmente los Aisladores de suspensión son utilizados mayormente en ANSI 52-1, y que la mayoría de distribuidoras está optando por el uso de aisladores de suspensión poliméricos.

El análisis de los aisladores tipo espiga no se realiza la comparación debido a que actualmente en ambos estándares se utilizan el mismo tipo de aislador esto plasmado en el Acuerdo 301-E-2003, los datos generales Normados del aislador son los siguientes:

CARACTERISTICAS	AMBOS TIPOS
CLASE ANSI	55-4
DIMENSIONES	
<ul style="list-style-type: none"> Distancias de fuga, pulg (mm) Distancias de arqueo, pulg (mm) Altura mínima de la espiga, pulg (mm) 	<ul style="list-style-type: none"> 4 (102) 2 ¼ (57) 4 (102)
DATOS MECANICOS libras (kN)	
<ul style="list-style-type: none"> Resistencia a la flexión 	<ul style="list-style-type: none"> 2923 (13)
DATOS ELECTRICOS kV	
<ul style="list-style-type: none"> Voltaje de aplicación típico 	<ul style="list-style-type: none"> 13.2
Flameo a Baja frecuencia <ul style="list-style-type: none"> En Seco En Húmedo 	<ul style="list-style-type: none"> 70 40
Flameo a impulso critico <ul style="list-style-type: none"> Positivo Negativo 	<ul style="list-style-type: none"> 110 140
<ul style="list-style-type: none"> Voltaje de perforación a baja frecuencia 	<ul style="list-style-type: none"> 95
VOLTAJE DE RADIO INTERFERENCIA	
<ul style="list-style-type: none"> Voltaje de prueba, rms a tierra Kv 	<ul style="list-style-type: none"> 10

• VRI máximo a 1000 kHz, Radio libre μV	• 50
• Simple μV	• 5,500

Tabla 3. Datos de aislador tipo espiga para ambos tipos de estándar.

En la siguiente tabla mostraremos las estructuras más importantes de cada uno de los estándares y se mostrara su equivalente respectivo:

Estándar Tipo A Estructura	Estándar Tipo B Estructura
Tangente doble 13TD	Soporte primario doble A2-13.2
Corte horizontal 13CH	Doble remate en crucero tres fases C2-13.2
Tangente doble 13TD	Soporte primario doble B2-13.2
Volada doble 13VD	Soporte primario doble A2C-13.2

Tabla 4. Equivalencia de estructuras entre tipo A y tipo B.

Las imágenes mostradas a continuación corresponden a las figuras de las estructuras equivalentes de cada uno de los estándares que se mostraban en la tabla anterior, la comparación se hará para la topología trifásica, puesto que son más complejas y servirán para un mejor análisis.

Estructuras: Volada Doble 13CH3 vs Soporte primario doble A2C-13.2-3.

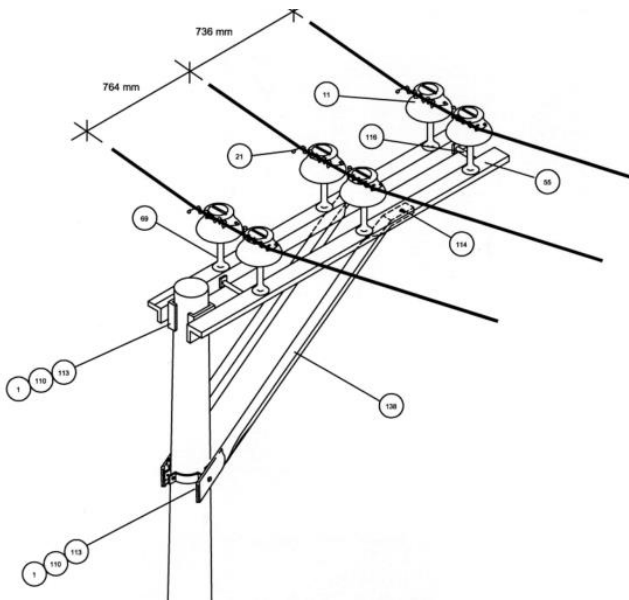


Figura 5. Volada Doble 13VD3 / Estándar Tipo A.

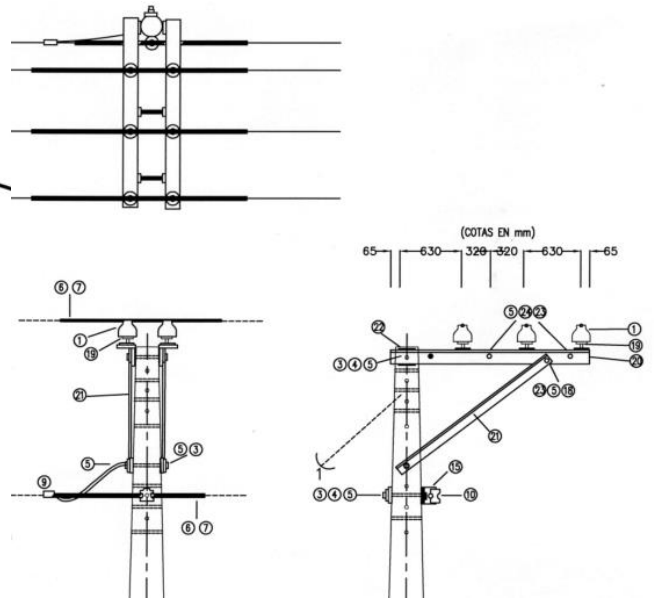


Figura 6. Soporte primario doble A2C-13.2-3 / Estándar Tipo B.

Estructuras: Corte horizontal 13CH3 vs Doble remate en crucero tres fases C2-13.2-3.

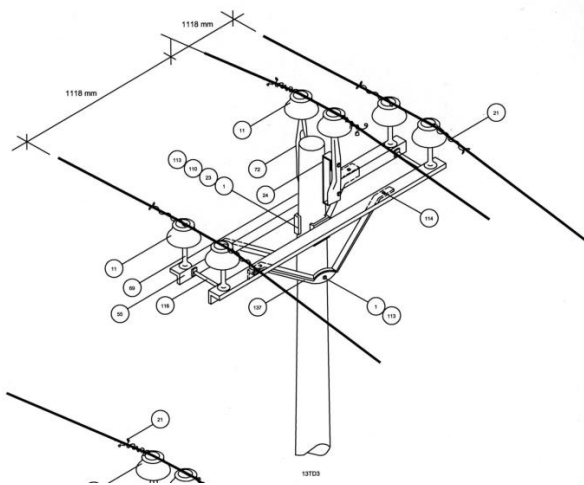


Figura 7. Tangente doble 13TD3 / Estándar Tipo A.

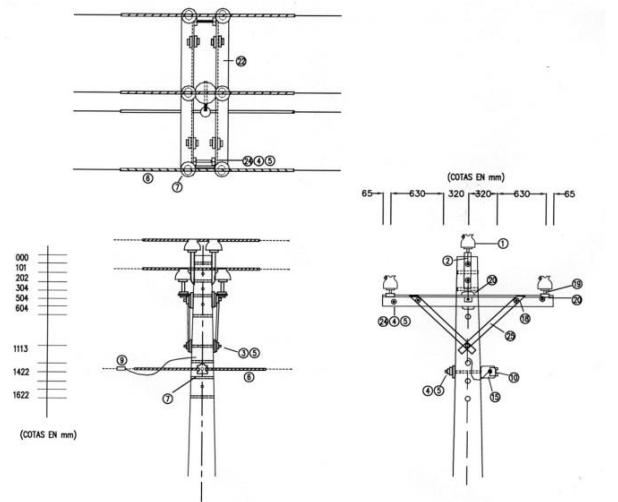


Figura 8. Soporte primario doble A2-13.2-3 / Estándar Tipo B.

Estructuras: Tangente Doble 13TD3 vs Soporte primario doble A2-13.2-3 vs Soporte primario doble B2-13.2-3.

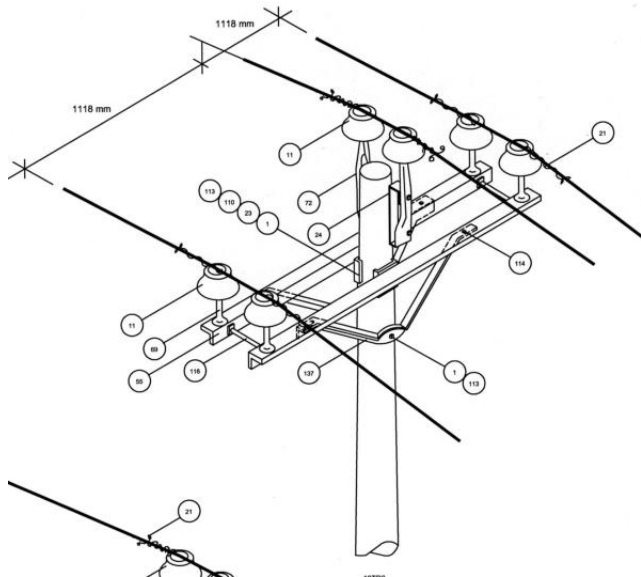


Figura 9. Tangente Doble 13TD3 / Estándar Tipo A.

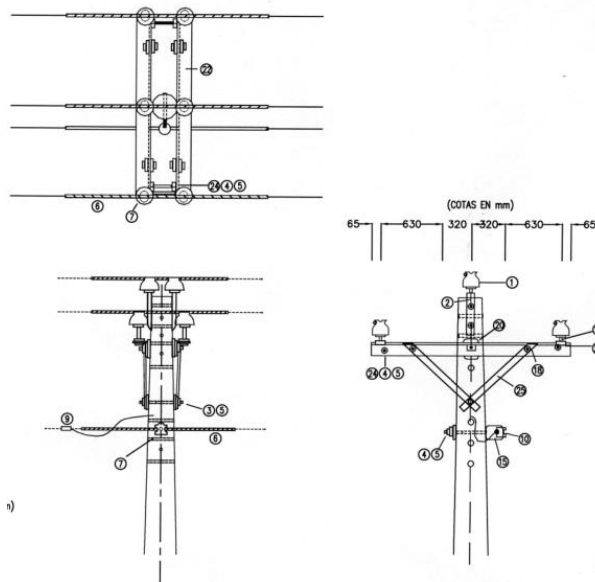


Figura 10. Soporte primario doble A2-13.2-3 / Estándar Tipo B.

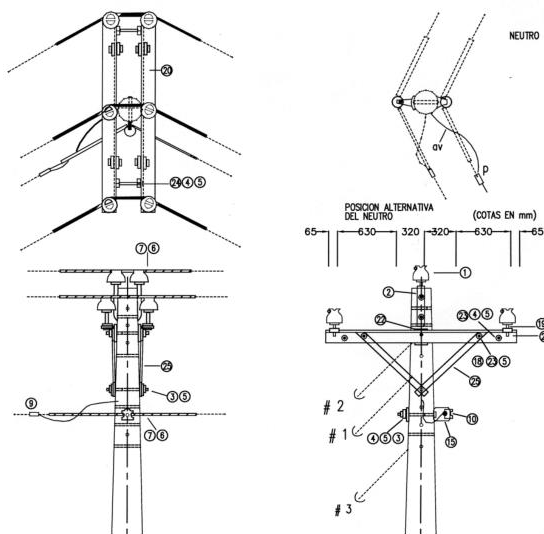


Figura 11. Soporte primario doble B2-13.2-3 / Estándar Tipo B.

Al evaluar cada una de las estructuras para cada tipo de estándar, encontramos las diferencias siguientes:

- Los espaciamientos horizontales debido al tamaño de los cruceros son mayores en el estándar tipo A con una medida de 90 pulgadas, respecto a los de tipo B con medida de 80 pulgadas.
- Los ángulos de incidencia de los conductores, en el tipo A podemos hacer una configuración con ángulos más cerrados respecto al tipo B.
- El posicionamiento para llevar el conductor de neutro ya que en el tipo B esta designado a la altura a la cual debe colocarse, mientras que en el caso del tipo A no se denota en los esquemas esto es porque este conductor se puede optar por usar un anclaje o una abrazadera para colocarlos, ya queda a discreción del diseñador encargado de la ejecución de la red a que altura y posicionamiento desea hacerlo siempre bajo los criterios de SIGET.

Comparación de costos de materiales de estructuras tipo A versus tipo B.

A continuación, se presenta una comparación de los costos que conlleva armar ciertos tipos de estructuras de ambos Tipos vigentes en el país, para ello nos basaremos en estructuras Trifásicas y que sean equivalentes, y que son de uso común.

Para este caso en la siguiente tabla retomaremos la tabla de estructuras de las cuales hemos hablado anteriormente para uso de sistemas trifásicos:

Estándar Tipo A Estructura	Estándar Tipo B Estructura
Tangente doble 13TD3	Soporte primario doble A2-13.2-3
Corte horizontal 13CH3	Doble remate en crucero tres fases C2-13.2-3
Tangente doble 13TD3	Soporte primario doble B2-13.2-3
Volada doble 13VD3	Soporte primario doble A2C-13.2-3

Tabla 5. Equivalencia de estructuras entre tipo A y tipo B.

Para cada una de las comparaciones se pondrá al final la diferencia de costo entre las estructuras.

Las fuentes del análisis de costos corresponden a cotizaciones de diferentes empresas que se dedican a la distribución de los materiales necesarios para la conformación estructuras aéreas de líneas de distribución eléctrica entre ellas se solicitaron a: Grupo Pelsa, CELASA, CASA AMA, INFICA, de ellas se retomaron los costos más debe considerarse el menor costo.

- Comparación entre 13TD3 VS A2-13.2-3.

Nombre/Codigo	Tipo	Detalle	PU IVA	Unidad	Cantidad	Total
tangente doble 13TD3	A	ABRAZADERA 6-6 5/8" (152 a 168mm)	\$ 4.92	DOS PZAS	2	\$ 9.84
		Aislador de espiga 13.2KV, Clase ANSI 55-4	\$ 6.95	UNIDAD	6	\$ 41.69
		ALMOHADILLA PARA TRANSFORMADOR	\$ 4.04	UNIDAD	2	\$ 8.08
		Alambre # 4 aluminio para amarradera (mts)	\$ 0.32	METRO	6	\$ 1.94
		Espiga para crucero Ho. 13.2 kv, 6" (247 mm)	\$12.02	UNIDAD	4	\$ 48.07
		Crucero angular de hierro 94" (2388 mm)	\$68.31	UNIDAD	2	\$136.62
		Perno Maquina 5/8 x 2" (15.9 x 50.8 mm)	\$ 1.25	UNIDAD	4	\$ 4.99
		Perno Maquina 1/2 x 1 1/2" (12.7 x 38.1 mm)	\$ 0.66	UNIDAD	4	\$ 2.64
		Perno Maquina 5/8 x 12" (15.9 x 304.8 mm)	\$ 3.89	UNIDAD	2	\$ 7.79
		Tirante en "V" de 45" (1143 mm)	\$20.20	UNIDAD	2	\$ 40.40
		Espiga punta de poste (cabezote) 18" (457.2 mm)	\$21.62	UNIDAD	2	\$ 43.25
		Perno Carroceria 1/2 x 4 1/2"	\$ 1.03	UNIDAD	4	\$ 4.11
TOTAL						\$349.42

Tabla 6. Costo Tangente Doble 13TD3

Nombre/Codigo	Tipo	Detalle	PU IVA	Unidad	Cantidad	Total
soporte primario doble A2-13.2-3	B	AISLADOR PORCELANA TIPO ESPIGA 1" DE ROSCA	\$ 2.97	UNIDAD	6	\$ 17.82
		CABEZOTE 20"(508 MM)	\$12.00	UNIDAD	2	\$ 24.00
		PERNO MAQUINA 5/8" X 1 1/2" (15.9 X 38.1 MM)	\$ 0.60	UNIDAD	5	\$ 3.00
		PERNO MAQUINA 5/8" X 10" (15.9 X 254 MM)	\$ 1.60	UNIDAD	4	\$ 6.40
		ARANDELA CURVA AGUJERO 11/16" (17.5 MM)	\$ 0.58	UNIDAD	1	\$ 0.58
		ARANDELA DE PRESION AGUJERO 11/16" (17.5 MM)	\$ 0.22	UNIDAD	4	\$ 0.88
		ARANDELA PLANA DE 11/16" (17.5 MM)	\$ 0.18	UNIDAD	13	\$ 2.34
		AISLADOR DE CARRETE 3" DIAMETRO (76.2MM) (mismo de 1 3/4")	\$ 0.41	UNIDAD	1	\$ 0.41
		CRUCERO 3" X 3" X 1/4" X 80" (76.2 X 76.2 X 6.4 X 2030 MM)	\$56.00	UNIDAD	2	\$112.00
		DIAGONAL 1 1/2" X 1 1/2" X 1/4" X 36" (38.1 X 38.1 X 6.4 X 914.4 MM)	\$21.47	UNIDAD	4	\$ 85.88
		PERNO TODO ROSCA 5/8" X 12" (15.9 X 304.8MM)	\$ 2.17	UNIDAD	2	\$ 4.34
		REMATE PERFORMADO FASE (juego de varillas)	\$ 2.18	UNIDAD	6	\$ 13.08
		REMATE PERFORMADO NEUTRO (juego de varillas)	\$ 2.90	UNIDAD	2	\$ 5.80
		AMARRADERA PRIMARIA ALUMINIO	\$ 0.31	UNIDAD	7	\$ 2.14
		CONECTOR COMPRESION NEUTRO- TIERRA	\$ 1.30	UNIDAD	1	\$ 1.30
		ZAPATA PARA POSTE(almohadilla tipo s)	\$ 2.45	UNIDAD	2	\$ 4.90
		ESTRIBO PARA AISLADOR DE CARRETE	\$ 2.00	UNIDAD	1	\$ 2.00
		ESPIGA 1" DE ROSCA	\$ 9.00	UNIDAD	4	\$ 36.00
		TOTAL				\$322.86

Tabla 7. Costos Soporte Primario Doble A2-13.2-3

Diferencia de costos entre las estructuras Comparación 13TD3 VS A2-13.2-3 es de un monto de **\$26.55**, más barata la estructura Tipo B.

- Comparación entre 13CH3 VS C2-13.2-3.

