



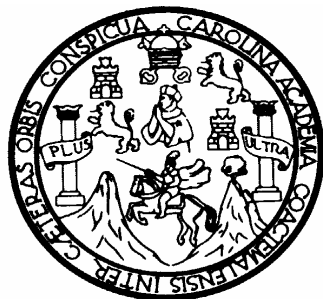
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

**GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANTILLAS DE  
CURVAS DE LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN LÍNEAS DE  
TRANSMISIÓN USANDO COMPUTADOR PERSONAL**

**Mauro Rodolfo Guevara García**

**Guatemala, agosto de 2005**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANTILLAS DE CURVAS DE  
LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN  
USANDO COMPUTADOR PERSONAL**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MAURO RODOLFO GUEVARA GARCÍA**

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**NÓNIMA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Vocal I	
Vocal II	Lic. Amahan Sánchez Álvarez
Vocal III	Ing. Julio David Galicia Celada
Vocal IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
Vocal V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
Secretaria	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
Examinador	Ing. Edwin Alberto Solares Martínez
Examinador	Ing. Julio Cesar Solares Peñate
Examinador	Ing. Francisco Javier Rivera Canek
Secretario	Ing. Francisco Javier González López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **GUÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANTILLAS DE CURVAS DE LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN USANDO COMPUTADOR PERSONAL**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica con fecha 4 de julio de 1997.

Mauro Rodolfo Guevara García

## **ACTO QUE DEDICO A**

<b>DIOS</b>	Que es la fuente de toda sabiduría y me ha permitido alcanzar esta meta.
<b>MIS PADRES</b>	Mauro Guevara Méndez. Elia García Solares de Guevara. Por todo su amor, los principios formados, su apoyo, consejos, y en recompensa a los grandes esfuerzos que realizan siempre en beneficio de sus hijos.
<b>MI ESPOSA</b>	<i>Anabella de León Aguirre.</i> <i>Por toda su comprensión, paciencia, amor y apoyo incondicional.</i>
<b>MIS HIJOS</b>	Pablo Rodolfo y Andrés Ricardo. Como un ejemplo y muestra de todo mi amor por ellos.
<b>MIS HERMANOS</b>	Cory, Fredy, Tico y Mima. Por el cariño que siempre me han brindado.
<b>MIS SOBRINOS</b>	Carol, Susy, Pepe, Alejandra, Kenia, Alejandro, Guayo, Jorgito, Andrea, Eberto, Elsy e Irene. Con especial cariño.
<b>MI FAMILIA</b>	Con mucho aprecio.

**MIS AMIGOS**

Manuel, Erick, Maco y Gustavo.

Por brindarme su amistad.

## **AGRADECIMIENTO A**

**EL PUEBLO DE GUATEMALA** Porque con sus impuestos mantienen esta casa de estudios.

**MI AMIGO** José Alejandro Castillo Méndez.  
Por su valiosa colaboración para la realización de este trabajo.

**AL INGENIERO** Justo Francisco Fong González.  
Por su asesoría en el presente trabajo de tesis.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**





# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. DEFINICIONES	1
1.1 Flecha	1
1.2 Catenaria	1
1.3 Estructura	1
1.4 Vano	1
1.4.1. Vano dominante	2
1.4.2. Vano vertical	2
1.4.3 Vano horizontal	2
1.5 Libranza	6
1.6 Ángulo de oscilación	6
1.7 Ángulo de deflexión	7
1.8 Ángulo de protección	7
1.9 Herrajes y accesorios	8
1.10 Derecho de paso	8
1.11 Levantamiento topográfico	11
1.12 Plantilla de flechas	11

2.	CONDUCTORES Y AISLADORES _____	13
2.1	Conductores _____	13
2.1.1	Tipos y calibres de conductores utilizados en las líneas eléctricas	13
2.2	Aisladores _____	16
2.2.1	Aisladores de espiga _____	17
2.2.2	Aisladores de suspensión _____	17
2.2.3	Aisladores tipo horizontal _____	19
2.2.4	Aisladores en “v” _____	20
3.	TIPOS DE ESTRUCTURAS UTILIZADAS EN LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y SUBTRANSMISIÓN _____	23
3.1	Tangentes _____	23
3.2	De ángulo _____	23
3.3	De anclaje _____	24
3.4	De remate _____	24
3.5	De derivación _____	24
3.6	Estructuras de madera _____	24
3.7	Estructuras de concreto _____	26
3.8	Estructuras de metal _____	28
3.9	Estructuras típicas utilizadas en líneas eléctricas _____	28
4.	CRITERIOS PARA LA ELABORACIÓN DE PLANTILLAS DE CURVAS PARA LA LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN LÍNEAS ELÉCTRICAS 39	
4.1	Ubicación geográfica _____	39
4.2	Ubicación dentro del sistema eléctrico _____	39
4.3	Los niveles isoceráunicos _____	40
4.4	Las zonas de carga o zonas de viento _____	42

4.5	Las zonas de temperatura _____	44
4.6	Libranzas _____	46
4.7	Resistencia a la ruptura _____	51
4.8	Curva caliente _____	52
4.9	Curva fría _____	52
4.10	Curva normal _____	54
4.11	Métodos para la elaboración de la plantilla de curvas de localización	55
4.11.1	Método de la parábola _____	55
4.11.2	Método de la catenaria _____	57
5.	PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA PLANTILLA DE CURVAS DE LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS PARA LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 34.5 KV. TRIFÁSICA POR MEDIO DE COMPUTADOR PERSONAL _____	59
5.1	La curva caliente (Y1) a 50°C _____	60
5.2	La curva normal (Y2) a 28°C _____	60
5.3	La curva fría (Y3) a 0°C _____	60
5.4	Procedimiento para la elaboración de la plantilla de curvas de localización _____	61
5.4.1	Paso 1 _____	66
5.4.2	Paso 2 _____	67
5.4.3	Paso 3 _____	69
5.4.4	Paso 4 _____	69
5.4.5	Paso 5 _____	71
5.4.6	Paso 6 _____	74
5.4.7	Paso 7 _____	75
5.4.8	Paso 8 _____	77
5.4.9	Paso 9 _____	80