Nombre/Codigo	Tipo	Detalle	PU IVA	Unidad	Cantidad	Total		
corte horizontal 13CH3	A	ABRAZADERA 6-6 5/8" (152 a 168mm)	\$ 4.92	DOS PZAS	2	\$ 9.84		
		Aislador de suspension 13.2kV, Clase ANSI 52-1	\$15.51	UNIDAD	12	\$186.15		
		Aislador de espiga 13.2KV, Clase ANSI 55-4	\$ 6.95	UNIDAD	1	\$ 6.95		
		ALMOHADILLA PARA TRANSFORMADOR	\$ 4.04	UNIDAD	2	\$ 8.08		
		Tuerca argolla 5/8" (15.9 mm) lisa	\$ 3.31	UNIDAD	6	\$ 19.83		
		Clevis de remate	\$10.31	UNIDAD	6	\$ 61.85		
		Crucero angular de hierro 94" (2388 mm)	\$68.31	UNIDAD	2	\$136.62		
		Espiga para crucero Ho. 13.2 kV, 6" (247 mm)	\$12.02	UNIDAD	1	\$ 12.02		
		Alambre # 4 aluminio para amarradera (mts)	\$ 0.32	METRO	2	\$ 0.65		
		Perno Maquina 5/8 x 2" (15.9 x 50.8 mm)	\$ 1.25	UNIDAD	4	\$ 4.99		
		Perno Maquina 1/2 x 1 1/2" (12.7 x 38.1 mm)	\$ 0.66	UNIDAD	4	\$ 2.64		
		Perno Maquina 5/8 x 12" (15.9 x 304.8 mm)	\$ 3.89	UNIDAD	2	\$ 7.79		
		Tirante en "V" de 45" (1143 mm)	\$20.20	UNIDAD	2	\$ 40.40		
		CONECTOR DE COMPRESION YP26AU2	\$ 1.80	UNIDAD	3	\$ 5.39		
		Remate Preformado ACSR 2/0 (PUNTO AZUL)	\$ 3.38	UNIDAD	6	\$ 20.27		
		Perno Carroceria 1/2 x 4 1/2"	\$ 1.03	UNIDAD	4	\$ 4.11		
				TOTAL				\$527.58

Tabla 8. Costo Corte Horizontal 13CH3

Nombre/Codigo	Tipo	Detalle	PU IVA	Unidad	Cantidad	Total
Doble remate en crucero tres fases C2-13.2-3	B	PERNO MAQUINA 5/8" X 1 1/2" (15.9 X 38.1 MM)	\$ 0.60	UNIDAD	4	\$ 2.40
		PERNO MAQUINA 5/8" X 10" (15.9 X 254 MM)	\$ 1.60	UNIDAD	2	\$ 3.20
		ARANDELA CURVA AGUJERO 11/16" (17.5 MM)	\$ 0.58	UNIDAD	4	\$ 2.32
		ARANDELA DE PRESION AGUJERO 11/16" (17.5 MM)	\$ 0.22	UNIDAD	12	\$ 2.64
		ARANDELA PLANA DE 11/16" (17.5 MM)	\$ 0.18	UNIDAD	4	\$ 0.72
		CRUCERO 3" X 3" X 1/4" X 80" (76.2 X 76.2 X 6.4 X 2030 MM)	\$56.00	UNIDAD	2	\$112.00
		DIAGONAL 1 1/2" X 1 1/2" X 1/4" X 36" (38.1 X 38.1 X 6.4 X 914.4 MM)	\$21.47	UNIDAD	4	\$ 85.88
		PERNO TODO ROSCA 5/8" X 12" (15.9 X 304.8MM)	\$ 2.17	UNIDAD	2	\$ 4.34
		REMATE PERFORMADO FASE (juego de varillas)	\$ 2.18	UNIDAD	6	\$ 13.08
		REMATE PERFORMADO NEUTRO (juego de varillas)	\$ 2.90	UNIDAD	3	\$ 8.70
		AMARRADERA PRIMARIA ALUMINIO	\$ 0.31	UNIDAD	1	\$ 0.31
		CONECTOR COMPRESION FASE- FASE	\$ 1.30	UNIDAD	6	\$ 7.80
		ZAPATA PARA POSTE(almohadilla tipo s)	\$ 2.45	UNIDAD	2	\$ 4.90
		ESPIGA 1" DE ROSCA	\$ 9.00	UNIDAD	1	\$ 9.00
		AISLADOR SUSPENSION DE 6" (152.4MM)	\$12.00	UNIDAD	12	\$144.00
		TUERCA ARGOLLA DE 5/8" (15.9MM)	\$ 1.47	UNIDAD	2	\$ 2.94
		PERNO ARGOLLA 5/8" X 10" (15.9 X 304.8 MM)	\$ 3.25	UNIDAD	2	\$ 6.50
		HORQUILLA (CLEVIS) DE REMATE	\$ 7.00	UNIDAD	8	\$ 56.00
GRILLETE ANCLAJE 9/16" (14.29MM)	\$ 4.00	UNIDAD	6	\$ 24.00		
CONECTOR COMPRESION NEUTRO- NEUTRO	\$ 1.30	UNIDAD	4	\$ 5.20		
AISLADOR PORCELANA TIPO ESPIGA 1" DE ROSCA	\$ 2.97	UNIDAD	1	\$ 2.97		
		TOTAL				\$ 498.90

Tabla 9. Costos Doble Remate en Crucero C2-13.2-3

Diferencia de costos entre las estructuras Comparación 13CH3 VS C2-13.2-3 es de un monto de **\$28.68**, más barata la estructura Tipo B.

- Comparación 13VD3 VS AC2-13.2-2.

Nombre/Codigo	Tipo	Detalle	PU IVA	Unidad	Cantidad	Total
volada doble 13VD3	A	ABRAZADERA 6-6 5/8" (152 a 168mm)	\$ 4.92	DOS PZAS	2	\$ 9.84
		Aislador de espiga 13.2KV, Clase ANSI 55-4	\$ 6.95	UNIDAD	6	\$ 41.69
		ALMOHADILLA PARA TRANSFORMADOR	\$ 4.04	UNIDAD	2	\$ 8.08
		Alambre # 4 aluminio para amarradera (mts)	\$ 0.32	METRO	12	\$ 3.88
		Espiga para crucero Ho. 13.2 kV, 6" (247 mm)	\$12.02	UNIDAD	6	\$ 72.10
		Crucero angular de hierro 94" (2388 mm)	\$68.31	UNIDAD	2	\$136.62
		Perno Maquina 5/8 x 2" (15.9 x 50.8 mm)	\$ 1.25	UNIDAD	4	\$ 4.99
		Perno Maquina 1/2 x 1 1/2" (12.7 x 38.1 mm)	\$ 0.66	UNIDAD	2	\$ 1.32
		Perno Maquina 5/8 x 12" (15.9 x 304.8 mm)	\$ 3.89	UNIDAD	2	\$ 7.79
		Perno Carroceria 1/2 x 4 1/2"	\$ 1.03	UNIDAD	4	\$ 4.11
		Tirante de 72" (1829 mm)	\$35.99	UNIDAD	2	\$ 71.98
		TOTAL				\$362.40

Tabla 10. Costo Volada Doble 13VD3.

Nombre/Codigo	Tipo	Detalle	PU IVA	Unidad	Cantidad	Total
soporte primario doble en crucero 3 fases A2C-13.2- 3	B	AISLADOR PORCELANA TIPO ESPIGA 1" DE ROSCA	\$ 2.97	UNIDAD	6	\$ 17.82
		PERNO MAQUINA 5/8" X 10" (15.9 X 254 MM)	\$ 1.60	UNIDAD	2	\$ 3.20
		ARANDELA CURVA AGUJERO 11/16" (17.5 MM)	\$ 0.58	UNIDAD	1	\$ 0.58
		ARANDELA DE PRESION AGUJERO 11/16" (17.5 MM)	\$ 0.22	UNIDAD	9	\$ 1.98
		ARANDELA PLANA DE 11/16" (17.5 MM)	\$ 0.18	UNIDAD	4	\$ 0.72
		CRUCERO 3" X 3" X 1/4" X 80" (76.2 X 76.2 X 6.4 X 2030 MM)	\$56.00	UNIDAD	2	\$112.00
		DIAGONAL 1 1/2" X 1 1/2" X 1/4" X 36" (38.1 X 38.1 X 6.4 X 914.4 MM)	\$21.47	UNIDAD	2	\$ 42.94
		PERNO TODO ROSCA 5/8" X 12" (15.9 X 304.8MM)	\$ 2.17	UNIDAD	2	\$ 4.34
		REMATE PERFORMADO FASE (juego de varillas)	\$ 2.18	UNIDAD	6	\$ 13.08
		REMATE PERFORMADO NEUTRO (juego de varillas)	\$ 2.90	UNIDAD	2	\$ 5.80
		AMARRADERA PRIMARIA ALUMINIO	\$ 0.31	UNIDAD	3	\$ 0.92
		CONECTOR COMPRESION NEUTRO- TIERRA	\$ 1.30	UNIDAD	1	\$ 1.30
		ZAPATA PARA POSTE(almohadilla tipo s)	\$ 2.45	UNIDAD	2	\$ 4.90
		ESTRIBO PARA AISLADOR DE CARRETE	\$ 2.00	UNIDAD	1	\$ 2.00
		ESPIGA 1" DE ROSCA	\$ 9.00	UNIDAD	6	\$ 54.00
		AISLADOR DE CARRETE 3" DIAMETRO (76.2MM) (mismo de 1 3/4")	\$ 0.41	UNIDAD	1	\$ 0.41
TOTAL						\$265.99

Tabla 11. Costo Soporte Primario Doble Crucero A2C-13.2-3.

Diferencia de costos entre las estructuras Comparación 13VD3 VS AC2-13.2-2 es de un monto de **\$96.42**, más barata la estructura Tipo B.

- Comparación 13TD3 VS B2-13.2-2

Nombre/Codigo	Tipo	Detalle	PU IVA	Unidad	Cantidad	Total
tangente doble 13TD3	A	ABRAZADERA 6-6 5/8" (152 a 168mm)	\$ 4.92	DOS PZAS	2	\$ 9.84
		Aislador de espiga 13.2KV, Clase ANSI 55-4	\$ 6.95	UNIDAD	6	\$ 41.69
		ALMOHADILLA PARA TRANSFORMADOR	\$ 4.04	UNIDAD	2	\$ 8.08
		Alambre # 4 aluminio para amarradera (mts)	\$ 0.32	METRO	6	\$ 1.94
		Espiga para crucero Ho. 13.2 kV, 6" (247 mm)	\$12.02	UNIDAD	4	\$ 48.07
		Crucero angular de hierro 94" (2388 mm)	\$68.31	UNIDAD	2	\$136.62
		Perno Maquina 5/8 x 2" (15.9 x 50.8 mm)	\$ 1.25	UNIDAD	4	\$ 4.99
		Perno Maquina 1/2 x 1 1/2" (12.7 x 38.1 mm)	\$ 0.66	UNIDAD	4	\$ 2.64
		Perno Maquina 5/8 x 12" (15.9 x 304.8 mm)	\$ 3.89	UNIDAD	2	\$ 7.79
		Tirante en "V" de 45" (1143 mm)	\$20.20	UNIDAD	2	\$ 40.40
		Espiga punta de poste (cabezote) 18" (457.2 mm)	\$21.62	UNIDAD	2	\$ 43.25
		Perno Carroceria 1/2 x 4 1/2"	\$ 1.03	UNIDAD	4	\$ 4.11
		TOTAL				

Tabla 12. Costo Tangente Doble 13TD3.

Nombre/Codigo	Tipo	Detalle	PU IVA	Unidad	Cantidad	Total
soporte primario doble en crucero 3 fases B2-13.2- 3	B	PERNO MAQUINA 5/8" X 1 1/2" (15.9 X 38.1 MM)	\$ 0.60	UNIDAD	4	\$ 2.40
		PERNO MAQUINA 5/8" X 10" (15.9 X 254 MM)	\$ 1.60	UNIDAD	5	\$ 8.00
		ARANDELA CURVA AGUJERO 11/16" (17.5 MM)	\$ 0.58	UNIDAD	1	\$ 0.58
		ARANDELA DE PRESION AGUJERO 11/16" (17.5 MM)	\$ 0.22	UNIDAD	13	\$ 2.86
		ARANDELA PLANA DE 11/16" (17.5 MM)	\$ 0.18	UNIDAD	4	\$ 0.72
		CRUCERO 3" X 3" X 1/4" X 80" (76.2 X 76.2 X 6.4 X 2030 MM)	\$56.00	UNIDAD	2	\$112.00
		DIAGONAL 1 1/2" X 1 1/2" X 1/4" X 36" (38.1 X 38.1 X 6.4 X 914.4 MM)	\$21.47	UNIDAD	4	\$ 85.88
		PERNO TODO ROSCA 5/8" X 12" (15.9 X 304.8MM)	\$ 2.17	UNIDAD	2	\$ 4.34
		REMATE PERFORMADO FASE (juego de varillas)	\$ 2.18	UNIDAD	6	\$ 13.08
		REMATE PERFORMADO NEUTRO (juego de varillas)	\$ 2.90	UNIDAD	2	\$ 5.80
		AMARRADERA PRIMARIA ALUMINIO	\$ 0.31	UNIDAD	7	\$ 2.14
		CONECTOR COMPRESION FASE- FASE	\$ 1.30	UNIDAD	1	\$ 1.30
		ZAPATA PARA POSTE(almohadilla tipo s)	\$ 2.45	UNIDAD	2	\$ 4.90
		ESPIGA 1" DE ROSCA	\$ 9.00	UNIDAD	4	\$ 36.00
		AISLADOR PORCELANA TIPO ESPIGA 1" DE ROSCA	\$ 2.97	UNIDAD	6	\$ 17.82
		AISLADOR DE CARRETE 3" DIAMETRO (76.2MM) (mismo de 1 3/4")	\$ 0.41	UNIDAD	1	\$ 0.41
		ESTRIBO PARA AISLADOR DE CARRETE	\$ 2.00	UNIDAD	1	\$ 2.00
		CABEZOTE 20"(508 MM)	\$12.00	UNIDAD	2	\$ 24.00
TOTAL						\$298.23

Tabla13. Costo Soporte Primario Doble Crucero B2-13.2-3.

Diferencia de costos entre las estructuras Comparación 13VD3 VS AC2-13.2-2 es de un monto de **\$51.19**, más barata la estructura Tipo B.

- Cuadro comparativo general.

Estructura	Tipo	Costo Total	diferencia
tangente doble 13TD3	A	\$ 349.42	\$ 26.55
soporte primario doble A2-13.2-3	B	\$ 322.86	
corte horizontal 13CH3	A	\$ 527.58	\$ 28.68
Doble remate en crucero tres fases C2-13.2-3	B	\$ 498.90	
volada doble 13VD3	A	\$ 362.40	\$ 96.42
soporte primario doble en crucero 3 fases A2C-13.2-3	B	\$ 265.99	
tangente doble 13TD3	A	\$ 349.42	\$ 51.19
soporte primario doble en crucero 3 fases B2-13.2-3	B	\$ 298.23	

Tabla 14. Cuadro comparativo de costos entre estructuras equivalentes.

Como podemos ver la diferencia de costos es relativamente baja, tratando de ahorrar con el uso de pernos para la fijación principal de poste. Así mismo, podemos ver en el listado de materiales que podría ahorrarse un poco más si en el

estándar tipo B se ocupara un tirante en V de 45" que dos Diagonales de 36" ya que prácticamente el costo de un tirante es igual al de una diagonal

Al analizar los resultados podemos concluir que el estándar tipo B no es tan viable en los costos actuales del mercado ya que el poco ahorro que se tiene en la ejecución por materiales se puede perder en mano de obra debido que los tiempos de instalación son mayores.

7.4. Resumen de la Evaluación.

Como podemos ver en la tabla 2 los materiales básicos para el soporte de las estructuras cambian considerablemente y esto se ve reflejado en dos aspectos cruciales los cuales son: *Costo de construcción y Factores de resistencia y seguridad debido a factores ambientales.*

El uso de las estructuras estándar tipo A yace que en los últimos años con el aumento de la población radicándose en las zonas urbanas y/o cercanas estas zonas y el crecimiento de las necesidades de ampliar las zonas de electrificación y dar un servicio de más calidad, las empresas de distribución eléctrica fueron adquiriendo en mayor cantidad los materiales de construcción de estructuras del estándar tipo A y con ello al pasar del tiempo al no ser demandados en grandes cantidades los materiales para construcción de tipo B, los empresarios que manufacturaban varios de los materiales para el diseño de estas estructuras fueron sacando producción estos artículos y se dedicaron a la creación de materiales para el diseño de estructuras de distribución de tipo A.

Entre los materiales que no se comercializan o que solo ciertos comerciantes proveen tenemos:

- Cruceros de Hierro de 80".
- Tirantes o Diagonales de Hierro de 36".

- Aisladores de porcelana de 6”.
- Arandelas de 11/16”.

Los principales proveedores que comercializan los materiales anteriores son INFICA (dedicada a perfiles y hierros) la cual es la única empresa que por el momento puede proveer los cruceros de 80” y las diagonales de 36”, otras empresas pueden comercializar estos productos pero son de pedido especial y son de fabricación en el mercado externo como lo es Grupo Pelsa con algunos de sus integradores; Cabe destacar que hacer un pedido especial aumentara el costo del elemento grandemente ya que no se producirá masivamente.

Ventajas de estándar tipo A como uso actual

- Mayor resistencia a esfuerzos mecánicos.
- Mayor resistencia a descargas eléctricas medio ambientales
- Mayor seguridad entre conductores de línea.
- Mayor zona de seguridad para usuarios.
- Menor tiempo construcción.

Desventajas y debilidades de estándar tipo A como uso actual

- Mayor costo de materiales.
- Mayor costo de construcción en mano de obra.
- Reemplazo de las estructuras de tipo B a tipo A.

Algunas consideraciones extras que se proveen en el manual para cada una de los tipos de estándar.

Para el Estándar Tipo A:

- *Cable de retenida a ocupar*
- *Tipo de Conductor*

- *Angulo diferenciales entre vano*
- *carga máxima soportada por conductor.*

Para el Estándar Tipo B:

- *Angulo diferenciales entre vano*
- *Carga máxima soportada por conductor.*

NOTA: El análisis de este apartado se enfoca a que el estándar Tipo A presenta ventajas Técnicas y de seguridad mucho mejores que las del Tipo B (VER ANEXO 2: Experiencias del tema de investigación).

7.5 Sistemas de Baja tensión.

Del acuerdo 66-E 2001 se establece condiciones necesarias para el uso de las estructuras de líneas aéreas de distribución eléctrica para baja tensión, los puntos tratados en el manual son:

- *Distanciamiento de seguridad.*
- *Estructuras a utilizar.*

En el análisis de cada uno de estos puntos se verá como SIGET deja plasmado las normativas y recomendaciones apropiadas para que el proyectista eléctrico o distribuidora se construya y se garantice de manera correcta el diseño de entrega de la acometida eléctrica hacia los usuarios finales.

Distanciamiento de Seguridad.

Los conductores pueden instalarse en estribos con aislador tipo carrete colocados en un lado del poste o estructura, cumpliendo con las condiciones siguientes:

- a. El voltaje entre conductores no debe ser mayor de 750 voltios. Se exceptúan los cables de cualquier voltaje que tengan cubierta (o pantalla) metálica continua conectada a tierra.
- b. La separación vertical entre conductores de distinta fase o distinta polaridad no debe ser menor de 20 centímetros, para vanos de 0 a 60 metros.
- c. La separación entre los conductores y la superficie de postes o estructuras no debe ser menor de 7.5 centímetros.
- d. Podrá construirse la red eléctrica en baja tensión utilizando cable múltiplex (varios conductores entorchados en un solo paquete), únicamente en zonas rurales, cuya distribución de viviendas o lotes no es uniforme u ordenada, utilizando los herrajes estandarizados para dicha forma de construcción, y tomando las consideraciones de diseño que implica esta forma de construcción.

Estructuras a Utilizar.

Las consideraciones y generalidades para la construcción de líneas aéreas para nivel de baja tensión se proveen en el Capítulo 3 sección 2 del acuerdo 66-E 2001, las estructuras principales a utilizar son: *TS “Tangente Secundaria”*, *CV “Cruce Vertical Secundario”* y *RS “Remate Secundario”*.

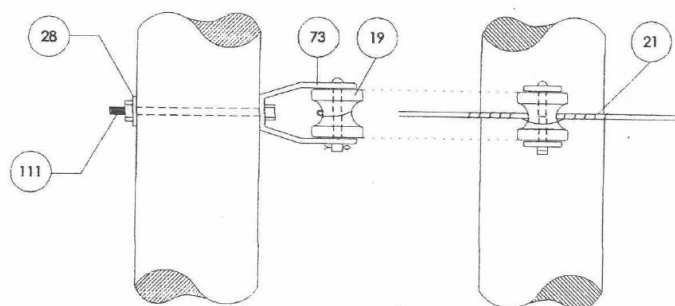


Figura 12. Estructura TS “Tangente Secundaria”.

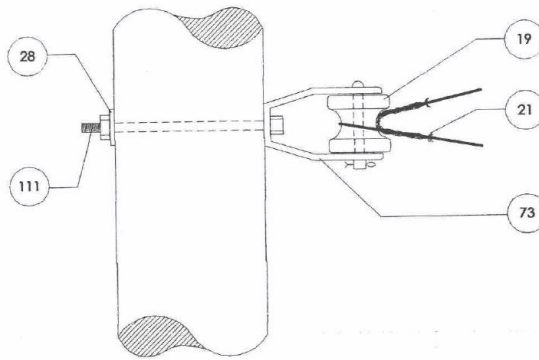


Figura 13. Estructura CV “Cruce Vertical Secundario”.

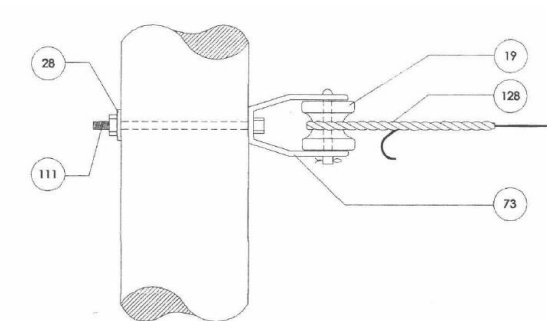


Figura 14. Estructura RS “Remate Secundario”.

Para los tres tipos de estructuras se presentan para las configuraciones monofásicas, bifásicas y trifásicas, de la misma manera en que se presentan los detalles de construcción de cada estructura vistos anteriormente en la investigación son detallados con los diseños, lista de materiales y consideraciones extras para la implementación.

Las distribuidoras eléctricas para la entrega de servicio a usuarios finales recomienda que se instale la misma configuración de la última estructura que la empresa distribuidora coloca en cuyo caso no están cerrados a que las estructuras de acometida eléctrica implementadas por los usuarios sean estándar A o estándar

B, pero se considera seriamente la sustitución de esta estructura asumiendo los costos de cambio por parte de la distribuidora si por fallas de esta construcción los índices de calidad de servicio son afectados constantemente.

7.6 Calidad de servicio de los estándares establecidos por SIGET.

En este apartado se consideran las *Normas de Calidad del Servicio de los Sistemas de Distribución. (diciembre 2014)*, y sus efectos en las redes de distribución.

Además, se dará una breve indicación de sobre las características y referencias sobre esta normativa.

El Objeto de las normas de calidad de servicio es regular los índices e indicadores de referencia para calificar la calidad con que las empresas distribuidoras de energía eléctrica suministran los servicios de energía eléctrica a los usuarios de la Red de Distribución, tolerancias permisibles, métodos de control y compensaciones. Los parámetros a evaluar son los siguientes:

a) La calidad del suministro o servicio técnico prestado, que está relacionado principalmente con las interrupciones del servicio;

b) La calidad del producto técnico suministrado, que implica los elementos siguientes:

i) Niveles de Tensión;

ii) Perturbaciones en la onda de voltaje (flicker y tensiones armónicas);

iii) Incidencia del Usuario en la calidad.

c) La calidad del servicio comercial que está relacionado con los elementos siguientes:

- i) La Atención al usuario;
- ii) Los medios de atención al usuario;
- iii) La precisión de los elementos de medición.

Los indicadores de calidad para controlar servicio técnico son los índices SAIFI (Índice de Frecuencia de Interrupción Promedio del Sistema), SAIDI (Índice de Duración de Interrupción Promedio del Sistema), FMIK (Frecuencia Media de Interrupción por kilovoltios amperios) y TTIK (Tiempo Total de Interrupciones por kilovoltios amperios) (**ANEXO B: INDICES DE CALIDAD DE SERVICIO DE SUMINISTRO ELETRICO “SAIFI, SAIDI, FMIK y TTIK”**).

8. REFERENCIAS INTERNACIONALES.

8.1 Manuales de construcción de líneas de distribución eléctrica de algunos países de América.

Como parte de la investigación, se han estudiado los estándares vigentes en diferentes países de América a fin de evaluar las consideraciones técnicas para la instalación de redes de las zonas rurales.

Dentro de la región americana entre los manuales y normativas mejor organizadas y con un criterio más puntual tenemos la de los países de Estados Unidos con su normativa REA y la de México con la normativa CFE que se tomaran como la base de esta investigación y propuesta de la creación de un manual que se adapte a las disposiciones eléctricas de nuestro país, también se presenta un análisis del estándar retomado por Nicaragua y Bolivia que actualmente está en uso.

Cabe destacar que el actual manual de construcción para estructuras del estándar tipo B que se posee en El Salvador está basado ampliamente bajo el estándar REA, solo adaptado a los materiales existentes en la época en la cual fue aprobado oficialmente para su uso.

A continuación, se presentará los datos más destacados dentro de las normativas antes mencionadas para tener una noción de comparación entre nuestro estándar actual y los de otro país que son implementados y actualizados regularmente.

1) MANUAL RUS

País: Estados Unidos.

Nombre de Manual: RUS Bulletin 1728F-803 “*Specifications and Drawings for 24.9/14.4 kV Line Construction (Especificaciones y dibujos para la construcción de líneas de 24.9 / 14.4 kV)*”.

Fecha de Aprobación: diciembre de 1998.

Basado en: REA Bulletin 50-5 (D-803) (revised September, 1969).

Normas de respaldo: NEC, NEST, ANSI e IEEE.

Numero de secciones: 19.

Datos Generales.

Se presentan las generalidades de construcción del manual, seguidamente de las secciones de construcción para líneas de distribución eléctrica, presentando los datos y estructuras para niveles de tensión 24.4/14.4 kV. A continuación, analizaremos una parte de contenido del manual RUS.

Cada sección muestra las especificaciones de construcción para las estructuras en la sección “A” que a diferencia de las demás de este manual contiene las tablas de los “*límites máximos de ángulos en los aisladores para línea*”, y luego muestra las estructuras designadas para cada configuración de sistema.

1.1) Análisis de Manual RUS.

Tabla de contenido de sección.

INDEX A	
SINGLE-PHASE PRIMARY POLE TOP ASSEMBLY UNITS	
DRAWING NUMBER	DRAWING TITLE (DESCRIPTION)
VA1.0	SINGLE SUPPORT - MISCELLANEOUS
VA1.1, VA1.2	SINGLE SUPPORT - (TANGENT)
VA1.1P, VA1.2P	SINGLE SUPPORT - (TANGENT) (POST INSULATORS)
VA1.3	SINGLE SUPPORT
VA1.3P	SINGLE SUPPORT (POST INSULATORS)
VA1.11	SINGLE SUPPORT ON CROSSARM
VA1.11P	SINGLE SUPPORT ON CROSSARM (POST INSULATORS)
VA1.12G	SINGLE PHASE JUNCTION GUIDE
VA2.0	DOUBLE SUPPORT - MISCELLANEOUS
VA2.1	DOUBLE SUPPORT
VA2.1P	DOUBLE SUPPORT (POST INSULATORS)
VA2.21	DOUBLE SUPPORT ON CROSSARMS
VA2.21P	DOUBLE SUPPORT ON CROSSARMS (POST INSULATORS)
VA3.1	SUSPENSION ANGLE
VA3.2, VA3.3	SUSPENSION ANGLE
VA4.1	DEADEND ANGLE (90° - 150°)
VA4.2	DEADEND ANGLE (20° - 90°)
VA5.1	SINGLE DEADEND
VA5.2, VA5.3, VA5.4	SINGLE DEADENDS
VA5.5G	SINGLE PHASE TAP GUIDE

Figura 15. tabla de contenido de la sección A.

Como se observa nos proporciona el código designado de la estructura y el nombre de la estructura.

Tablas de límites máximos de ángulos en los aisladores para línea.

TABLE I

MAXIMUM LINE ANGLES ON PIN INSULATOR ASSEMBLIES

Designated Maximum Transverse Load = **500** Lbs./Conductor

CONDUCTOR SIZE	WIND SPAN (feet)					
	150	200	250	300	350	400
LIGHT LOADING DISTRICT						
4 ACSR (7/1)	13	13	12	12	11	11
2 ACSR (6/1)	11	10	10	9	8	8
2 ACSR (7/1)	8	8	7	7	6	6
1/0 ACSR (6/1)	7	6	6	5	5	4
123.3 AAAC (7)	7	6	6	5	5	4
2/0 ACSR (6/1)	6	6	5	5	4	4
3/0 ACSR (6/1)	5	5	4	4	3	3
4/0 ACSR (6/1)	5	4	4	3	3	2
246.9 AAAC (7)	5	4	4	3	3	2
336.4 ACSR (18/1)	4	4	3	2	2	1
336.4 ACSR (26/7)	3	2	2	2	1	1
MEDIUM LOADING DISTRICT						
4 ACSR (7/1)	13	12	11	11	10	9
2 ACSR (6/1)	11	10	9	8	8	7
2 ACSR (7/1)	8	8	7	7	6	6
1/0 ACSR (6/1)	7	6	6	5	5	4
123.3 AAAC (7)	7	6	6	5	5	4
2/0 ACSR (6/1)	7	6	6	5	5	4
3/0 ACSR (6/1)	5	5	4	4	3	3
4/0 ACSR (6/1)	5	5	4	4	3	3
246.9 AAAC (7)	5	5	4	4	3	3
336.4 ACSR (18/1)	5	4	4	3	3	2
336.4 ACSR (26/7)	3	3	3	2	2	2
HEAVY LOADING DISTRICT						
4 ACSR (7/1)	11	10	9	8	6	5
2 ACSR (6/1)	9	8	7	6	5	4
2 ACSR (7/1)	7	6	6	5	4	3
1/0 ACSR (6/1)	6	5	4	4	3	2
123.3 AAAC (7)	6	5	4	4	3	2
2/0 ACSR (6/1)	6	5	4	3	3	2
3/0 ACSR (6/1)	5	4	3	3	2	1
4/0 ACSR (6/1)	4	4	3	2	2	1
246.9 AAAC (7)	4	4	3	2	2	1
336.4 ACSR (18/1)	4	3	3	2	1	1
336.4 ACSR (26/7)	3	2	2	1	1	0

Figura 16. Tabla de límites máximos de ángulos en los aisladores para línea.

Las tablas de límites máximos de ángulos que se nos detallan son 5 cada una de ellas es designada por Carga Transversal Máxima del conductor en la figura anterior podemos observar que este valor es de 500 Lb/conductor.

Y que para cada valor de Carga Transversal Máxima existen diferentes aplicaciones para cada tipo de conductor a utilizar de acuerdo al grosor y el espaciamiento entre puntos de poste (Vano).

La figura 14 muestra de forma general la presentación del manual RUS, donde se identifican las diferentes partes que conforman la hoja de especificaciones para cada estructura.

La figura siguiente presenta los detalles de construcción de la estructura con perspectivas de vista, distanciamientos para montaje y la designación de las piezas, listado de los materiales a utilizar (cantidades, elementos a utilizar) y especificaciones del membrete (Nombre de la estructura, Año de aprobación, sistema en el que se utiliza y Código de Estructura).

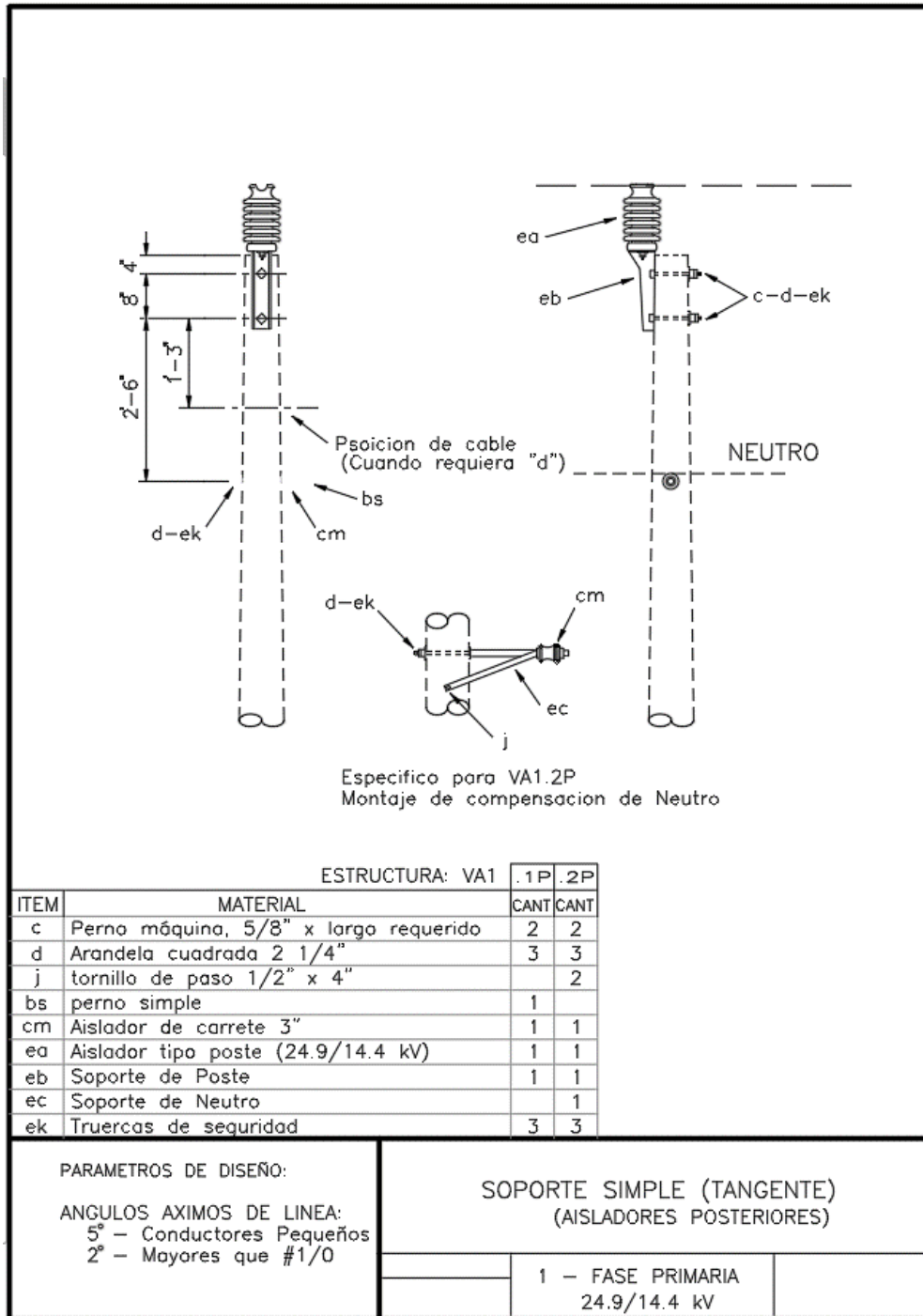


Figura 17. Diseño de construcción para la estructura denominada "Tangente sencilla una fase".

2) MANUAL CFE (Comisión Federal de Electricidad)

País: México.

Nombre de Manual: Construcción de Instalaciones Aéreas en Media y Baja Tensión.

Fecha de Aprobación: febrero 2014.

Datos Generales.

El manual de construcción CFE es utilizado para diferentes situaciones de área geográfica tanto Rural como Urbano, consigo se consideran diferentes situaciones para el uso de cada estructura según las circunstancias ambientales o de terreno, dado estas evaluaciones el manual proporciona modificaciones y adaptaciones de la estructura para que su uso sea mas eficiente, entre los cambios que se consideran están el tipo de material de poste y de crucero que puede ser de concreto o madera para los postes y de hierro o madera para los cruceros.

2.1) Análisis del Manual CFE.

CONTENIDO	
SECCIÓN	PÁGINA
00 00 01 OBJETIVO	2
01 00 00 GENERALIDADES	3 a la 36
02 00 00 TRAZOS Y LIBRAMIENTOS	37 a la 65
03 00 00 EMPOTRAMIENTOS	66 a la 79
04 00 00 ENSAMBLES	80 a la 145
05 00 00 LÍNEAS DE MEDIA TENSIÓN	146 a la 502
06 00 00 RETENIDAS	503 a la 552
07 00 00 CONDUCTORES	553 a la 702
08 00 00 EQUIPO ELÉCTRICO	703 a la 764
09 00 00 SISTEMAS DE TIERRA	765 a la 776
10 00 00 LÍNEAS DE BAJA TENSIÓN	777 a la 815
11 00 00 APÉNDICE	816 a la 828

Figura 18. Contenido del Manual CFE.

En la elaboración de este manual se ha considerado diversas fuentes que ayudan a respaldar las condiciones de su uso y vigencia, entre las cuales se tienen a consideración las siguientes normativas y reglamentos:

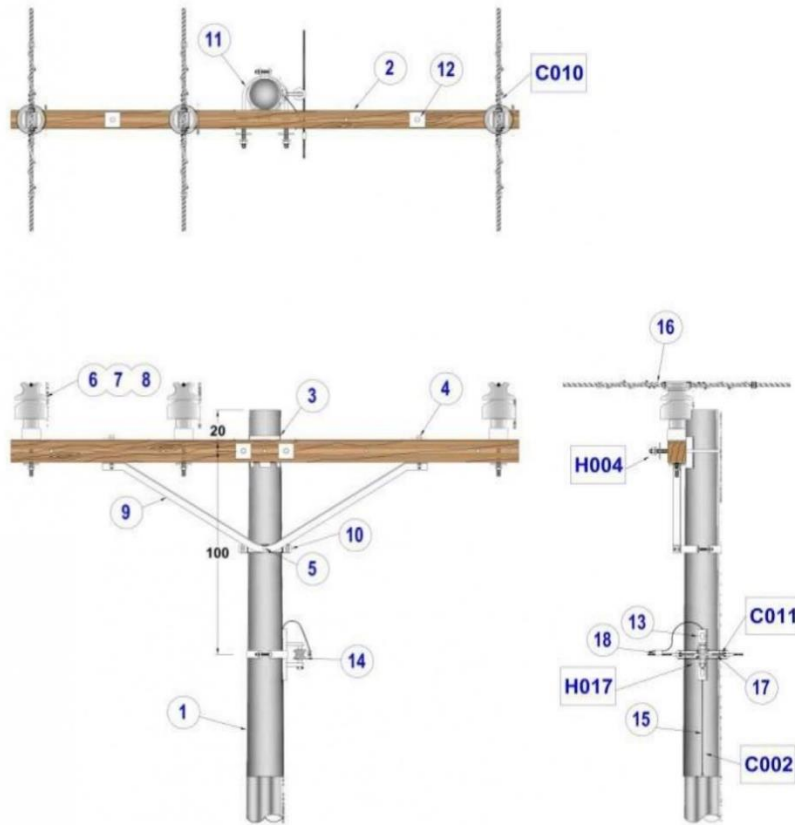
- 1- *Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica;*
- 2- *Reglamento de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica.*
- 3- *NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas.*
- 4- *Ley Federal Sobre Metrología y Normalización.*
- 5- *Reglamento de la Ley Federal Sobre Metrología y Normalización.*
- 6- *Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida.*

Para el análisis del manual veremos dos tipos de estructuras usando diferentes tipos de materiales en el crucero en el primer punto veremos la estructura TS3N (figura 19 y figura 20) que es similar a una Tangente sencilla, donde lo que los diferencia es el tipo de material del crucero y los accesorios de sujeción al poste para la construcción. Las siguientes figuras (21 y 22) se presentan para el uso de crucero de hierro analizando la estructura TD3G que es similar a la estructura TS3N.