5.4.10	Paso 10	81
5.4.11	Paso 11	83
5.4.12	Paso 12	84
5.4.13	Paso 13	86
5.4.14	Paso 14	87
5.4.15	Paso 15	87
5.4.16	Paso 16	90
5.4.17	Paso 17	95
5.4.18	Paso 18	96
CONCLUSIONES		105
RECOMENDACIONES		107
BIBLIOGRAFÍA		109

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1. Vano horizontal (vano viento) y vano vertical (vano peso)
2. Gráfico universal de flechas Alcan
3. Gráfico universal de flechas Anaconda
4. Ángulos de oscilación y libranzas
5. Ángulo de protección
6. Derecho de paso
7. Tipos de conductores ACSR
8. Aislador de espiga para 13.8 kV y 34.5 kV
9. Aislador típico de suspensión
10. Aislador tipo horizontal
11. Aislador en “V”
12. Estructuras con aisladores en “V”
13. Estructura típica para líneas de distribución de 13.8 kV monofásica
14. Estructura típica para líneas de distribución de 13.8 kV trifásica
15. Estructura típica para líneas de distribución de 34.5 kV monofásica
16. Estructura típica para líneas de distribución de 34.5 kV trifásica
17. Estructura típica en “H” para líneas de sub-transmisión de 69 kV
18. Estructura típica en poste para líneas de sub-transmisión de 69 kV, con aislador tipo horizontal
19. Estructura típica en poste para líneas de sub-transmisión de 69 kV, con aisladores de suspensión
20. Estructura típica en poste para líneas de transmisión de 230 kV con aisladores de suspensión

21. Estructura típica en poste para líneas de transmisión de 230 kV con aisladores en "V"
22. Niveles isocerámicos
23. Zona de viento o carga
24. Zona de temperaturas
25. Curva fría, con levantamiento
26. Curva fría, sin levantamiento
27. Curva caliente, normal y fría
28. Curva de la catenaria del conductor
29. Pantalla de excel 1
30. Pantalla de excel 2
31. Pantalla de word 1
32. Pantalla de word 2
33. Pantalla de word 3
34. Pantalla de word 4
35. Pantalla de word 5
36. Pantalla de excel 3
37. Pantalla de excel 4
38. Pantalla de excel 5
39. Pantalla de autocad 1
40. Pantalla de autocad 2
41. Pantalla de autocad 3
42. Pantalla de autocad 4
43. Pantalla de autocad 5
44. Pantalla de autocad 6
45. Pantalla de autocad 7
46. Pantalla de autocad 8
47. Pantalla de autocad 9
48. Pantalla de autocad 10
49. Pantalla de autocad 11
50. Pantalla de autocad 12

51. Pantalla de autocad 13
52. Pantalla de autocad 14
53. Pantalla de autocad 15
54. Pantalla de autocad 16
55. Pantalla de autocad 17
56. Pantalla de autocad 18
57. Pantalla de autocad 19
58. Pantalla de autocad 20
59. Pantalla de autocad 21
60. Pantalla de autocad 22
61. Pantalla de autocad 23
62. Pantalla de autocad 24
63. Plantilla de curvas de localización 34.5 kV Pigeon
64. Pantalla de excel 6
65. Plantilla de curvas de localización 13.8 kV Partridge
66. Pantalla de excel 7
67. Plantilla de curvas de localización 69 kV Hawk

## **TABLAS**

- I. Conductores ACSR
- II. Cantidad de aisladores por cadena
- III. Clases para postes de madera
- IV. Clases para postes de concreto.
- V. Altura mínima de conductores sobre el piso 7.5 kV - 50 kV,CRNE.
- VI. Altura mínima de conductores sobre el piso 46 kV -230 kV, CRNE
- VII. Separación mínima entre conductores que se cruzan
- VIII. Libranzas mínimas al suelo desde 34.5 kV hasta 230 kV. REA
- IX. Tensión de diseño de los conductores, según REA
- X. Datos para curvas de localización





## **GLOSARIO**

<b>ACSR</b>	Aluminum Conductor Steel Reinforced.
<b>ASTM</b>	American Standard of Testing Materials.
<b>AWG</b>	American Wire Gauge.
<b>ACAR</b>	Aluminum Conductor Alloy Reinforced.
<b>AAAC</b>	All Aluminum Alloy Conductors.
<b>ANSI</b>	American Norms of Standard International.
<b>ACW</b>	American Creosote Works, Inc.
<b>AWPA</b>	American Wood Preserved Association.
<b>EBASCO</b>	Electrical Bond and Share Company.
<b>CFE</b>	Comisión Federal de Electricidad (México).
<b>CRNE</b>	Comité Regional de Normas Eléctricas.
<b>ICAITI</b>	Instituto Centro Americano de Investigación y Tecnología Industrial.
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronic Engineers.
<b>GIS</b>	Geographic Information Systems.
<b>GPS</b>	Global Position Systems.
<b>IGN</b>	Instituto Geográfico Nacional.
<b>INDE</b>	Instituto Nacional de Electrificación.
<b>NBS</b>	National Bureau of Standards.
<b>NESC</b>	Norms of Electrical Safety Code.
<b>NRECA</b>	National Rural Electric Cooperative Association.
<b>OHGW</b>	Over Head Ground Wire.
<b>PLS-CADD</b>	Power Line Systems – Computer Aided Design and Drafting.
<b>REA</b>	Rural Electrification Administration.
<b>ROW</b>	Right Of Way.

**SNI**

Sistema Nacional Interconectado.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de tesis describe los criterios a considerar para la elaboración de una plantilla de curvas de localización de estructuras para líneas eléctricas.