Estructura TS3N.

	CONSTRUCCION DE INSTALACIONES AÉREAS EN MEDIA Y BAJA TENSION ESTRUCTURA TS3N			05	T0	05
				A	C	C

Hoja 1 de 2



Acotaciones en centímetros

Modulo de Materiales

060331	140221									
--------	--------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

198

APROBADA POR LA DIRECCIÓN GENERAL DE DISTRIBUCIÓN Y ABASTECIMIENTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y RECURSOS NUCLEARES

Figura 19. Estructura TS3N.

Tabla de especificaciones de materiales para una, dos y tres fases.

	CONSTRUCCION DE INSTALACIONES AÉREAS EN MEDIA Y BAJA TENSION ESTRUCTURA TS3N	05	T0	05
		A	C	C

Hoja 2 de 2

CONTAMINACIÓN ESTRUCTURA CON CRUCETA DE MADERA

MÓDULO DE MATERIALES						
REF. No.	ESPECIFICACIÓN O NRF CFE	U	DESCRIPCIÓN CORTA	CANTIDAD		
				13 kV	23 kV	33 kV
1	J6200-03	Pz	Poste de concreto PCR-12C-750	1	1	1
2	2C900-79	Pz	Cruceta de madera CM* L (2)	1	1	1
3	2D100-35	Pz	Dado 1M	1	1	1
4	67B00-04	Pz	Tornillo 13 x 152	2	2	2
5	67B00-04	Pz	Tornillo 13 x 51	1	1	1
6	52000-91	Pz	Aislador 13PC o 13PCSL (1)	3	0	0
7	52000-91	Pz	Aislador 22PC o 22PCSL (1)	0	3	0
8	52000-91	Pz	Aislador 33PC o 33PCSL (1)	0	0	3
9	2S000-54	Pz	Soporte Angular V	1	1	1
10	2A100-04	Pz	Abrazadera 1BS	2	2	2
11	2A100-05	Pz	Abrazadera UL	1	1	1
12	2A600-11	Pz	Placa 2PC	7	7	7
13	2B200-12	Pz	Bastidor B1	1	1	1
14	2C400-16	Pz	Carrete H	1	1	1
15		Lote	Bajante de tierra, ver 09 00 02	1	1	1
16	E0000-32	Lote	Amarre alambre de cobre, ver 07 FC 04	3	3	3
17	E0000-32	Lote	Amarre alambre de cobre, ver 10 00 05	1	1	1
18	55000-86	Pz	Conector, ver 07 CO 02	1	1	1

Notas:

1. Seleccione de acuerdo a [05 00 08](#).
2. Seleccione el tipo de impregnación requerido.

060331	140221																		
--------	--------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

199

APROBADA POR LA DIRECCIÓN GENERAL DE DISTRIBUCIÓN Y ABASTECIMIENTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y RECURSOS NUCLEARES

Figura 20. Lista de Materiales para estructura TS3N.

Como se observa en esta tabla las listas de materiales para la construcción de la estructura tienen un código propio para cada uno, además como se observa en la lista de materiales hace referencia a apartados del manual como por ejemplo para la “bajante de tierra” nos dice que veamos la sección 09 00 02 la cual se describe cada número de la siguiente manera:

09: es la sección del manual.

00: la subsección de la sección.

02: el número consecutivo de la Subsección.

Estructura TD3G.

	CONSTRUCCION DE INSTALACIONES AÉREAS EN MEDIA Y BAJA TENSION ESTRUCTURA TD3G	05	T0	11
		A	C	C

Hoja 1 de 2

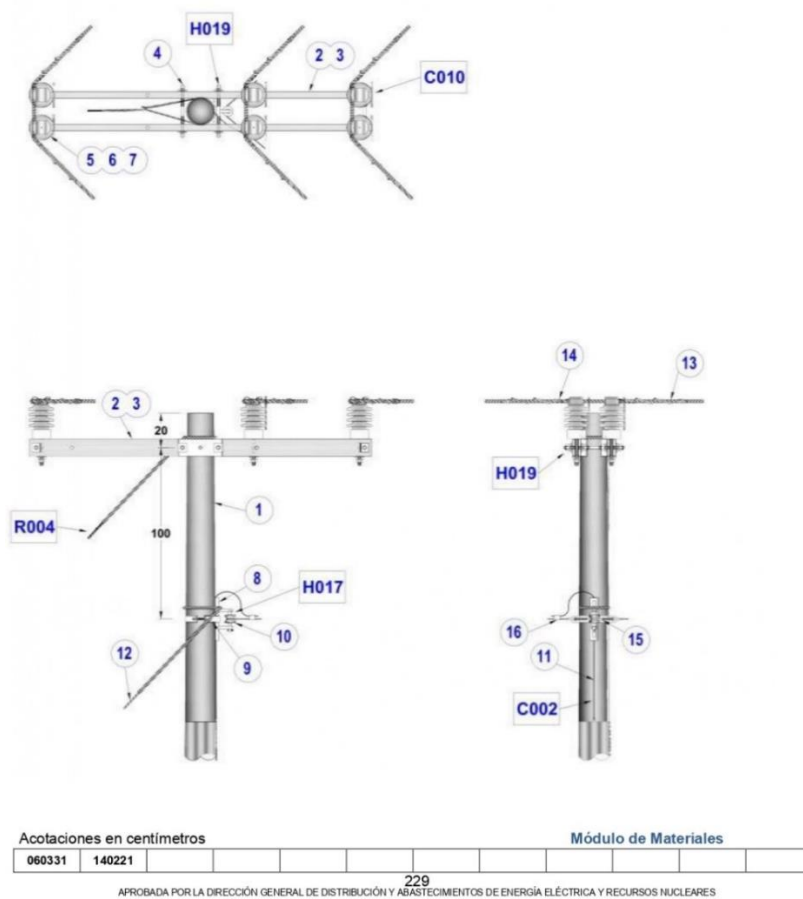


Figura 21. Como se puede observar esta estructura es similar a una TS3N, la única diferencia es el tipo de material del crucero.

	CONSTRUCCION DE INSTALACIONES AÉREAS EN MEDIA Y BAJA TENSION		05	T0	11
	ESTRUCTURA TD3G		A	C	C

Hoja 2 de 2

MÓDULO DE MATERIALES						
REF. No.	ESPECIFICACIÓN O NRF CFE	U	DESCRIPCIÓN CORTA	CANTIDAD		
				13 kV	23 kV	33 kV
1	J6200-03	Pz	Poste de concreto PCR-12-750	1	1	1
2	2C900-93	Pz	Cruceta PT200	2	2	0
3	2C900-93	Pz	Cruceta PT250	0	0	2
4	2P200-49	Pz	Perno DR 16 x 305	4	4	4
5	52000-92	Pz	Aislador 13PD	6	0	0
6	52000-92	Pz	Aislador 22PD	0	6	0
7	52000-92	Pz	Aislador 33PD	0	0	6
8	2B200-12	Pz	Bastidor B1	1	1	1
9	2A100-04	Pz	Abrazadera 1BS	1	1	1
10	2C400-16	Pz	Carrete H	1	1	1
11		Lote	Bajante de tierra, 09 00 02	1	1	1
12		Lote	Retenida, ver 06 00 04	1	1	1
13	Nota 1	Pz	Varilla preformada, ver 07 FC 02	4	4	4
14	E0000-31	Lote	Alambre 4, ver 07 FC 04	3	3	3
15	E0000-31	Lote	Alambre 4, ver 10 00 05	1	1	1
16	55000-86	Pz	Conector, ver 07 CO 02	1	1	1

Notas:

- De acuerdo al conductor a utilizar, seleccionar la especificación según corresponda, (CFE 51000-71, CFE 51000-72 o CFE 51000-73).

060331	140221									
--------	--------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

230
 APROBADA POR LA DIRECCIÓN GENERAL DE DISTRIBUCIÓN Y ABASTECIMIENTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y RECURSOS NUCLEARES

Figura 22. Tabla de especificación de tipo de crucero y postes, los demás materiales son similares a los de la estructura TS3N.

Tabla de especificaciones mecánicas de la estructura.

En esta tabla se muestra resistencia de los cables, del poste y de los pernos. También la especificación de las deflexiones y desniveles, todos los datos antes mencionados dependen del calibre de cable a ocupar.

	CONSTRUCCION DE INSTALACIONES AÉREAS EN MEDIA Y BAJA TENSION ESTRUCTURA TD2G			05	T0	09
	A	C	C			

Hoja 3 de 5

LIMITACIONES MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS DE LAS ESTRUCTURAS TD3G (VR = 120 km/h)												
Tamaño mm ² (AWG ó kcmil)	kV	CLARO INTERPOSTAL MÁXIMO EN METROS POR:							DEFLEXIÓN MÁXIMA HORIZONTAL		DESNIVEL MÁXIMO EN METROS	
		RESISTENCIA DE:					SEPARACIÓN		GRADOS	METROS	SIN HIELO	CON HIELO
		POSTE	CABLE	PERNO	CRUCETA		A PISO	EN FASES				
					SIN HIELO	CON HIELO						
Cu 53.49 (1/0) C-A	13	78	78	2847	634	413	83	112	25	16.88	19.30	17.60
	23	78	78	2847	634	413	78	105	25	16.88	19.30	17.60
	33	78	78	2847	455	296	78	111	25	16.88	15.70	11.40
Cu 85 (3/0) C-A	13	78	78	2259	399	287	83	123	25	16.88	13.60	10.50
	23	78	78	2259	399	287	78	115	25	16.88	13.60	10.50
	33	78	78	2259	286	206	78	122	25	16.88	8.80	6.30
Cu 127 (250) C-A	13	72	79	1824	268	206	76	123	25	15.58	10.10	7.60
	23	72	79	1824	268	206	72	115	25	15.58	10.10	7.60
	33	72	79	1824	192	147	72	122	25	15.58	6.20	4.30
AAC53.49 (1/0)	13	84	84	2850	2087	755	89	89	25	18.18	13.30	13.30
	23	84	84	2850	2087	755	84	83	25	17.96	13.30	13.30
	33	84	84	2850	1497	542	84	88	25	18.18	13.30	13.30
AAC 85 (3/0)	13	82	82	2261	1313	574	87	90	25	17.75	15.60	15.60
	23	82	82	2261	1313	574	82	84	25	17.75	15.60	15.60
	33	82	82	2261	942	412	82	89	25	17.75	15.60	13.30
AAC 135 (266.8)	13	83	83	1770	825	422	88	95	25	17.96	16.30	12.50
	23	83	83	1770	825	422	83	89	25	17.96	16.30	12.50
	33	83	83	1770	592	303	83	94	25	17.96	11.30	8.10
AAC 171 (336.4)	13	81	83	1575	654	359	86	95	25	17.53	13.50	10.20
	23	81	83	1575	654	359	81	89	25	17.53	13.50	10.20
	33	81	83	1575	469	257	81	94	25	17.53	9.20	6.50
AAC 242 (477)	13	70	81	1323	462	278	74	86	25	15.15	12.50	8.90
	23	70	81	1323	462	278	70	80	25	15.15	12.50	8.90
	33	70	81	1323	331	199	70	85	25	15.15	8.50	5.50
ACSR 53.49 (1/0) RAVEN	13	109	109	2636	1501	644	116	121	25	23.59	27.80	21.30
	23	109	109	2636	1501	644	109	113	25	23.59	27.80	21.30
	33	109	109	2636	1077	462	109	119	25	23.59	19.40	13.90
ACSR 85 (3/0) PIGEON	13	105	106	2091	944	479	111	122	25	22.73	17.80	13.70
	23	105	106	2091	944	479	105	114	25	22.73	17.80	13.70
	33	105	106	2091	677	343	105	121	25	22.73	12.10	8.70
ACSR 135 (266.8) PARTRIDGE	13	85	112	1634	592	343	90	104	25	18.40	14.30	10.40
	23	85	112	1634	592	343	85	97	25	18.40	14.30	10.40
	33	85	112	1634	424	246	85	103	25	18.40	9.60	6.50
ACSR 171 (336.4) LINNET	13	77	112	1455	470	289	82	97	25	16.67	13.50	9.40
	23	77	112	1455	470	289	77	91	25	16.67	13.50	9.40
	33	77	112	1455	337	207	77	96	25	16.67	9.10	5.80
ACSR 242 (477) HAWK	13	65	111	1223	332	220	69	86	25	14.07	13.00	8.50
	23	65	111	1223	332	220	65	81	25	14.07	13.00	8.50
	33	65	111	1223	238	158	65	85	25	14.07	8.50	5.10

060331	140221											
--------	--------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

210

APROBADA POR LA DIRECCIÓN GENERAL DE DISTRIBUCIÓN Y ABASTECIMIENTOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y RECURSOS NUCLEARES

Figura 23. Tabla de especificaciones mecánicas estructura TD3G.

3) MANUAL CRE

País: Bolivia.

Nombre de Manual: Manual de estructuras 10.5 kV -14.4/24.9 kV de redes aéreas de distribución de energía eléctrica.

Fecha de Aprobación: septiembre 2004.

Basado en:

- NTCRE 023 Manual de Construcción de Redes Aéreas Urbanas y Rurales de Distribución de Energía Eléctrica.
- NTCRE 025 Proyecto Redes de Distribución Aéreas Rurales de Energía Eléctrica.
- NTCRE 026 Proyecto Redes de Distribución Aéreas Urbanas de Energía Eléctrica.
- NTCRE 027 Flechas y tensiones Redes Distribución Aéreas Urbana – Rural de Energía Eléctrica.

Normas de respaldo: NEC, NEST, ANSI e IEEE.

Numero de secciones: 18.

Datos Generales.

En primer lugar, se muestra las generalidades de construcción admitidas por este manual que es para uso de áreas geográficas rurales. Posteriormente, se detalla la información de los postes admitidos para las estructuras de distribución eléctrica que se pueden usar y las características para cada tipo de poste. Consecuentemente los demás temas abarcan los tipos se nos muestran los tipos de estructuras más familiares y sencillas que han sido admitidas por la Cooperativa

Rural de energía empezando por el sistema en media tensión monofásico, bifásico y trifásico. Finalmente se muestra las estructuras especiales y estructuras para uso de Baja tensión, así como las generalidades de los materiales a utilizar como lo son los perfiles de los cruceros, de los aisladores, retenidas soportes entre otros.

3.1) Análisis de Manual CRE.

Diseño de construcción para la estructura denominada “Paso Simple con Cruceta”.

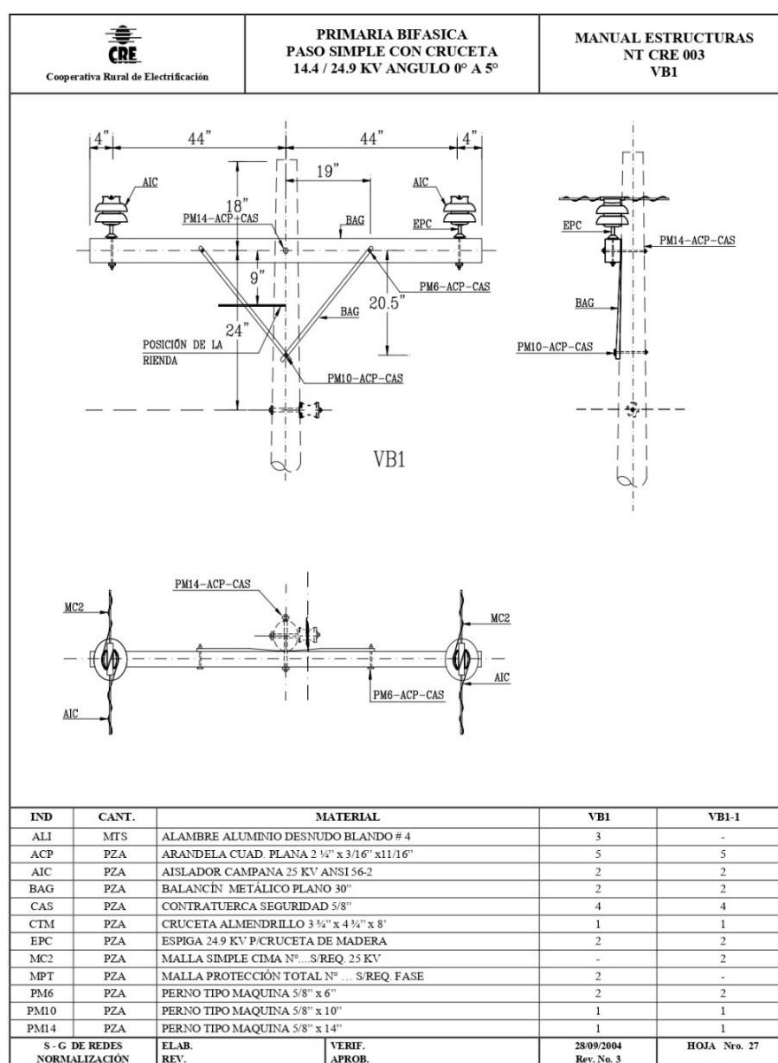


Figura 24. Estructura Paso Simple con Cruceta.

Las siguientes figuras se enfocaran en los apartados de especificaciones de construcción de la estructura (perspectivas de vista, distanciamientos para montaje y la designación de las piezas a utilizar), listado de los materiales a utilizar (indicador de la pieza, unidad de medida y cantidades a usar) y el membrete que contiene la información propia de la estructura (nombre de estructura, código, aprobación entre otros datos).

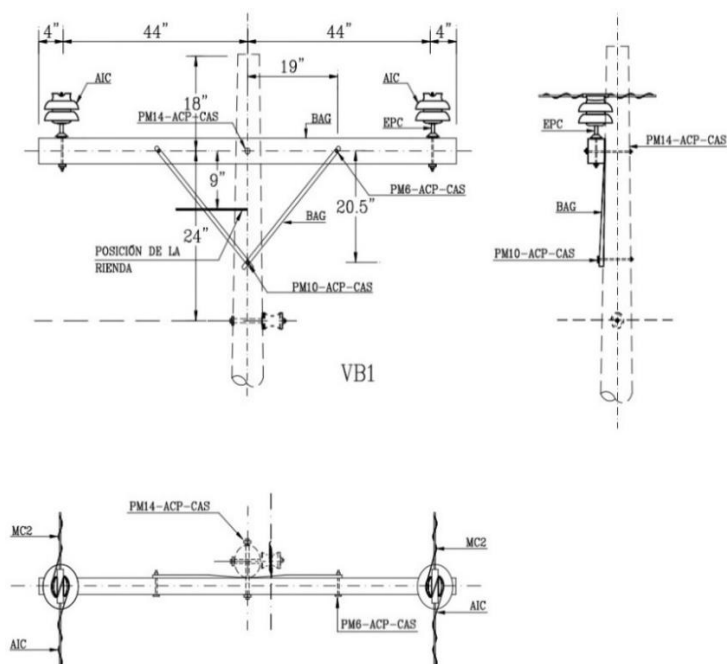


Figura 25. Esquema de estructuras para línea aérea de distribución eléctrica dos fases.

IND	CANT.	MATERIAL	VB1	VB1-1
ALI	MTS	ALAMBRE ALUMINIO DESNUDO BLANDO # 4	3	-
ACP	PZA	ARANDELA CUAD. PLANA 2 1/4" x 3/16" x 11/16"	5	5
AIC	PZA	AISLADOR CAMPANA 25 KV ANSI 56-2	2	2
BAG	PZA	BALANCÍN METÁLICO PLANO 30"	2	2
CAS	PZA	CONTRATUERCA SEGURIDAD 5/8"	4	4
CTM	PZA	CRUCETA ALMENDRILLO 3 3/4" x 4 1/4" x 8'	1	1
EPC	PZA	ESPIGA 24.9 KV P/CRUCETA DE MADERA	2	2
MC2	PZA	MALLA SIMPLE CIMA N°...S/REQ. 25 KV	-	2
MPT	PZA	MALLA PROTECCIÓN TOTAL N° ... S/REQ. FASE	2	-
PM6	PZA	PERNO TIPO MAQUINA 5/8" x 6"	2	2
PM10	PZA	PERNO TIPO MAQUINA 5/8" x 10"	1	1
PM14	PZA	PERNO TIPO MAQUINA 5/8" x 14"	1	1
S - G DE REDES NORMALIZACIÓN		ELAB. REV.	VERIF. APROB.	28/09/2004 Rev. No. 3
				HOJA Nro. 27

Figura 26. Lista de materiales para construcción de la estructura.

 Cooperativa Rural de Electrificación	PRIMARIA BIFASICA PASO SIMPLE CON CRUCETA 14.4 / 24.9 KV ANGULO 0° A 5°	MANUAL ESTRUCTURAS NT CRE 003 VB1
--	--	--

S - G DE REDES NORMALIZACIÓN	ELAB. REV.	VERIF. APROB.	28/09/2004 Rev. No. 3	HOJA Nro. 27
---------------------------------	---------------	------------------	--------------------------	--------------

Figura 27. Membrete de la estructura.

En la lista de materiales considerados para la construcción de las estructuras en las ultima dos columnas debido a que este tipo de estructuras se puede optar por dos diferentes tipos de construcción VB1 y VB1-1 que corresponden a una diferencia en los materiales que conlleva la estructura base debido a que el neutro es común en la baja tensión, los materiales con asterisco (*) son los que no se llevan en VB1-1.

4) MANUAL DIS NORTE y DIS SUR

País: Nicaragua.

Nombre de Manual: “Manual de construcción de redes de distribución 13.2”.

Fecha de Aprobación: abril de 2006.

Basado en:

- Normas Téc LABT (Baja Tensión).
- Normas Téc CCTT Tipo P 13.2-24.9kv (Centros de Transformación Tipo Poste).
- Norma de Construcción de Alumbrado Público.

Normas de respaldo: NEC, NEST, ANSI e IEEE.

Numero de secciones: 3 y cada una dividida en 9 subsecciones.

Datos Generales.

Se presenta las secciones y subsecciones denominadas para el nivel de tensión que el usuario necesita, para sistemas monofásico, bifásico y trifásicos, retenidas, anclajes entre otros.

La presentación de este manual es muy parecida al formato de nuestro manual de construcción, donde en una hoja se nos presentan las estructuras y en otra el listado de materiales y algunas características especiales para el uso de la estructura; No se nos proporciona datos adicionales como en los otros manuales, como lo son los temas de escoger los tipos de poste o conductor para cada estructura.

4.1) Análisis de Manual Dis Norte Dis Sur.

Tabla de contenido de sección.



DISNORTE- DISSUR

INDICE MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN 13.2 KV/24.9 KV

- 2 **Manual de Construcción de Redes de Distribución 13.2 Kv/24.9 Kv**
- 2.1 Manual de Construcción Líneas Aéreas Media Tensión 13.2 KV
- 01 Armados Monofásicos 13.2 KV
- 02 Armados Simple Trifásico 13.2 KV
- 03 Armados Circuito Doble Trifásico 13.2 KV
- 05 Protecciones y Maniobra 13.2 KV
- 06 Retenidas 13.2 KV
- 07 Aislamiento 13.2 KV
- 08 Paso Aéreo Subterráneo 13.2 KV
- 15 Puesta a Tierra 13.2 KV

Figura 28. tabla de contenido de la sección 2.1.

A continuación, nos enfocaremos en las primeras tres subsecciones.


ARMADO SIMPLE CIRCUITO MONOFASICO ÁNGULO 30 a 60°,ACSR 4/0 y 1/0 AWG 13.2KV																																																									
CODIGO	DENOMINACION																																																								
4327100	ARMADO SIMPLE CIRCUITO MONOFASICO ÁNGULO 30 a 60°,ACSR 4/0 y 1/0 AWG																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">MATERIALES</th> </tr> <tr> <th>REF.</th> <th>CODIGO</th> <th>UD.</th> <th>DENOMINACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>437658</td> <td>2</td> <td>TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON OJO C.T. 5/8"x12"</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>551418</td> <td>1</td> <td>GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11.300KG</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>450948</td> <td>1</td> <td>ALARGADERA 10" PARA CADENA DE AISLADORES</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>441264</td> <td>4</td> <td>ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4X2-1/4X3/16"</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>458463</td> <td>1</td> <td>GRAPA DE SUSPENSION ALUMINIO COND. AWG 1/0 (RAVEN)</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>434470</td> <td>3</td> <td>ML. CABLE DE COBRE DESNUDO #2 AWG</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>437607</td> <td>1</td> <td>CONECTOR CUNA A PRESION 1/0 - #2 AWG</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>699901</td> <td>1</td> <td>CONECTOR COMPRESION #2-#2 CU</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>440860</td> <td>1</td> <td>GRAPA CONEXION CABLE TIERRA SIN TORNILLO</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>437659</td> <td>1</td> <td>TUERCA EXAGONAL ACERO GALVANIZADO 5/8"</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>440945</td> <td>1</td> <td>ARANDELA DE PRESION 5/8"</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>440944</td> <td>1</td> <td>ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"</td> </tr> </tbody> </table>		MATERIALES				REF.	CODIGO	UD.	DENOMINACION	1	437658	2	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON OJO C.T. 5/8"x12"	2	551418	1	GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11.300KG	3	450948	1	ALARGADERA 10" PARA CADENA DE AISLADORES	4	441264	4	ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4X2-1/4X3/16"	5	458463	1	GRAPA DE SUSPENSION ALUMINIO COND. AWG 1/0 (RAVEN)	6	434470	3	ML. CABLE DE COBRE DESNUDO #2 AWG	7	437607	1	CONECTOR CUNA A PRESION 1/0 - #2 AWG	8	699901	1	CONECTOR COMPRESION #2-#2 CU	9	440860	1	GRAPA CONEXION CABLE TIERRA SIN TORNILLO	10	437659	1	TUERCA EXAGONAL ACERO GALVANIZADO 5/8"	11	440945	1	ARANDELA DE PRESION 5/8"	12	440944	1	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"
MATERIALES																																																									
REF.	CODIGO	UD.	DENOMINACION																																																						
1	437658	2	TORNILLO ACERO GALVANIZADO CON OJO C.T. 5/8"x12"																																																						
2	551418	1	GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11.300KG																																																						
3	450948	1	ALARGADERA 10" PARA CADENA DE AISLADORES																																																						
4	441264	4	ARANDELA CURVA CUADRADA 2-1/4X2-1/4X3/16"																																																						
5	458463	1	GRAPA DE SUSPENSION ALUMINIO COND. AWG 1/0 (RAVEN)																																																						
6	434470	3	ML. CABLE DE COBRE DESNUDO #2 AWG																																																						
7	437607	1	CONECTOR CUNA A PRESION 1/0 - #2 AWG																																																						
8	699901	1	CONECTOR COMPRESION #2-#2 CU																																																						
9	440860	1	GRAPA CONEXION CABLE TIERRA SIN TORNILLO																																																						
10	437659	1	TUERCA EXAGONAL ACERO GALVANIZADO 5/8"																																																						
11	440945	1	ARANDELA DE PRESION 5/8"																																																						
12	440944	1	ARANDELA PLANA REDONDA 5/8"																																																						
CODIGO	DENOMINACION																																																								
10321100	CADENA DE SUSPENSION PORCELANA 13,2 KV ACSR 4/0 AWG																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">MATERIALES</th> </tr> <tr> <th>REF.</th> <th>CODIGO</th> <th>UD.</th> <th>DENOMINACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>**</td> <td>110073</td> <td>2</td> <td>AISLADOR PORCELANA TIPO SUSPENSION (ANSI 52.9)</td> </tr> <tr> <td>*</td> <td>458464</td> <td>1</td> <td>GRAPA DE SUSPENSION ALUMINIO COND. AWG 4/0-MCM 266</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>551418</td> <td>1</td> <td>GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11.300KG</td> </tr> </tbody> </table>		MATERIALES				REF.	CODIGO	UD.	DENOMINACION	**	110073	2	AISLADOR PORCELANA TIPO SUSPENSION (ANSI 52.9)	*	458464	1	GRAPA DE SUSPENSION ALUMINIO COND. AWG 4/0-MCM 266	2	551418	1	GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11.300KG																																				
MATERIALES																																																									
REF.	CODIGO	UD.	DENOMINACION																																																						
**	110073	2	AISLADOR PORCELANA TIPO SUSPENSION (ANSI 52.9)																																																						
*	458464	1	GRAPA DE SUSPENSION ALUMINIO COND. AWG 4/0-MCM 266																																																						
2	551418	1	GRILLETE LARGO RECTO 5/8" 11.300KG																																																						
																																																									
DISNORTE-DISSUR																																																									

Figura 29. listado de materiales para estructura sistema monofásico estructura simple.

El primer listado de material mostrado anteriormente contiene todos los elementos necesarios para el soporte, con su cantidad respectiva y su referencia numerica para ubicarla en el esquema de diseño. Tambien podemos ver que se nos

proporciona el conductor a utilizar para cada tipo de estructura. En el segundo listado corresponde a los elementos necesarios para la aislación de cada estructura respetando el nivel de tensión y el tipo de configuración del sistema a utilizar.

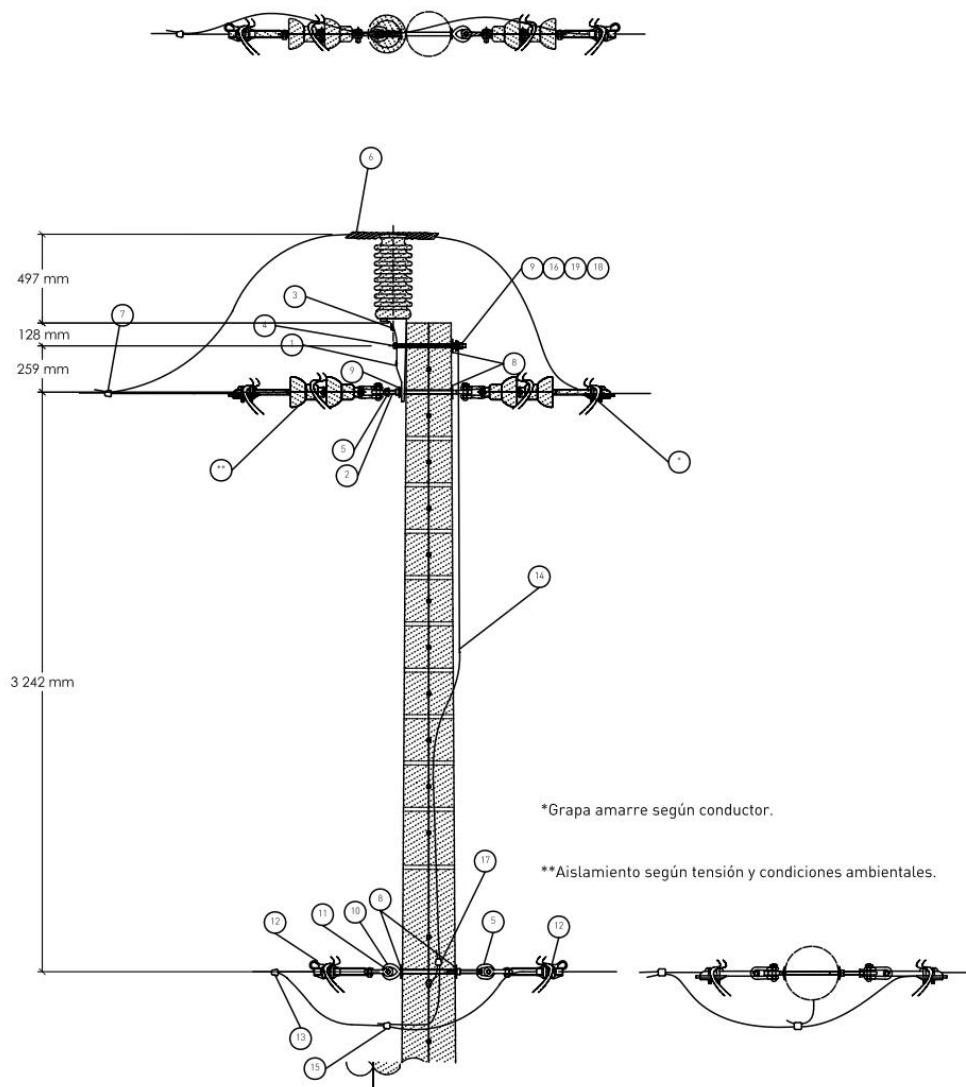


Figura 30. Esquema de estructuras para línea aérea de distribución eléctrica 1 fase.

Los detalles de la estructura en la parte de los indicios numéricos son para referirse directamente a la hoja con la lista de materiales donde se especifica los datos correspondientes de cada material como dimensiones y cantidades.

8.2. Comparación de manual de El Salvador contra manuales Internacionales.

<i>Descripción</i>	<i>El Salvador</i>		<i>Estados Unidos</i>	<i>México</i>	<i>Nicaragua</i>	<i>Bolivia</i>
	<i>Tipo A</i>	<i>Tipo B</i>				
<i>Área de Uso</i>	<i>Urbana</i>	<i>Rural</i>	Rural	Urbana/Rural	Urbana/Rural	Rural
<i>Distancia entre Vano (metros)</i>	<i>Entre 40 y 60</i>	<i>Entre 30 y 50</i>	<i>Entre 60 y 100</i>	Entre 60 y 90	50 Max.	Entre 50 y 100
<i>Estructura soportada a Base de</i>	<i>Abrazaderas</i>	<i>Pernos</i>	Pernos/Abrazaderas	Abrazadera	Pernos	Pernos
<i>Tipo de Crucero (Pulgadas)</i>	<i>Angular de Hierro 94".</i>	<i>Angular de Hierro 80".</i>	Cruceta de acero 96" y 120".	Cruceta de madera y acero galvanizado de 71" y 94".	Angular Metálica 56", 71", 95".	Madera de 60", 96" y 120".
<i>Tipo de soporte de crucero</i>	<i>Tirante en "V" 45".</i>	<i>Diagonal de Hierro 36".</i>	Diagonal de madera 28" y 60".	Soporte angular en V.	N/A	Metálico plano 30", Tipo "V" 60 pies, Metálico de apoyo de 7 y 10 pies.

<i>Tipos de Postes</i>	Concreto, Acero Galvanizado y Madera: 6.5,8, 10.6, 12.2, 13.7, 15.2 mts.	Concreto, Acero Galvanizado y Madera: 6.5 mts.	Madera 8.5, 11, 12.5 y 13.5 mts.	Concreto 10.5, 12 y 14 mts.	Hormigón de 10.5, 12 y 14 mts para uso de 300, 500 y 800 daN.	Concreto 8.5, 9,11,12,12.5,13,13.5 mts. Madera de cuchi 8.5, 11, 12.5 y 13.5 mts. Madera Eucalipto 8.5 y 11 mts
<i>Tipos de Aisladores</i>	Porcelana ANSI 52-4. Polimérico.	Porcelana ANSI 52-1.	Porcelana ANSI Class 53-2 Spool Insulator.	Aislador 22PC o 22PCSL.	Porcelana ANSI 52-4/52-9/57-1.	Cerámico ANSI 52-4/56-2.

Tabla 15. comparación entre los diferentes manuales.

Análisis General entre manuales

En los todos los casos se son asignados numéricamente los materiales a utilizar y además se proporcionan las distancias de separación y de colocación de conductores y materiales de soporte, pero en este caso los estándares de CFE (*México*) y el estándar Tipo A (*El Salvador*) son muy pobres, ya que por una parte en el manual CFE, solo se muestra las cotas de la colocación de los soportes de la estructura y para el Estándar Tipo A, solo se nos muestra la separación de los conductores eléctricos, este punto se ve reflejado debido a que en ambos casos los materiales a utilizar son construidos y normados específicamente para el uso de estas estructuras. Para el estándar Tipo B (*El Salvador*), se nos muestran todas las cotas en las dimensiones de la estructura suponemos que esto se debe a que solo se dejó traducida la estructura retomada del Estándar de RUS (REA), ya que en Estados Unidos son más cuidadosos y estrictos en los diseños para no dejar errores y conseguir mayor certeza en los diseños realizados.

El estándar mexicano es menos específico en la forma de proporcionar las características de los materiales a utilizar, ya que para cada uno tiene un código clave para la necesidad de cada estructura como ejemplo el crucero de soporte en este caso se ocupa Cruceta C4V el cual es un crucero manufacturado en México con las especificaciones siguientes *Perfil "C" de 101.6 mm x 40 mm x 4.35 mm de 8.04kg/m. Acero Galvanizado*. De la misma manera se presentan los demás materiales. Además, podemos observar que las cantidades a utilizar en la construcción de la estructura varían para diferentes valores de tensión.

En El Salvador el estándar Tipo A, muestra los materiales con las características necesarias para su uso retomando el ejemplo del tipo de crucero a utilizar en este caso se utiliza un Crucero Angular de Hierro de 94" (2388mm) esto también se proporciona de esta manera porque los materiales son manufacturados en el país. Además, en el apartado de las especificaciones muestra la cantidad de materiales a utilizar para cada tipo de sistema en el que se configura la red eléctrica, por otra parte, se proporcionan algunas

observaciones para la construcción y uso de la estructura debido a diversos factores como: los conductores derivados entre vanos, la tensión de conductor, número de retenidas, ángulos máximos con retenidas y la carga transversal máxima por conductor que puede soportar.