Estos criterios se tratan en una forma clara y directa de acuerdo al procedimiento en la elaboración de la plantilla de curvas de localización. De esta manera tenemos ubicación geográfica, ubicación dentro del SNI, los niveles isoceráunicos, las zonas de carga, zonas de temperatura, las libranzas, los porcentajes de la tensión de ruptura aplicables y los métodos para la elaboración de la plantilla.

Asimismo se hace una descripción completa de los pasos a seguir para elaborar la plantilla de curvas por medio de la computadora, razón del presente trabajo, utilizando los programas conocidos como Excel, Word y Autocad.



# OBJETIVOS

## **Generales**

Aplicar los conocimientos de la Ingeniería Eléctrica y Electrónica, así como la experiencia adquirida para proporcionar un documento que sirva de base a estudiantes, técnicos y profesionales que se dedican a la construcción de líneas eléctricas.

## **Específicos**

Definición de criterios para la localización de líneas eléctricas, de acuerdo a las necesidades y condiciones dadas en el país.

Conocer los tipos de conductores a utilizar en las líneas eléctricas para los diferentes voltajes.

Conocer los parámetros que deben ser supervisados en la construcción de líneas eléctricas.



# INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de tesis se desarrolla para que sirva como una guía técnica a profesionales de la ingeniería y personas relacionadas con el tema, presentando en forma clara y ordenada los conceptos y la información necesaria para poder elaborar una plantilla de localización, en base a los requerimientos y condiciones dadas en el país.

En todo diseño de una línea eléctrica, es de suma importancia que la localización de estructuras de la misma se haga con los criterios y condiciones adecuados para poder tener una mayor eficiencia y confiabilidad, provocando de esta manera una reducción en las pérdidas por transmisión y un diseño económico óptimo.

## **Alcance**

Actualmente no se cuenta con un documento que establezca criterios de acuerdo a las necesidades y condiciones dadas del país, para la localización de líneas de transmisión o sub-transmisión, en el que profesionales y personas relacionadas se basen.

El tratar de construir una línea eléctrica sin contar con los criterios establecidos en el diseño, pueden provocar diversos problemas, entre los cuales podemos mencionar:

- Uso de conductores inadecuados.
- No aplicar los criterios necesarios.
- Variar los costos que se tenían previstos para la ejecución del proyecto.
- Dejar líneas eléctricas deficientes y que en algún momento dado sean causa de pérdidas, etc.

Existen en el país varias empresas dedicadas a la construcción de líneas eléctricas en el interior de la república, las cuales no cuentan con los criterios definidos para la localización de las mismas. Por lo anterior, se hace necesario crear un documento que sea empleado para la elaboración de plantillas de localización de acuerdo a las necesidades y condiciones reales del país.

Además, este documento servirá también para que a la hora del tendido de las líneas eléctricas, se tomen en cuenta los criterios mecánicos y eléctricos involucrados en el diseño de la misma.

Actualmente, los profesionales encargados de la construcción de líneas eléctricas, desconocen, si no todos, algunos de los criterios técnicos establecidos en el diseño de las mismas; esto debido que hasta ahora no ha habido documento alguno en el cual se les explique el porqué de dichos criterios.



# 1. DEFINICIONES

En la elaboración de la plantilla de localización de estructuras en líneas eléctricas, intervienen varios conceptos de los cuales daremos una definición en los siguientes párrafos.

Cabe mencionar que estos son los que más se utilizarán a lo largo del contenido del presente documento.

## 1.1 Flecha

Es la distancia vertical medida entre el punto más bajo de la catenaria, hasta la cuerda subtendida entre los soportes del conductor.

## 1.2 Catenaria

Es la curva que forma el conductor suspendido de sus soportes.

## 1.3 Estructura

Son las diferentes clases de soportes para el tendido de líneas eléctricas, incluyendo todos los herrajes y accesorios necesarios; estas estructuras pueden ser de madera, de concreto o de metal.

## 1.4 Vano

Distancia horizontal medida entre dos estructuras de una línea de transmisión. Existen diferentes tipos de vanos según las normas, estos se denominan, vano dominante, vano vertical y vano horizontal.

#### 1.4.1. Vano dominante

Es un vano de diseño, calculado por fórmulas matemáticas, proporcionado por el fabricante a través del gráfico universal de flechas, como por ejemplo de ALCAN, para distintos calibres de conductores en líneas de distribución (13.8 kV y 34.5 kV), y para líneas de sub-transmisión (69 kV) y líneas de transmisión (230 kV) se utilizan las curvas ANACONDA, estas gráficas de flechas se pueden ver en las figuras 2 y 3. Este vano debe garantizar la mejor tensión a lo largo de una línea eléctrica. También se le denomina **vano regla**.

#### 1.4.2. Vano vertical

Es la distancia horizontal entre los puntos de máxima flecha de dos vanos adyacentes. También se le llama **vano peso**.

#### 1.4.3 Vano horizontal

Es la distancia horizontal entre los puntos medios de dos vanos adyacentes. Así, dos veces el vano horizontal es igual a la suma de los vanos adyacentes. También se le denomina **vano viento**.

**Figura 1**  
**Vanos horizontal y vertical**

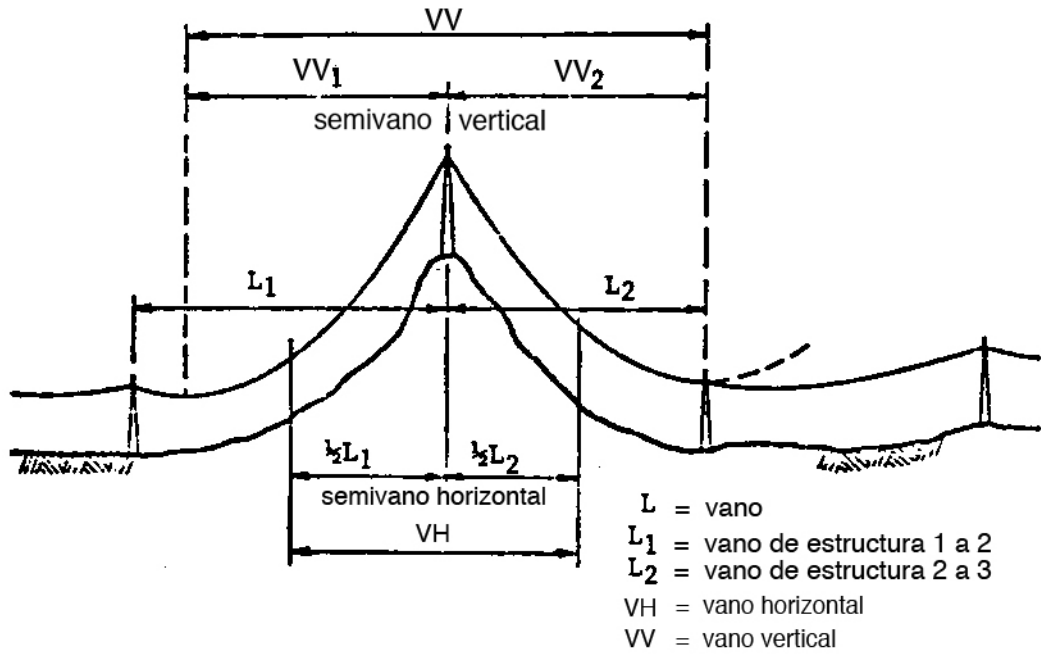
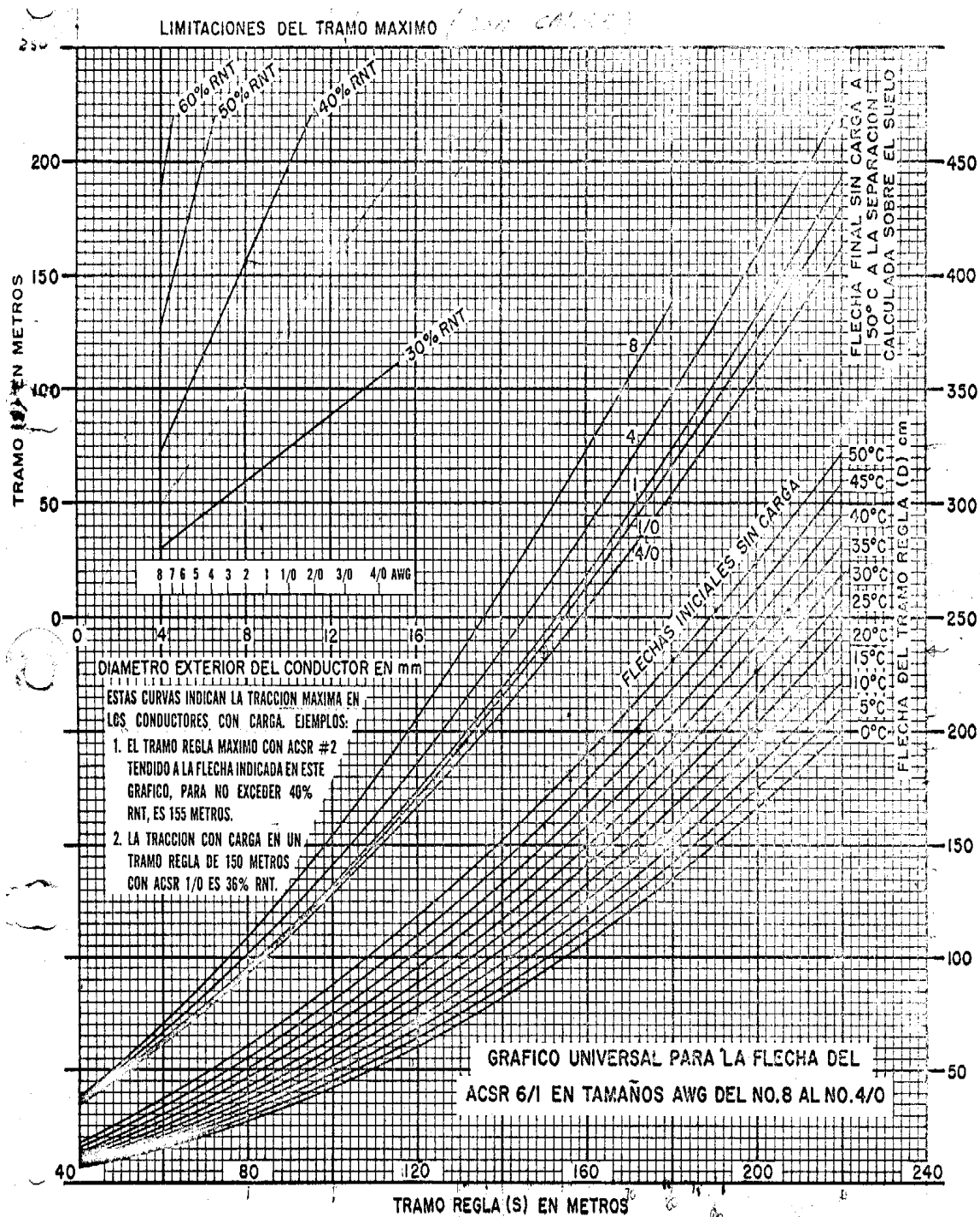
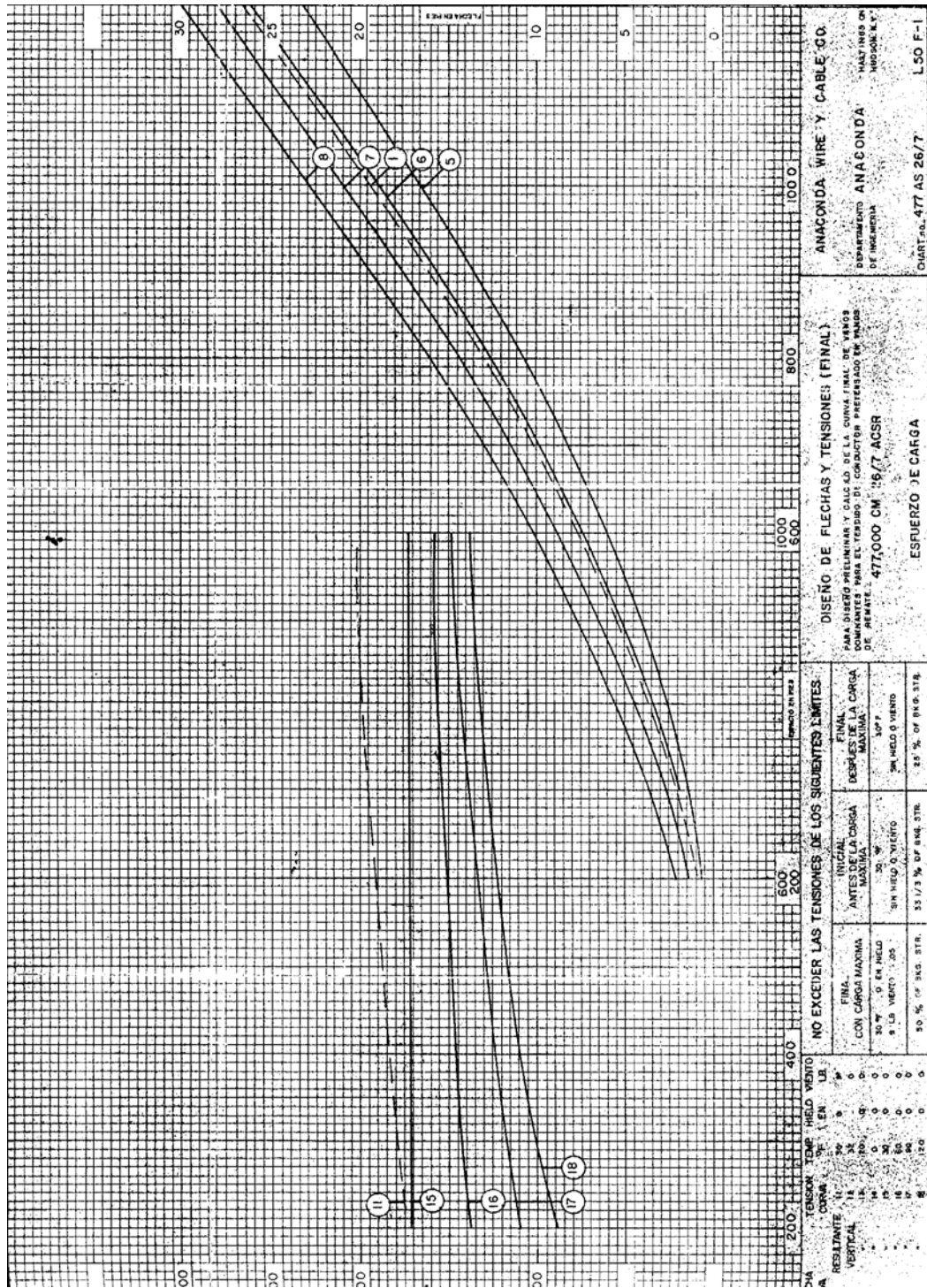