Para el Tipo B, al igual que el estándar Tipo A los materiales a utilizar son de manufactura salvadoreña y aquí si se consideran más datos de cada material aparte de solo los datos generales como ejemplo del uso de crucero se tiene 3"x3"x1/4"x80" (76.2 x 76.2 x 6.4 x 2030 mm), donde se proporcionan grosores y anchos del crucero, de la misma manera se muestran los datos para los demás materiales que son utilizados en la construcción de la estructura.

Lastimosamente no se proporcionan más datos que los niveles de tensión y los límites de diseño a utilizar.

Diferencias, Ventajas y Desventajas entre Estándar Tipo A y Tipo B del Manual de El Salvador en comparación al manual CFE (Comisión Federal de Electricidad) de México.

Las principales diferencias que se pueden visualizar en los estándares es la conformación de los materiales ya que el Estándar CFE (*México*) y el Estándar Tipo A (*El Salvador*) son prácticamente iguales, en el estándar Tipo B (*El Salvador*) los materiales son física y nominalmente más pequeños.

Sabiendo esto podemos asegurar que los materiales que conforman el estándar Tipo B son un poco más baratos en comparación a los otros dos estándares.

Las ventajas del uso del Estándar Tipo B respecto al manual CRE (*Bolivia*) por parte de las ventajas el mayor punto a favor es el costo de inversión de los materiales de estas estructuras ya que la sujeción a los postes es por pernos el coste de estos es menor al de una abrazadera y que el tiempo de ensamblaje es menor.

Hablando sobre la parte de las desventajas podemos considerar las siguientes:

1. el tiempo que se debe dedicar en el diseño de armado de la estructura ya que se debe considerar la posición del poste de acuerdo al trazo de la dirección de los vanos.
2. La resistencia mecánica de los pernos para condiciones de descargas de rayos estos pueden romperse fácilmente.
3. Longitud más corta del crucero ocasiona mayores problemas de cortocircuitos entre líneas lo que obliga a acortar la distancia entre vanos.

La comparativa realizada en este estudio entre los diferentes manuales de referencia Internacional y el manual de construcción de nuestro país presentan mayores semejanzas al estándar Tipo A, a pesar que se consideraron en la comparativa manuales para uso de zona rurales como ya se mencionó la mayoría opta por el uso de un largo de crucero en el rango de las 94 pulgadas y en la herrajería por el uso de abrazaderas.

9. PROPUESTA DE MODIFICACIÓN AL ESTÁNDAR TIPO “B”.

Si se desea mantener el estándar tipo B vigente se recomienda en primer lugar que la SIGET realice una revisión del manual para verificar las estructuras que podrían mantenerse y que posean las viabilidades con los estándares de calidad y servicio exigidos por la misma entidad, de esta manera las empresas distribuidoras tendrán un mayor interés en el estándar.

Haciendo uso de toda la información recolectada en este estudio se proponen algunos cambios para que el estándar tipo B se pueda ocupar de manera regular, no solo por parte de empresas privadas dedicadas a la instalación de redes eléctricas si no para motivar a las distribuidoras a que confíen en el estándar.

Estos cambios han sido orientados para las estructuras de sistemas bifásicos y trifásicos, debido a que son los más propensos a las ocurrencias de fallas eléctricas, ya que al tener un mayor número de conductores la proximidad entre ellos es más cercana y los hace más susceptible a las fallas.

Entre los puntos que se tomaron en cuenta para hacer posible estas propuestas están:

- Distancias entre vanos.
- Frecuencias de fallas.
- Adaptación de materiales actuales en el mercado.
- Combinación entre los estándares.

Las propuestas se basaron en la adaptación y creación de estructuras de tipo A tratando de mantener la mayoría de los materiales de tipo B, estas propuestas son adaptables a las estructuras A-13.2-3, A2-13.2-3, B-13.2-3, B2-13.2-3, C-13.2-3, C2-13.2-3.

La propuesta se detalla a continuación:

1. Adaptar las estructuras de tipo B con materiales que se encuentran en el mercado teniendo en cuenta que los cruceros de 80" son más baratos que los cruceros de 90". El uso de diagonal en "V" de 45" sustituyendo a tirantes de 36" donde la diferencia de costos es mínima, así también el uso de abrazaderas en lugar de zapatas y pernos para el anclaje de la diagonal.

Al hacer las modificaciones de materiales se reduce en casi la mitad al costo normal de la estructura, para reflejo en la siguiente tabla podemos observar la comparación que se obtiene al hacer estos cambios.

Estructura	Tipo	Diferencia Actual	Diferencia Anterior
Tangente doble 13TD3	A	\$ 72.01	\$ 26.55
Soporte primario doble A2-13.2-3	B		
Corte horizontal 13CH3	A	\$ 69.22	\$ 28.68
Doble remate en crucero tres fases C2-13.2-3	B		
Volada doble 13VD3	A	\$ 119.14	\$ 96.42
Soporte primario doble en crucero 3 fases A2C-13.2-3	B		
Tangente doble 13TD3	A	\$ 96.65	\$ 51.19
Soporte primario doble en crucero 3 fases B2-13.2-3	B		

Tabla 16. Comparación de costos entre estructuras usando una combinación de materiales.

2. Utilizar cabezotes y bajar verticalmente un espacio (20.4 cm) de los agujeros del poste el crucero, con el fin de alejar el conductor de fase central respecto a las fases laterales y así evitar fallas ocurridas por movimientos mecánicos.

Así mismo, esto permitirá distancias entre vanos un poco más grandes y que los índices de calidad SAIFI y SAIDI sean menores.

Es importante mencionar que los esfuerzos mecánicos de las estructuras no deben excederse a lo establecido por la normativa que en consideración los más importantes serán los esfuerzos transversales que generaran los conductores sobre la estructura (*para estándar tipo B: 17,792 N*), lo cual quedaría cubierto debido a que en los diseños y manuales para uso de cada material se mantiene los mismos valores nominales para diferentes tamaños de materiales como cruceros, tirantes, diagonales, entre otros.

En la siguiente figura presentamos la propuesta de cómo se vería una estructura con los puntos anteriormente expuestos.

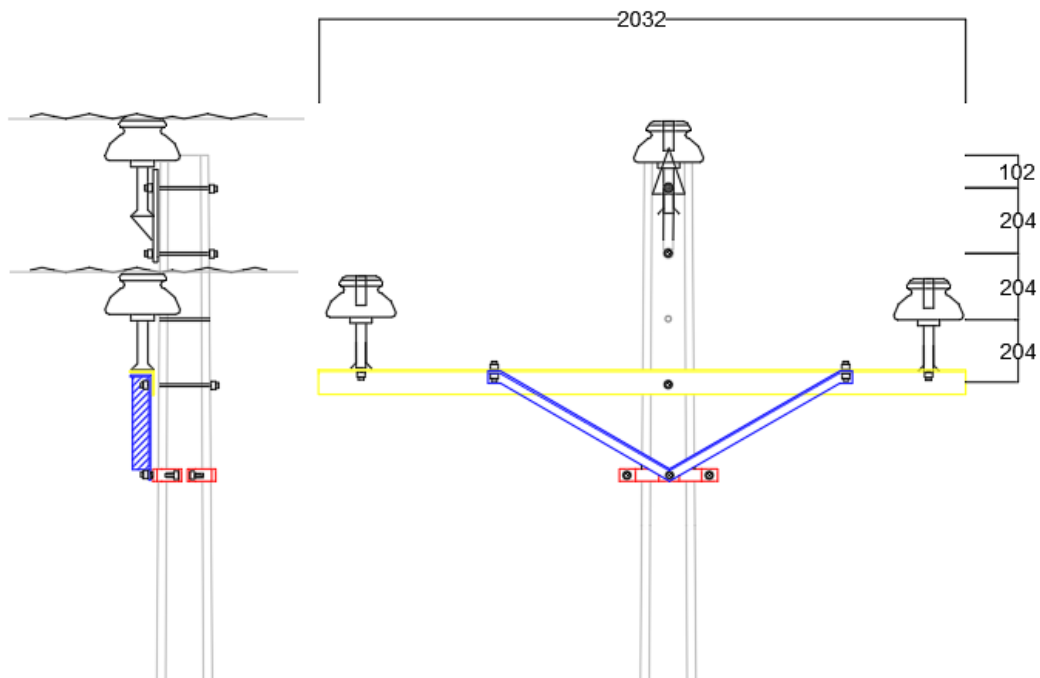


Figura 31. Propuesta de modificación al estándar tipo “B”

Como comparación se ilustrará la estructura A-13.2-3 “Soporte primario sencillo en crucero 3 fases 13.2/7.6 kV”, que es la estructura que se tomó como base para generalizar las modificaciones, en su equivalente esta estructura en el estándar tipo A corresponde a una 13TS3 “Tangente Sencilla 3 fases 13 kV”.

El cambio dimensional entre el conductor central y los conductores adyacentes cambio una distancia vertical de 40.8 cm a 61.4 cm al bajar el crucero al siguiente agujero del poste, y esto equivale a una distancia diagonal de cambio que esta originalmente en 97.45 cm contra una hipotenusa de 107.71 cm evidenciando que los distanciamientos nos podrían ayudar a solventar los temas de distancia entre vanos y los índices de calidad que son el tema principal por el que las distribuidoras eléctricas no utilizan este estándar.

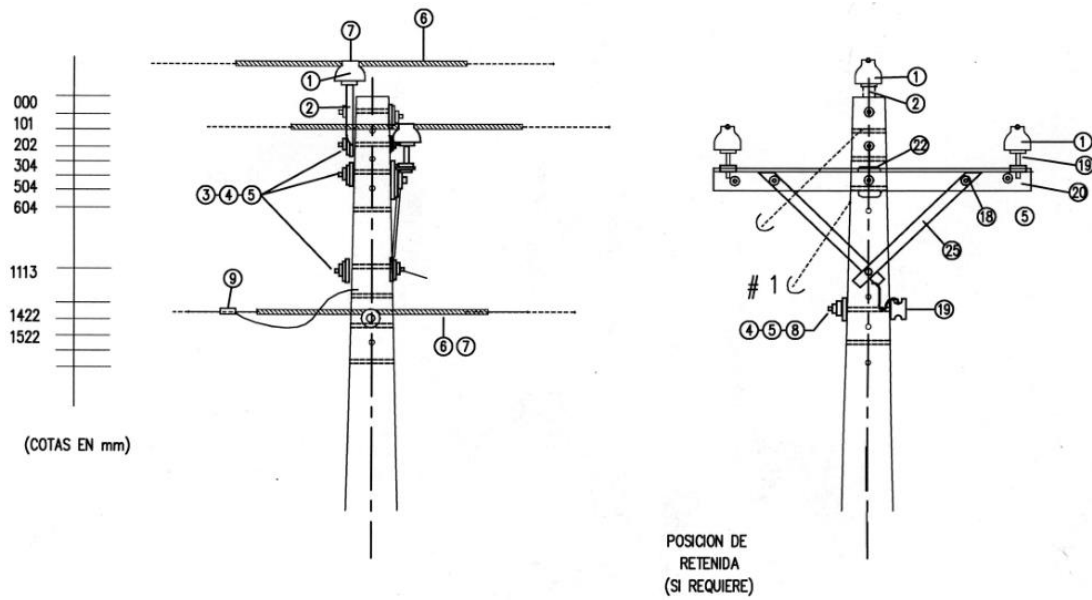


Figura 32. Estructura base del estándar tipo B, para propuesta de modificación A-13.2-3.

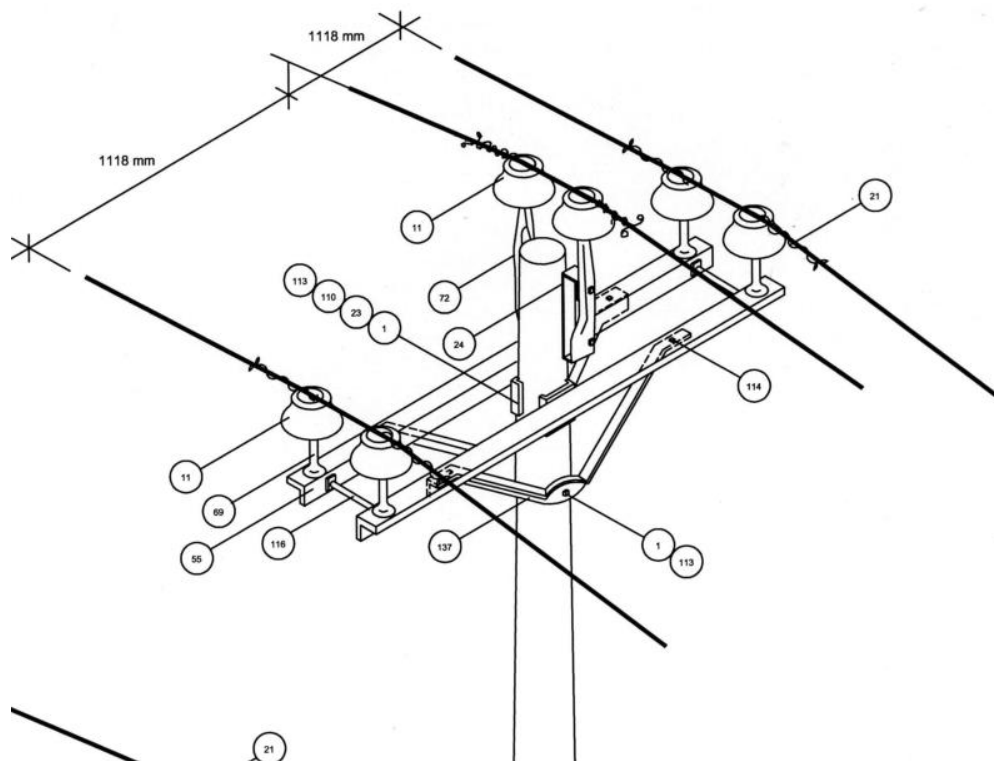


Figura 33. Estructura base equivalente de modificación en estándar tipo A 13TS3.

3. Uso de estructuras con disposición de las partes de los soportes de conductor donde la posición sea diferente a la actual y tenga menos interacción entre fases de manera mecánica (mayor distancia entre conductores), como referencia tenemos a continuación el modelo tomado del manual de la comisión RUS (Abril 2005) la cual es denominada: “SINGLE SUPPORT-NARROW PROFILE 3- PHASE PRIMARY 12.47/7.2 kV, CODE: C1.3N (*Perfil sencillo de soporte estrecho 3 fases primarias 12.47/7.2 kV, Código: C1.3N*)”.

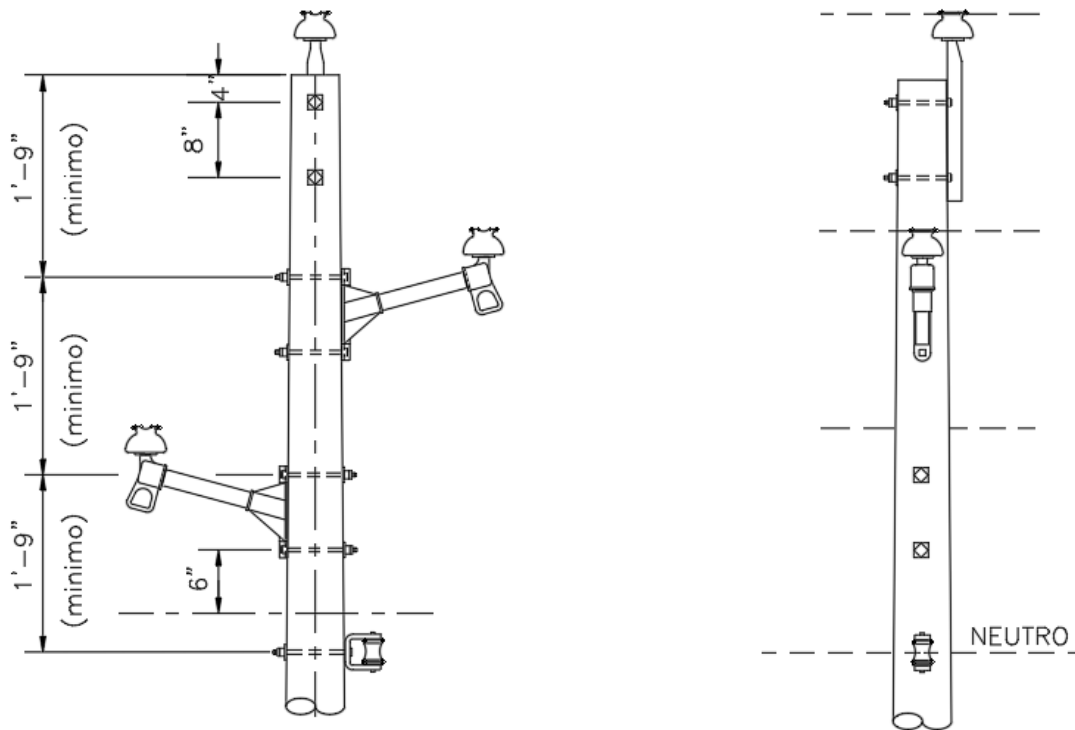


Figura 34. Perfil sencillo de soporte estrecho 3 fases primarias 12.47/7.2 kV, Código: C1.3N.

Es importante, aclarar que para incorporar esta propuesta es necesario un análisis pertinente del costo de fabricación de elementos y herrajería, evaluando si los montos son viables para su implementación.

Además, se añade el conjunto de estructuras en estas configuraciones con su respectivo distanciamiento, del boletín 1228F-804 sección “D”.

En la siguiente imagen se proporcionan todos los nombres de las estructuras que poseen este tipo de configuración denominadas “Narrow profile

assemblies grouped by bracket configuration” (*Conjuntos de perfil estrecho agrupados por configuración de soporte*), y se dividen en dos tipos de agrupación:

1. Standar Assemblies (*Ensamble Estándar*).
2. Staggered Assemblies (*Ensamble Escalonado*).

CONJUNTOS DE PERFILES ESTRECHOS AGRUPADOS POR CONFIGURACIÓN DE SOPORTE

<u>MONTAJE "ESTANDAR" (ESPACIAMIENTO 1-PIE, 9-PULGADAS)</u>			
<u>MAX. ANGULO LINEA</u>	<u>1 FASE</u>	<u>2 FASES</u>	<u>3 FASES</u>
Tangente	A1.1, A1.2	B1.1N, B1.2N	C1.1N, C1.2N
"	A1.1P, A1.2P	B1.1NP, B1.2NP	C1.1NP, C1.2NP
"(NESC Grado B)	A2.1, A2.2	B2.1N, B2.2N	C2.1N, C2.2N
"(NESC Grado B)	A2.1P, A2.2P	B2.1NP, B2.2NP	C2.1NP, C2.2NP
Tabla I	A1.3	B1.3N	C1.3N
Tabla II	A1.3P	B1.3NP	C1.3NP
Tabla III	A2.3	B2.3N	C2.3N
Tabla IV			C2.3NG
Tabla V	A2.3P	B2.3NP	C2.3NP

<u>MONTAJE "ESCALONADOS" (ESPACIAMIENTO 2-PIE)</u>			
<u>MAX. ANGULO LINEA</u>	<u>1 FASE</u>	<u>2 FASES</u>	<u>3 FASES</u>
Tangente	A1.4N, A1.5N	B1.4N, B1.5N	C1.4N, C1.5N
"	A1.4NP, A1.5NP	B1.4NP, B1.5NP	C1.4NP, C1.5NP
"(NESC Grado B)	A2.4N, A2.5N	B2.4N, B2.5N	C2.4N, C2.5N
"(NESC Grado B)	A2.4NP, A2.5NP	B2.4NP, B2.5NP	C2.4NP, C2.5NP
Tabla I	A1.6N	B1.6N	C1.6N
Tabla II	A1.6NP	B1.6NP	C1.6NP
Tabla III	A1.6NP	B1.6NP	C1.6NP
Tabla IV	A2.6N	B2.6N	C2.6N
Tabla V	A2.6NP	B2.6NP	C2.6NP

Figura 35. Grupo de estructuras para diferente tipo de fase y tipo de construcción como guía de propuesta.