Figura 2

Gráfico universal de flechas Alcan



**Figura 3**  
**Gráfico universal de flechas Anaconda**



## 1.5 Libranza

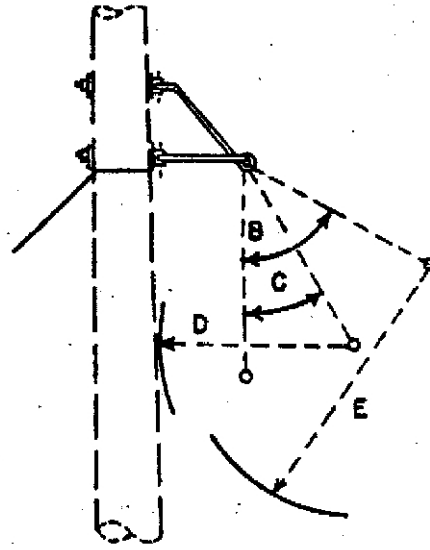
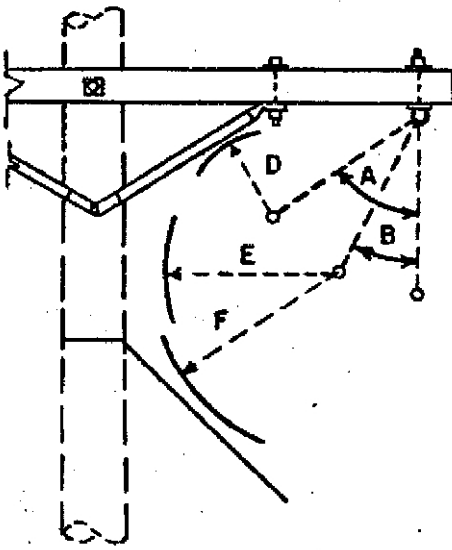
Es la separación mínima entre dos conductores, entre conductores y sus soportes u otros objetos, o entre conductores y tierra (ANSI/IEEE).

## 1.6 Ángulo de oscilación

Es el ángulo que forma la cadena de aisladores cuando oscila respecto a su punto de soporte, hasta cierto libramiento de acuerdo a una serie de factores como son: peso de la cadena, tensión del cable, ángulo de deflexión, temperatura, carga de viento, etc. según normas establecidas que dependen de cada voltaje. Éste es muy importante porque ayuda a determinar el derecho de paso de la línea.

Figura 4

### Ángulo de oscilación y libranzas



Estructura con crucero

Ángulos de oscilación

- A. Máximo
- B. Normal
- C. Mínimo

Estructura en ángulo

Libranzas

- D. Mínima
- E. Normal
- F. Al cable de retenida

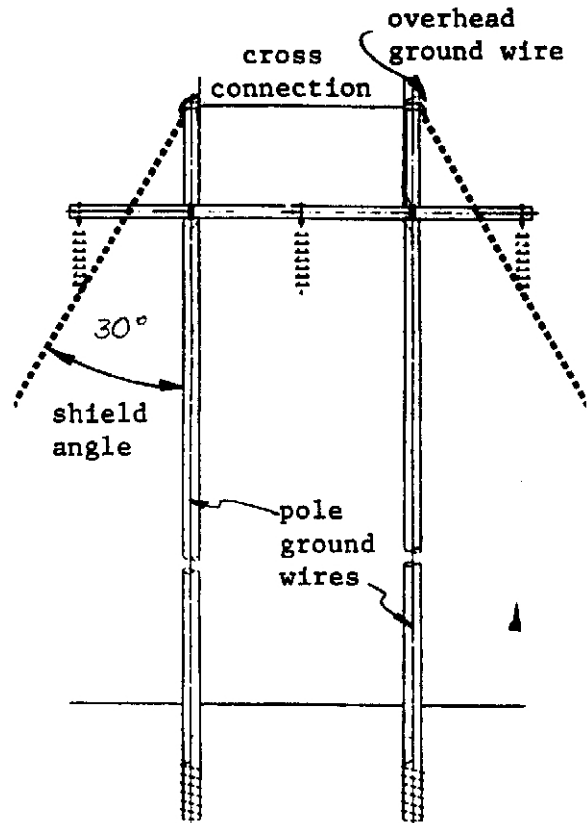
### **1.7 Ángulo de deflexión**

Es el ángulo que se forma cuando la línea eléctrica cambia de dirección en su trayectoria.

### **1.8 Ángulo de protección**

Es el ángulo que forma el hilo de guarda (OHGW Overhead Ground Wire, por sus siglas en inglés), en su soporte y a medio vano para librar la línea de descargas electo-atmosféricas. Es usual utilizar  $30^\circ$  con respecto a la vertical. También se le denomina Pantalla. (Ver figura 5).

**Figura 5**  
**Ángulo de protección**



### 1.9 Herrajes y accesorios

Son los distintos materiales que se instalan en las estructuras para soportar a los conductores y protegerlos contra daños, fatiga, etc. Podemos mencionar como ejemplo: cruceros, breizas, cadenas de aisladores, grapas de remate, grapas de suspensión, remates preformados, empalmes preformados, contrapesos, amortiguadores, pernos, tuercas, contratuercas, arandelas, etc.

### 1.10 Derecho de paso

Es la franja de terreno cuyo eje central corresponde al trazo de la línea, dentro del cual no debe existir ninguna construcción, por lo tanto,

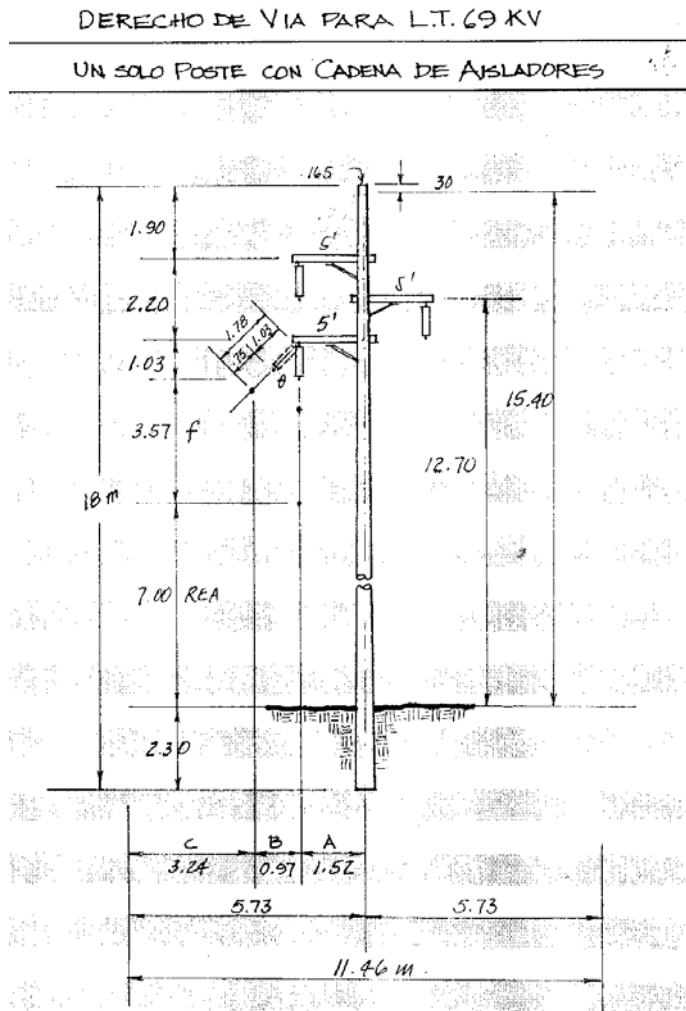


deberán observarse cuidadosamente todas las especificaciones, reglamentos y recomendaciones, tanto para la construcción como para el mantenimiento de líneas eléctricas.

Para un cálculo más refinado, el ancho final del derecho de paso debe ser estimado, vano por vano entre las estructuras de soporte. Sin embargo, para los efectos prácticos, se deberá considerar el procedimiento de escoger una serie de vanos críticos, según condiciones topográficas y ambientales.

El ancho de dicha franja de terreno depende de la altura de las estructuras y del voltaje de la línea. En la figura 6 se puede ver un ejemplo para un derecho de paso de una línea de 69 kV montada en postes de concreto de 18 metros.

**Figura 6**  
**Derecho de paso**



En donde:

- A. Separación del soporte del conductor al poste.
- B. Distancia de desvío del conductor por acción del viento, dada por la oscilación de la cadena de aisladores, mas la flecha del conductor en condición crítica.
- C. Acercamiento permisible dado por National Bureau of Standards (**NBS**):  $10' + 0.4''$  por cada kV arriba de 50kV.