10. APLICACIÓN PARA CALCULO DE PRESUPUESTO

La aplicación ha sido creada en Excel siendo un preámbulo para poder hacer presupuestos rápidos teniendo en cuenta los datos de la red que se ha diseñado a implementar, para este caso la siguiente información es para el manual de uso y los componentes que contiene.

1. Hoja de Bienvenida.

Aquí se observan la ventana de presentación.



Figura 36. Hoja de Bienvenida.

2. Botones de Hoja de Bienvenida.

Se presentan dos botones los cuales son para hacer uso de dos procedimientos diferentes.

BOTON INSTRUCCIONES: Nos dirige a la Hoja Instrucciones donde se encuentran los datos de uso de la Macro.

BOTON INICIAR: Despliega una ventana emergente que nos hará saber que procedimiento seguir.



Figura 37. Botones de Hoja de Bienvenida.

3. Ventana Instrucciones.

En ella se nos muestra las consideraciones para poder hacer uso de la macro en sencillos pasos.

1. Llenar los campos solicitados, para los requerimientos de necesidad:

Existen cuatro recuadros donde se puede solicitar los datos correspondientes para implementación en diversas situaciones de terreno y tipo sea A o B.

Numero de Fases	<i>Ej. Trifásico (3)</i>
Tipo de Estructura (Lista)	<i>Ej. Corte Horizontal 3 Fases</i>
Tipo de Poste (Lista)	<i>Ej. Poste de concreto de 26 ft de Altura</i>
Cantidad de Estructuras y Postes	<i>Ej. 5</i>
Tipo de Conductor de Fase (Lista)	<i>Ej. 1/0 ASCR</i>
Tipo de Conductor de Neutro (Lista)	<i>Ej. 2/0 ASCR</i>
Distancia de Vanos (Limitado por Estándar)	<i>Ej. 60 mts</i>
*Según el Manual de Construcción para Líneas Aéreas URBANAS de SIGET el vano debe estar entre 40 y 60 Mts, Pag.249 Numeral 6	*Por recomendación para la Construcción para Líneas Aéreas RURALES según SIGET el vano debe estar entre 30 y 50 Mts

Tabla 17. Ejemplo de cómo llenar el formulario.

2. Al llenar los espacios necesarios, se deben ingresar cada apartado por su respectivo botón "Ingresar Datos" para ser colocado en el formato de presupuesto.

3. Para finalizar y acceder al formulario de presupuesto hay que dar click al botón "PRESUPUESTO". PD. Puede acceder en cualquier momento al formulario de presupuesto para verificar las especificaciones solicitadas.

4. Si se desea eliminar toda la partida presupuestada solo debe dar click en el botón "BORRAR PRESUPUESTO", y seguidamente dar click en el botón "REGRESAR A INTRODUCIR DATOS".

INSTRUCCIONES

1. Llenar los campos solicitados, para los requerimientos de necesidad:
Existen cuatro recuadros donde se puede solicitar los datos correspondientes para implementacion en diversas situaciones de terreno y tipo sea A o B

Numero de Fases	Ej. Trifasico (3)
Tipo de Estructura (Lista)	Ej. Corte Horizontal 3 Fases
Tipo de Poste (Lista)	Ej. Poste de concreto de 26 ft de Altura
Cantidad de Estructuras y Postes	Ej. 5
Tipo de Conductor de Fase (Lista)	Ej. 1/0 ASCR
Tipo de Conductor de Neutro (Lista)	Ej. 2/0 ASCR
Distancia de Vanos (Limitado por Estandar)	Ej. 60 mts

*Según el Manual de Construcción para Líneas Aéreas URBANAS de SIGET el vano debe estar entre 40 y 60 Mts. Pag.249 Numeral 6

*Por recomendación para la Construcción para Líneas Aéreas RURALES según SIGET el vano debe estar entre 40 y 100 Mts

2. Al llenar los espacios necesarios, se deben Ingresar cada apartado por su respectivo boton "Ingresar Datos" para ser colocado en el formato de presupuesto.

3. Para finalizar y acceder al formulario de presupuesto hay que dar click al boton "PRESUPUESTO".
PD. Puede acceder en cualquier momento al formulario de presupuesto para verificar las especificaciones solicitadas.

Figura 38. Ventana Instrucciones.

4. Botones de Hoja de Hoja Instrucciones.

Estos botones funcionan parecido a los botones de la Hoja de Bienvenida.

BOTON REGRESAR: Nos dirige a la Hoja de Bienvenida.

BOTON INICIAR: Despliega una ventana emergente que nos hará saber que procedimiento seguir.

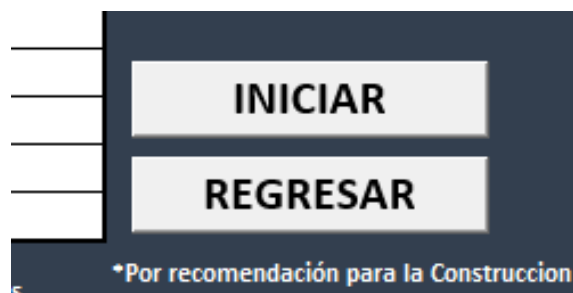


Figura 39. Botones de Hoja Instrucciones.

5. Botón Iniciar.

Este botón nos despliega la ventana emergente denominada “Tipo de Estándar”, la cual nos hace un breve saludo y nos invita a elegir el tipo de estándar con el cual deseamos trabajar ya sea para tipo “A” o tipo “B”.

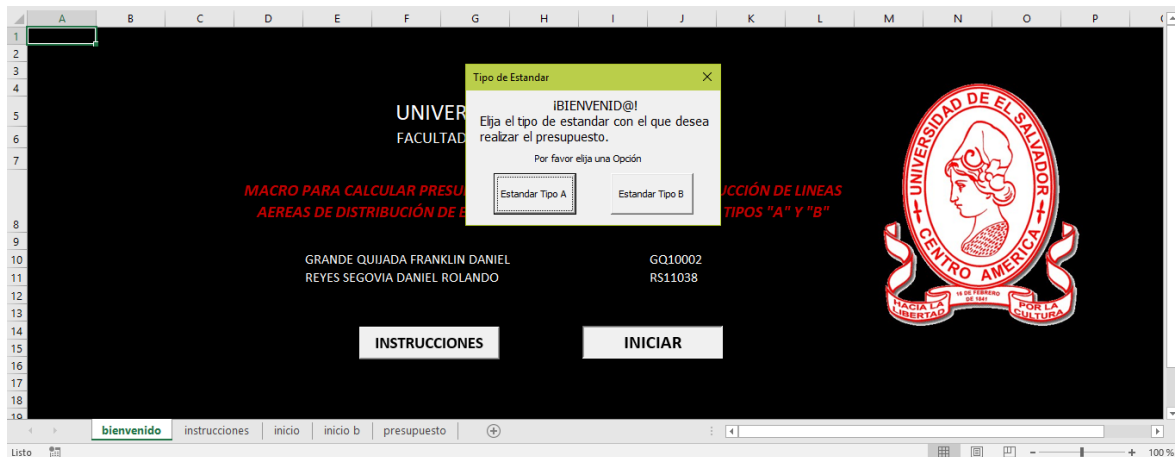


Figura 40. Uso del Botón Iniciar.

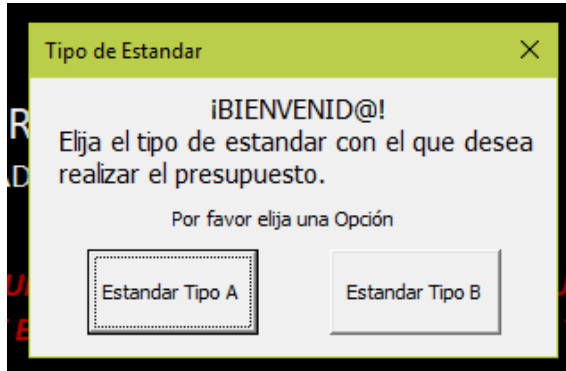


Figura 41. Ventana “Tipo de Estándar”.

6. Hojas de Plantillas para estándar Tipo “A” y Tipo “B”.

Aquí vemos los formularios de los dos tipos existentes en el estándar, en cada tipo hay dos formularios diferentes.

El formulario que está a la izquierda esta designado para hacer presupuestos para hacer trazos de líneas aéreas sobre terrenos a la misma altura, mientras que el formulario de la derecha es utilizado para terrenos donde hay cambios de altura o para trazar la construcción sobre con características de curvas por ejemplo carreteras.

ATAJO		PLANTILLA PARA ESTANDAR TIPO A	
Estructuras y Postes (Terrenos Lineales)		Estructuras y Postes (Cambios de terreno o Curvas)	
Número de Fases del sistema	Monofasico_Terreno_Lineal	Número de Fases del sistema	Bifasico_Terreno_Curvo
Tipo de Estructura	13CH1	Tipo de Estructura	13CD2
Tipo de Poste	Poste autosoportado 69'	Tipo de Poste	Poste Concreto de 26 pies de Altura –Autosoportado
Cantidad de Estructuras y Postes	3	Cantidad de Estructuras y Postes	3
Conductores (Terrenos Lineales)		Conductores (Cambios de terreno o Curvas)	
Tipo de Conductor de Línea	3/0 ACSR	Tipo de Conductor de Línea	1/0 ACSR
Tipo de Conductor de Neutro	1/0 ALFP	Tipo de Conductor de Neutro	2 ACSR
Distancia de Vano (Min 40 Mts/ max 60 Mts)	41	Distancia de Vano (Min 10 Mts/max 39 Mts)	15
Ingreso de Datos	<small>*Según el Manual de Construcción para Líneas Aéreas de SIGET el vano debe estar entre 40 y 60 Mts, Pág.243 Numeral 6</small>	Ingreso de Datos	<small>*La distancia dependerá de las condiciones de terreno a las cuales Ud. Necesite.</small>

Figura 42. formularios para Tipo “A”.

ATAJO		PLANTILLA PARA ESTANDAR TIPO B	
Estructuras y Postes (Terrenos Lineales)		Estructuras y Postes (Cambios de terreno o Curvas)	
Número de Fases del sistema		Número de Fases del sistema	
Tipo de Estructura		Tipo de Estructura	
Tipo de Poste		Tipo de Poste	
Cantidad de Estructuras y Postes		Cantidad de Estructuras y Postes	
Conductores (Terrenos Lineales)		Conductores (Cambios de terreno o Curvas)	
Tipo de Conductor de Línea		Tipo de Conductor de Línea	
Tipo de Conductor de Neutro		Tipo de Conductor de Neutro	
Distancia de Vano (Min 30 Mts/ max 50 Mts)		Distancia de Vano (Min 10 Mts/max 30 Mts)	
Ingreso de Datos	<small>*Según el Manual de Construcción para Líneas Aéreas en Zona Rural SIGET recomienda que los vanos estén entre 30 y 50 Mts.</small>	Ingreso de Datos	<small>*La distancia dependerá de las condiciones de terreno a las cuales Ud. Necesite.</small>

Figura 43. formularios para Tipo “B”.

Las principales diferencias entre los formularios son las restricciones de distancia entre los vanos para el formulario de terrenos lineal el rango esta entre los 40 mts y 60 mts, bajo el estándar de construcción de líneas aéreas de SIGET, las restricciones para el formulario para cambio de terrenos o curvas esta entre los 10 mts y 20 mts.

Hablando de las diferencias entre los formularios de cada Tipo de construcción como se mencionó antes para el Tipo “A” que es para terrenos Urbanos la distancia está restringido entre los 40 mts y 60 mts, mientras el Tipo “B” se ha restringido entre los 30 mts y 50 mts de distancia entre vanos.

También para la restricción del formulario de cambio de terrenos para el estándar Tipo “B” se ha dejado con las restricciones entre los 10 mts y 30 mts esto debido a que los cambios de altura entre terrenos pueden ser mayores en las zonas rurales.

7. Partes del Formulario.

La siguiente figura nos muestra de cerca el formulario base que se ocupa para la adquisición de datos, a continuación, se tratara algunos puntos respecto a cada apartado.

<i>Estructuras y Postes (Terrenos Lineales)</i>	
Número de Fases del sistema	Monofasico_Terreno_Lineal
Tipo de Estructura	13CH1
Tipo de Poste	Poste autosoportado 69'
Cantidad de Estructuras y Postes	3
<i>Conductores (Terrenos Lineales)</i>	
Tipo de Conductor de Linea	3/0 ACSR
Tipo de Conductor de Neutro	1/0 ALFP
Distancia de Vano (Min 40 Mts/ max 60 Mts)	41
<input type="button" value="Ingreso de Datos"/>	
<small>*Según el Manual de Construcción para Líneas Aéreas de SIGET el vano debe estar entre 40 y 60 Mts, Pag.249 Numeral 6</small>	

Figura 44. Formulario Base (Formulario Terrenos Lineales).

Apartado de Estructuras y Postes:

Numero de Fases del Sistema: Nos mostrará los tipos de sistemas a utilizar, al elegir un tipo de sistema este automáticamente restringirá las estructuras que puede utilizar en ese sistema.

Tipo de Estructura: Nos mostrara los tipos de estructuras habilitados respecto al tipo de sistema elegido.

Tipo de Poste: Muestra los postes que se pueden utilizar.

Cantidad de Estructuras y Postes: Debemos colocar el número de estructuras y postes con los que nuestro diseño trabajara.

Apartado de Conductores: Tipo de Conductor para línea: Se muestran los tipos de conductor para el uso en nuestro sistema, se debe tener en cuenta que el uso de los conductores debe ser consiente al tipo de estructura en la que se utilizara, se recomienda ver el manual de construcción para líneas aéreas autorizado por SIGET.

Tipo de Conductor para Neutro: se ha restringido a los tamaños # 1/0 y #2 en sus diversas clases para sus diversos usos.

8. Botones de las Hojas de Plantillas para Estándar Tipo “A” y “B”.

Los tres botones que aparecen en esta hoja son:

ATAJO: Nos despliega una ventana emergente para trasladarnos entre Hojas de trabajo, para cambiar de formulario y la otra opción para consultar el presupuesto.

Ingreso de Datos: Con ello enviaremos hacia la hoja de Presupuesto los datos llenados en el formulario y delegara una ventana emergente la cual nos consultara si deseamos ingresar más datos o si terminamos y deseamos ver el presupuesto.

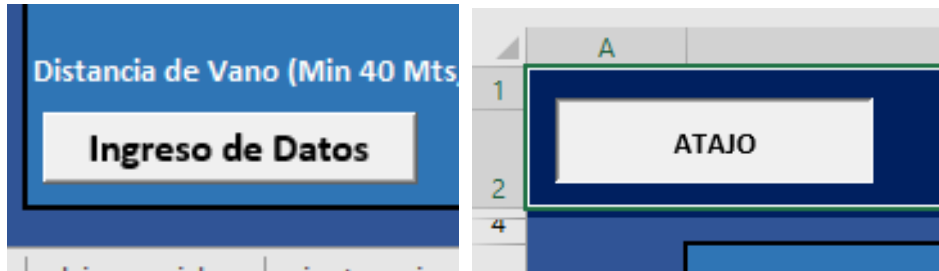


Figura 45. Botón Ingreso de Datos y ATAJO.

9. Ventanas desplegables por los Botones Ingreso de Datos y ATAJO.

Estas ventanas desplegable Datos ingresados tipo "A" y Atajo son mostradas en las siguientes figuras.

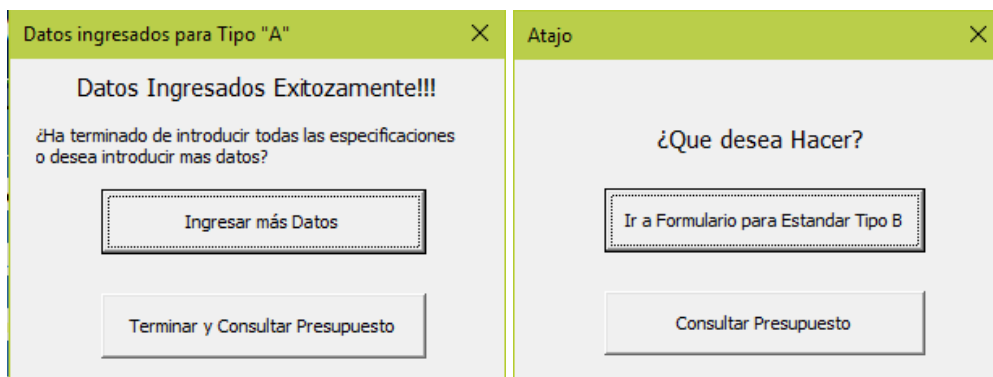


Figura 46. Ventanas Datos ingresados para tipo "A" y Atajo.

En las ventanas los botones se encargan de lo siguiente:

Ingresar más Datos: nos devuelve a la hoja de formularios en la cual estamos trabajando para seguir ingresando más datos.

Terminar y Consultar Presupuesto: cierra la ventana y nos redirige hacia la Hoja de presupuesto.

Ir a Formulario para Estándar Tipo B: Nos dirige hacia la hoja de formularios a llegar según el caso que necesitemos, si estamos en A nos vamos a B y viceversa.

Consultar Presupuesto: aquí nos movemos hacia la Hoja Presupuesto para revisar si los datos ingresados son correctos o inspeccionar si son los necesitados.

10. Hoja Presupuesto.

En esta hoja se nos ingresaran todos los datos que necesitamos aquí se nos muestran los apartados de Código, Detalle, Cantidad, Costo de Materiales, Coto de Mano de Obra y Total por ítem ingresado.

Además, si nos desplazamos hacia abajo se nos muestra el total del presupuesto dado en Dólares Americanos.

CODIGO	DETALLE	CANTIDAD	MATERIALES [US\$]	MO [US\$]	TOTAL [US\$]
13CH1	Corte horizontal 1 fase	3	\$ 291.00	\$ 21.00	\$ 312.00
PA69	Poste autoportado 69'	3	\$ 17,256.00	\$ 2,931.00	\$ 20,187.00
3/0 ACSR	CONDUCTOR ELECTRICO AEREO PARA LINEA	86	\$104.06	\$26.66	\$130.72
1/0 ALFP	CONDUCTOR ELECTRICO AEREO PARA NEUTRO	86	\$65.36	\$23.22	\$88.58
D2-13 2-3	Construcción vertical 60° a 120° 3 fases 13.2/7.6 kV	1	\$611.00	\$28.00	\$638.00
PA26	Poste Concreto de 26 pies de Altura - Autoportado	1	\$403.00	\$290.00	\$694.00

Figura 47. Hoja de Presupuesto revisión de datos ingresados.