### 1.11 Levantamiento topográfico

Es una recopilación de la información del perfil de cualquier tipo de terreno, por donde pasará la línea eléctrica, ya sea éste plano, ondulado o escabroso. Este levantamiento debe contar con la información mas completa acerca del origen de la línea, puntos obligados de ubicación de estructura (en los puntos mas altos del terreno), puntos de ángulo de deflexión, etc., etc.

### 1.12 Plantilla de flechas

Es un instrumento formado por una serie de curvas que nos sirve para la localización de las estructuras en el diseño de líneas eléctricas.

A esta plantilla es a lo que nosotros llamamos **plantilla de curvas de localización de estructuras**, cuya elaboración es objeto del presente trabajo.



## 2. CONDUCTORES Y AISLADORES

### 2.1 Conductores

#### 2.1.1 Tipos y calibres de conductores utilizados en las líneas eléctricas

Los tipos y calibres de conductores de corriente alterna se utilizan en líneas eléctricas.

Las líneas eléctricas transportan grandes cantidades de potencia a los centros de distribución de carga o subestaciones (S/E), desde donde son distribuidas en pequeñas cantidades de potencia, hasta los consumidores. Es necesario mencionar también que existen conductores **desnudos** y **forrados**. En las líneas eléctricas nos ocuparemos solamente de los primeros

Uno de los conductores mas utilizados en nuestro medio es el cable de aluminio reforzado con acero **ACSR**. Estos conductores están contruidos con hilos de aluminio cableados en forma concéntrica alrededor de un alma de acero galvanizado.

Debido a las diferentes combinaciones de su alma de acero, permiten el esfuerzo mecánico óptimo deseado, sin sacrificar sus propiedades eléctricas, como su capacidad de conducción (61% según ALCAN), para cumplir con las especificaciones ASTM. El 86% de la sección del conductor es aluminio y el resto acero (aproximadamente).

Para seleccionar el conductor más económico en cada línea, se puede variar este porcentaje y escoger entre los diferentes listados suministrados por la American Wire Gauge AWG, quien es la entidad internacional que norma los calibres y sus capacidades de transporte. (Ver Tabla 1).

El aumento en la relación entre la resistencia mecánica y el peso permite construir líneas con vanos más largos.

El núcleo de acero reduce la resistencia a la corrosión del conductor, lo cual no presenta problemas en atmósferas secas y no contaminadas, ni en atmósferas contaminadas donde la lluvia es frecuente y bien distribuida. Para las atmósferas que pueden producir corrosión, se suministra el conductor con tratamiento especial de grasa, que evita la entrada del contaminante al núcleo. Este tipo de conductor ACSR generalmente es la solución más económica al diseñar líneas en ambientes corrosivos.

Para líneas de transmisión con tramos largos y conductores de considerable tamaño, existe otra alternativa: Conductores de aleación de aluminio reforzado ACAR (Aluminum Conductor Alloy Reinforced) y AAAC (All Aluminum Alloy Conductors) por sus siglas en inglés.

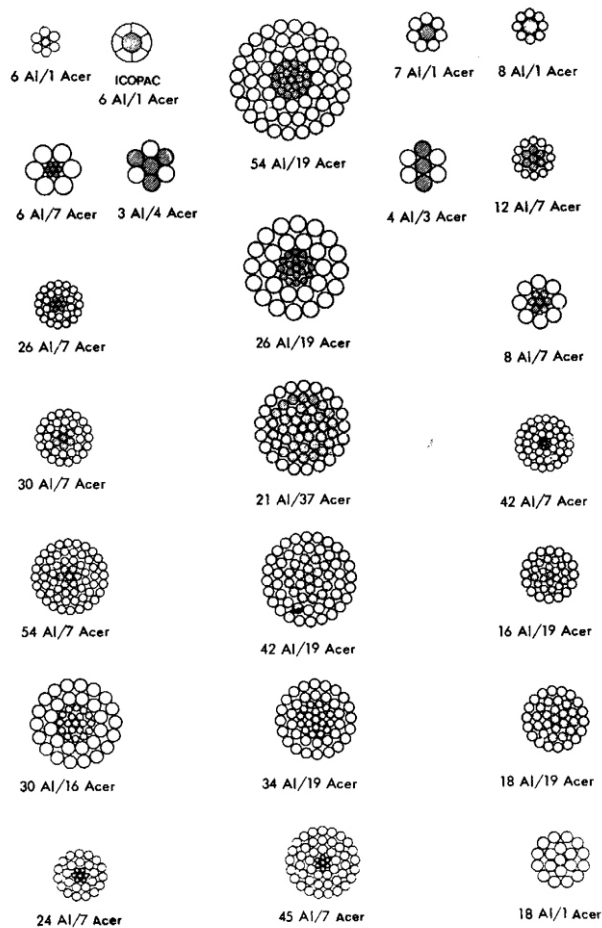
**Tabla I**  
**Especificaciones conductores ACSR**

Palabra Clave	Sección de Aluminio		Area del Conductor Completo mm <sup>2</sup>	Equivalente en Cobre mm <sup>2</sup>	Cableado Número y Diámetro de alambres mm				Diámetro, mm		Resistencia a la Rotura Kgs.	Resistencia CC a 20°C Ohmios por Km.
	AWG o Mils Circul	mm <sup>2</sup>			Aluminio		Acero		Conductor Completo	Núcleo Acero		
					No.	Diam	No.	Diam				
Turkey	6	13.30	15.46	8.37	6	1.68	1	1.68	5.04	1.68	530	2.154
Swan	4	21.15	24.71	13.30	6	2.12	1	2.12	6.36	2.12	830	1.354
Swallow	3	26.67	31.10	16.77	6	2.38	1	2.38	7.14	2.38	1.025	1.074
Sparrow	2	33.62	39.22	21.15	6	2.67	1	2.67	8.01	2.67	1.265	0.8507
Raven	1/0	53.49	62.38	33.62	6	3.37	1	3.37	10.11	3.37	1.940	0.5351
Quail	2/0	67.43	78.64	42.41	6	3.78	1	3.78	11.34	3.78	2.425	0.4245
Pigeon	3/0	85.01	99.23	53.49	6	4.25	1	4.25	12.75	4.25	3.030	0.3367
Penguin	4/0	107.2	125.1	67.43	6	4.77	1	4.77	14.31	4.77	3.820	0.2671
Partridge	266.800	135.2	157.2	85.01	26	2.57	7	2.00	16.28	6.00	5.100	0.2137
Oriole	336.400	170.5	210.3	107.2	30	2.69	7	2.69	18.83	8.07	7.735	0.1696
Linnet	336.400	170.5	198.3	107.2	26	2.89	7	2.25	18.31	6.75	6.375	0.1694
Flicker	477.000	241.7	273.0	152.0	24	3.58	7	2.39	21.49	7.17	7.802	0.1195
Hawk	477.000	241.7	281.1	152.0	26	3.44	7	2.68	21.80	8.04	8.820	0.1195
Grosbeak	636.000	322.3	374.7	202.7	26	3.97	7	3.09	25.15	9.27	11.340	0.08966