TOTAL [US\$]					\$ 22,050.30
---------------------	--	--	--	--	---------------------

Figura 48. Hoja de Presupuesto Total de Presupuesto.

Descripción de los botones de Hoja de Presupuesto:

Regresar A Ingreso de Datos: Nos despliega la ventana emergente “Tipo de Estándar”, la cual nos pregunta hacia cual tipo del estándar nos queremos dirigir.

Borrar Datos: Nos limpia las casillas del presupuesto ingresado.

Esta MACRO está diseñada para el uso de todos aquellos estudiantes, profesionales o personas con ideales a fines que deseen tener una base de presupuesto con la cual trabajar y hecha a andar sus proyectos del área eléctrica.

Se pide a todo aquel usuario que utiliza este documento una actualización prioritaria cada cierto tiempo puede ser periodos anuales, ya que debido a nuevas tecnologías y que los mercados son cambiantes en un futuro podrá ser que varios de los materiales se sustituyan.

11. CONCLUSIONES

- El objetivo principal de preservar el uso del estándar tipo B como guía y normativa de construcción de líneas aéreas de distribución eléctrica en la zona rural, no es en su totalidad viable, debido que al realizar el análisis más detallado se determina que no garantiza redes con costos considerablemente más bajos y confiables, sin embargo se proponen modificaciones y aplicaciones para sistemas de servicio bifásicos y trifásicos ya que presentan los mayores inconvenientes en los aspectos de fallas mecánicas, calidad de servicio y distanciamiento entre vanos.
- Con base a la evaluación realizada, se concluye que la opción viable para uso del manual como estándar actualizado es el uso del estándar Tipo “A”.
- Del análisis económico se concluye que a pesar de que se demuestra que el estándar tipo “B” tiene una ligera ventaja ya que los materiales que componen las estructuras tienen un costo más bajo, tiene la desventaja que varios de los materiales están limitados en el mercado debido a la baja demanda, por lo que muchos de los materiales especificados en el estándar actual ya no se encuentran en el mercado.
- Dentro de las referencias internacionales las comisiones gestoras y entidades de estos países optan por el uso de una normativa de construcción para estructuras eléctricas comparadas a nuestro estándar tipo “A”, aunque la mayoría de ellos aceptan el uso de Pernos como soporte de la estructura, los principales elementos que cambian es el tamaño del Crucero (90”) y del Tirante en V (45”).
- En los estándares de referencia internacional la mayoría consideran de manera implícita dentro de su manual y reglamento, el uso de las estructuras para áreas geográficas Urbanas y Rurales, retomando como

ejemplo al manual de construcción de líneas aéreas CFE (México) que es el manual que cuenta con más similitudes al de El Salvador que, además, provee estructuras para su uso en diferentes zonas de acuerdo a las condiciones de terreno y ambientales. Mencionar también al manual de construcción RUS (EE UU) que se ha diseñado para uso en zonas rurales y que es la base para el manual de El Salvador en el estándar tipo B y el manual CRE (Bolivia).

- La creación de una Macro para el costeo de estructuras de distribución eléctrica, ayuda en gran medida a todos aquellos profesionales a tener los costos para la gestión de proyectos de la categoría de distribución de energía eléctrica por estructuras aéreas, procurando darle una actualización cada cierto tiempo en costos de los materiales, para tener una mejor fiabilidad de los márgenes de presupuesto.

12. RECOMENDACIONES

- Actualizar el estándar de tipo “A”, con las nuevas tecnologías en estructuras y materiales que ya son utilizadas en el país pero que no están normadas por SIGET.
- Incluir en el manual las consideraciones necesarias tomando como base los manuales de construcción de líneas aéreas de los países de México (CFE) y Estados Unidos (RUS), ya que los diseños y consideraciones que se presentan en ambos manuales son los que se pueden adaptar de mejor manera a lo aprobado actualmente en nuestro país.
- Que las empresas distribuidoras de energía eléctrica de El Salvador, deben realizar los estudios de coordinación de aislamiento en los puntos en donde incrementen el aislamiento conforme a lo establecido en el estándar de construcción, estudios de coordinación de aislamiento, garantizando que al haber fallas de diferente índole en el sistema pueda suprimir todas aquellas perturbaciones que pueden generar incidentes hacia el servicio de los usuarios finales, esto para que los estándares de calidad de servicio eléctrico brindado sean los adecuados.
- Se recomienda al ente regulador del país, SIGET, que verifique que las empresas distribuidoras realicen el diseño de las líneas de distribución con base en lo establecido en el estándar de construcción de líneas aéreas en media tensión, ya que en la práctica se observa que realizan modificaciones sin realizar un estudio profundo para garantizar la seguridad de las instalaciones de los usuarios finales.
- Considerar las recomendaciones propuestas en el presente trabajo de graduación para el estándar tipo B, con el objetivo que este pueda ser una opción de construcción para las empresas distribuidoras y empresas contratistas responsables de construir las redes de distribución en la zona rural.

BIBLIOGRAFIA

- SIGET (*Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones*). <https://www.siget.gob.sv/>

Acuerdos y Normativa utilizados:

- ✓ Acuerdo No. 29-E-2000 *“normas técnicas de diseño, seguridad y operación de las instalaciones de distribución eléctrica”*.
- ✓ Acuerdo 66 E-2001 capitulo VII *“Estándar de construcción de líneas aéreas de Distribución de energía eléctrica 13.2 kV”*.
- ✓ 301-E-2003 *“Normativa de Materiales y Equipos para construcción de Líneas Aéreas y sus Anexos”*.
- ✓ *“Normas de Calidad del Servicio de los Sistemas de Distribución” - Diciembre 2014.*

- CFE (*Comisión Federal de electrificación – México*). <https://www.cfe.mx>

Acuerdos y Normativa utilizados:

- ✓ *“Construcción de instalaciones aéreas en media y baja tensión CFE México” – Febrero 2014.*

- DISNORTE-DISSUR (*Nicaragua*). <https://www.disnorte-dissur.com.ni>

Acuerdos y Normativa utilizados:

- ✓ *“manual de construcción de redes de distribución 13.2/24.9 kV” - Junio 2006.*
- ✓ *“Normas Técnica Construcción de Redes Distribución 13.2-24.9KV” - Junio 2006.*

- CRE (Cooperativa Rural de Electrificación – Bolivia).
<http://www.cre.com.bo>

Acuerdos y Normativa utilizados:

- ✓ “manual de estructuras 10.5 kV – 14.4 / 24.9 kV de redes aéreas de distribución de energía eléctrica (Rev. 3)” – Septiembre 2004.

- RUS (Rural Utilities Service – Estados Unidos).
<https://www.rd.usda.gov/publications/regulations-guidelines/bulletins/electric>

Acuerdos y Normativa utilizados:

- ✓ “bulletin 1728f-803 Specifications and Drawings for 24.9/14.4 kV Line Construction” – Diciembre 1996.
- ✓ Archivos AutoCAD de estructuras -
<https://new.cloudvault.usda.gov/index.php/s/fx668TzyTfeXz8n>

ANEXOS

ANEXO A: EXPERIENCIAS DEL TEMA DE INVESTIGACION

Para la investigación de nuestro tema se trató de llevar buscar opiniones e información referente a como las empresas distribuidoras manejan el Manual de líneas de construcción haciendo énfasis en las estructuras de Tipo B, a continuación, daremos un resumen de lo tratado con dos diferentes empresas distribuidoras las cuales son: EDESAL y CAESS.

EDESAL

Por su parte al ser una distribuidora que abrió sus puertas recientemente, no tienen la experiencia de implementar las estructuras de tipo B, toda estructura de su servicio de clientes se ha trabajado desde su inicio con las Estándar Tipo A, ya que se amoldaron a lo que manejaba en el mercado la competencia (Otras Distribuidoras Eléctricas).

Asimismo, expusieron que en situaciones en las cuales en su zona de cobertura de clientes encontraban una estructura de Tipo B al ser materiales que eran antiguos se trataba de sustituir los materiales más desgastados o que presentaban síntomas de falla por unos más recientes, para el caso la base de los materiales a cambiar son los de Tipo A. Además, si en dado caso la mayoría de la estructura ya no era funcional optaban por sustituirla por su equivalente en el Tipo A.

Los siguientes criterios son los que la distribuidora considera para optar por el uso del Tipo A al tipo B.

- Algunos materiales ya no se comercializan o son difícil encontrarlos en el mercado.
- Nuevas tecnologías respecto a los aisladores.
- Menor tiempo de trabajo al colocar una estructura, así como su dirección y ángulos de incidencia para el servicio.

- Los esfuerzos físicos sometidos por factores medio ambientales o del entorno son más seguras.

CAESS (GUPO AES)

Por su parte expone que por el momento desde hace más de 12 años ellos ya no ocupan el estándar Tipo B, esto debido a los parámetros propios de control de calidad de servicio a brindar ya que son estrictos con todos los parámetros que SIGET exige para este tema, sobre todo en lo que compete a los Índices de Calidad Índice de Frecuencia de Interrupción Promedio del Sistema (SAIFI) e Índice de Duración de Interrupción Promedio del Sistema (SAIDI), los cuales deben de estar dentro de lo que la superintendencia les exige ya que si sobrepasan estos límites se procede a una compensación de carácter económico.

Algunos aspectos que la distribuidora manifestó son:

1. *“La distancia entre líneas de fase son más amplias (Tipo A) permitiendo extender los vanos sin el problema que se de alguna falla”*. Las distancias de los vanos utilizadas para tipo A es entre 40 y 60 metros, para tipo B es entre 30 y 50 metros.
2. *“Los problemas por descargas o fallas en el sistema no provocan que los postes se vean afectados y por ende que la estructura colapse”*. Debido que si es de Tipo B es mucho más probable que la malla interna del poste conduzca una falla, a parte que el poste se ve dañado también puede sufrir una ruptura y que la estructura caiga completamente.
3. Si la zona pertenece a estándar tipo B y la zona de distribución es la que presenta causas de fallas con frecuencia, la estructura es sustituida de inmediato asumiendo los costos que conlleva.

ANEXO B: INDICES DE CALIDAD DE SERVICIO DE SUMINISTRO ELETTRICO “SAIFI y DAIFI”.

CAPÍTULO II INDICADORES DE CALIDAD DE SERVICIO TÉCNICO

Art.13. Índices de Calidad para las Interrupciones. *La Calidad del Servicio Técnico será evaluada mediante los siguientes índices o indicadores globales: Frecuencia Media de Interrupción por kilovoltios amperios (kVA), en adelante FMIK; Tiempo Total de Interrupciones por kilovoltios amperios (kVA), en adelante TTIK; Índice de Frecuencia de Interrupción Promedio del Sistema (interrupciones /usuarios del sistema/ año), en adelante SAIFI; Índice de Duración de Interrupción Promedio del Sistema (horas/ usuarios del sistema /año), en adelante SAIDI; Energía No Suministrada, en adelante ENS; y por índices o indicadores individuales por usuario que se controlarán y que serán los mismos que los definidos como Índices Globales aplicados para cada usuario individual SAIFI y SAIDI; además de los siguientes: Índice de Frecuencia de Interrupción Promedio al Consumidor Afectado (interrupciones /usuarios afectados/ año) CAIFI; Índice de Duración de Interrupción Promedio por Consumidor (horas /interrupción del consumidor) CAIDI.*

Donde nos enfocaremos en los índices SAIFI y SAIDI que son los de interés para las distribuidoras debido a que los pagos por sobrepasar los índices reflejados en esta normativa con la cual se deben compensar a los usuarios en casos de fallas.

Cálculos de Indicadores.

- a) Índice de Frecuencia de Interrupción Promedio del Sistema (interrupciones /usuarios del sistema /año) (SAIFI);

$$SAIFI = \frac{\sum_i^N Usu_i}{Usu_T}$$

Dónde:

N = Número de interrupciones, ocurridas en el período de estudio.

i = Contador de número de interrupciones, variando de 1 a N.

Usu_i = Número de Usuarios Afectados por la Interrupción “i”.

Usu_T = Número Total de Usuarios de la Empresa Distribuidora.

- b) Índice de Duración de Interrupción Promedio del Sistema (horas/ usuarios del sistema /año) (SAIDI);

$$SAIDI = \frac{\sum_i^N Usu_i Dur_i}{Usu_T}$$

Dónde:

N = Número de interrupciones, ocurridas en el período de estudio.

i = Contador de número de interrupciones, variando de 1 a N.

Dur_i = Duración de la Interrupción "i".

Usu_i = Usuarios Afectados por la Interrupción "i".

Usu_T = Usuarios Totales de la Empresa Distribuidora.

Cálculo de Compensaciones Individuales:

Art. 77.c. El monto total a compensar por incumplimiento a las tolerancias establecidas en los indicadores individuales, se calculará determinándose la energía no suministrada en buena calidad para cada período de control, en función de los indicadores de Tiempo y Frecuencia de interrupciones.

Art. 77.d. La compensación por indicador individual por usuario afectado, se determina eligiendo el mayor entre dos montos:

CSAIDI = Compensación por SAIDI, en dólares de los Estados Unidos de América.

CSAIFI = Compensación por SAIFI, en dólares de los Estados Unidos de América.

Art. 77.d.1) Compensación por SAIDI: CSAIDI = ENSSAIDI * CENS En donde:

CSAIDI: Compensación económica para ser distribuida individualmente en dólares de los Estados Unidos de América

ENSSAIDI: Energía no suministrada al sistema con la calidad establecida, calculada en función de SAIDI, (kWh).

CENS: Costo de Energía No Entregada, es dos veces el Valor vigente de los precios de la energía de la tarifa aprobada por la SIGET en que el usuario final está clasificado correspondiente al primer día y primer mes del período de control evaluado y en el caso de tarifas con medición horaria, es igual a dos veces el promedio ponderado de la tarifa en que se encuentra el usuario en el período de control evaluado.

La ENSSAIDI se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$ENS_{SAIDI} = D_u \left[\frac{SAIDI - SAIDI_{\text{limite}}}{8760} \right]$$

En donde:

SAIDI: Valor resultante del indicador en el período controlado.

SAIDI_{Límite}: Límite establecido para las tolerancias de los índices.

D_u: Demanda de energía facturada durante el período de control para cada Usuario, (kWh).

8760: Número de horas en el año.

: Art. 77.d.2) Compensación por SAIFI

$$CSAIFI = ENSSAIFI * CENS$$

En donde:

CSAIFI: Compensación económica para ser distribuida individualmente en dólares de los Estados Unidos de América.

ENSSAIFI: Energía no suministrada al sistema con la calidad establecida, calculada en función de SAIFI, (kWh).

CENS: Costo de Energía No Entregada, es dos veces el Valor vigente de los precios de la energía de la tarifa aprobada por la SIGET en que el usuario final está clasificado correspondiente al primer día y primer mes del período de control evaluado y en el caso de tarifas con medición

horaria, es igual a dos veces el promedio ponderado de la tarifa en que se encuentra el usuario en el período de control evaluado.

La ENSSAIFI se calculará mediante la siguiente fórmula:

$$ENS_{SAIDI} = D_u \left[\frac{(SAIDI - SAIDI_{\text{limite}}) - SAIDI}{\frac{SAIFI}{8760}} \right]$$

En donde:

SAIFI: Valor resultante del índice o indicador en el período controlado.

SAIDI: Valor resultante del índice o indicador en el período controlado.

SAIDI_{Limite}: Son los límites establecidos para las tolerancias de los índices.

D_u: Demanda de energía facturada durante el período de control para el sistema del Distribuidor (kWh).

8760: Número de horas en el año.

Frecuencia Media de Interrupción por kVA (FMIK)

La frecuencia media de interrupción por kVA representa la cantidad de veces que el kVA promedio de la Empresa Distribuidora sufrió una interrupción de servicio en el período analizado.

La ecuación a considerar para calcular este indicador es la siguiente:

$$FMIK^{RED} = \frac{\sum_{i=1}^N kVA_i^{RED}}{kVA_{TOTAL}^{RED}} = \frac{\sum_{i=1}^N kVA_i^{MTBT} + \sum_{i=1}^N PCon_i^{USUMT}}{kVA_{TOTALES}^{MTBT} + PCon_{TOTALES}^{USUMT}} \bigg/ FP \bigg|^{RED}$$

Dónde:

$FMIK^{RED}$: Frecuencia Media de Interrupción por kVA instalado para redes según el tipo de densidad de carga ALTA o BAJA.

$\sum_{i=1}^N kVA_i^{RED}$: Sumatoria de los kVA afectados por las Interrupción “i”, que van desde la 1 hasta la N. En los kVA afectados se debe considerar los de transformación MTBT como el de los usuarios de MT (USUMT) interrumpidos.

kVA_i^{MTBT} : kVA afectados en los centros de transformación MTBT.

$PCon_i^{USUMT}$: Potencia facturada de los usuarios MT afectados por una interrupción.

kVA^{RED}_{TOTAL} : Sumatoria de los kVA Totales instalados en transformación y de los usuarios de MT.

kVA^{MTBT}_{TOTAL} : Sumatoria de los kVA totales en los centros de transformación MTBT

$PCon^{USUMT}_{TOTAL}$: Sumatoria de la potencia facturada de todos los usuarios MT

FP: Factor de Potencia = 0.9.

Tiempo Total de Interrupción por kVA (TTIK)

TTIK: Representa el tiempo, en valor medio, que cada kVA del conjunto considerado estuvo sin suministro en el año.

La ecuación a considerar para calcular este indicador es la siguiente:

$$TTIK^{RED} = \frac{\sum_{i=1}^N kVA_i^{RED} x Hs_i}{kVA_{TOTAL}^{RED}} = \frac{\sum_{i=1}^N kVA_i^{MTBT} x Hs_i + \sum_{i=1}^N PCon_i^{USUMT} x Hs_i}{kVA_{TOTAL}^{MTBT} + PCon_{TOTAL}^{USUMT} / FP} \Bigg|^{RED}$$

Dónde:

$TTIK^{RED}$: Tiempo Medio de Interrupción por kVA instalado para redes según el tipo de densidad de carga ALTA o BAJA.

$\sum_{i=1}^N kVA_i kVA_i^{RED} x H_{S_i}$: Sumatoria de los kVA afectados por Duración (Hs) de la Interrupción "i", que va desde $i=1$ hasta $i= N$. En los kVA afectados se debe considerar los de transformación MTBT como el de los usuarios de MT (USUMT) interrumpidos.

kVA_i^{MTBT} : kVA afectados en los centros de transformación MTBT.

$PCon_i^{USUMT}$: Potencia facturada de los usuarios MT afectados por una interrupción.

$kVA^{RED}_{TOTALES}$: Sumatoria de los kVA Totales instalados en transformación y de los usuarios de MT.

$kVA^{MTBT}_{TOTALES}$: Sumatoria de los kVA totales en los centros de transformación MTBT

$PCon^{USUMT}_{TOTALES}$: Sumatoria de la potencia facturada de todos los usuarios MT

FP: Factor de Potencia = 0.9.