Palabra Clave	AWG o Mils Circul	Peso Kgs por Km.			Porcentaje del Peso Total		Fraccionamiento* Longitud Normal		Dimensiones de Carretes mm		
		Total	Aluminio	Acero	Aluminio	Acero	Metros	Peso Kgs.	Δ H	T	A
Turkey	6	53.61	36.39	17.22	67.9	32.1	6.900	370	1016	508	457
Swan	4	85.31	57.89	27.42	67.9	32.1	6.600	560	1016	508	457
Swallow	3	107.6	72.97	34.61	67.9	32.1	5.200	560	1016	508	457
Sparrow	2	135.6	92.02	43.63	67.9	32.1	4.125	560	1016	508	457
Raven	1/0	215.9	146.5	69.4	67.9	32.1	2.600	560	1016	508	457
Quail	2/0	272.1	184.6	87.5	67.9	32.1	2.060	560	1016	508	457
Pigeon	3/0	342.9	232.7	110.2	67.9	32.1	1.630	560	1016	508	457
Penguin	4/0	432.5	293.5	139.0	67.9	32.1	1.300	560	1016	508	457
Partridge	266.800	545.4	373.5	171.9	68.5	31.5	2.450	1.340	1270	584	813
Oriole	336.400	781.6	471.3	310.3	60.3	39.7	2.040	1.590	1270	584	813
Linnet	336.400	687.4	470.7	216.7	68.5	31.5	1.940	1.340	1270	584	813
Flicker	477.000	914.1	669.7	244.4	73.2	26.8	2.600	2.373	1727	711	660
Hawk	477.000	974.9	667.4	307.5	68.5	31.5	2.000	1.950	1727	711	660
Grosbeak	636.000	1.299	890	409	68.5	31.5	1.860	2.415	1727	711	660

En la siguiente figura se muestran gráficamente los diferentes tipos de conductores ACSR según su configuración.

**Figura 7**  
**Configuración conductores ACSR**



## 2.2 Aisladores

Toda línea eléctrica necesita estar aislada en sus estructuras de soporte. Existen diferentes clases de aisladores, pero los más utilizados son:

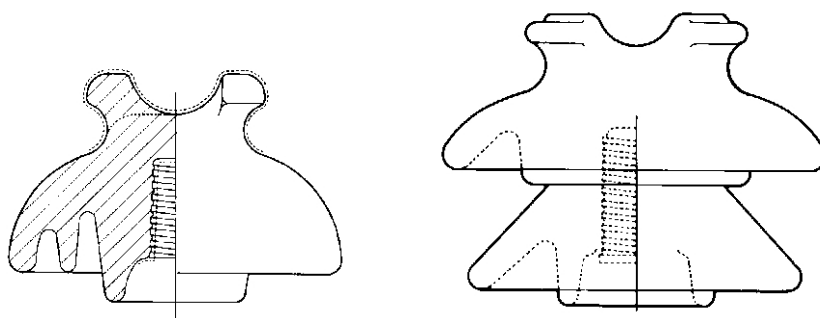


Aisladores de espiga, de suspensión, tipo horizontal, y Aisladores en “V”

### 2.2.1 Aisladores de espiga

Estos aisladores se utilizan en líneas de eléctricas desde 13.8 kV, 34.5 kV hasta 69 kV, siendo de diferentes dimensiones según su voltaje. Son fabricados de diversos materiales, en nuestro medio los más utilizados son los de porcelana o vidrio. Van montados sobre cruceros, cuando es una línea de dos fases (bifásica) o de tres fases (trifásica). Cuando se trata de una línea monofásica van montados sobre un pin o espiga en la punta del poste.

**Figura 8**  
**Aisladores de espiga de 13.8 y 34.5 kV**

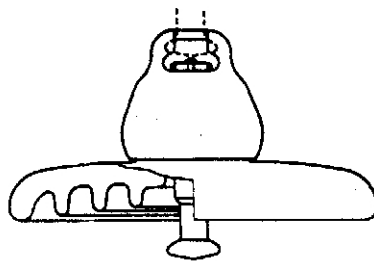


### 2.2.2 Aisladores de suspensión

Al igual que los aisladores de espiga, estos aisladores son fabricados con diversos materiales, como la porcelana, el vidrio y algunos de polímeros. En nuestro medio los más utilizados son los de vidrio o porcelana. Son discos de 10” de diámetro por 5 3/4”. Se denominan aisladores de suspensión porque van colocados en cadenas de suspensión. Se utilizan en líneas

eléctricas para diferentes voltajes. El número de aisladores por cada cadena puede variar dependiendo de su voltaje y su función, pues así como hay cadenas de suspensión, también hay cadenas para ángulo y cadenas para remate. (Ver tabla 2). También existen dobles cadenas de aisladores en suspensión, en ángulo y en remate, sujetas en sus soportes a torres de acero para muy altos voltajes.

**Figura 9**  
**Aislador típico de suspensión**



El diseño del aislamiento de una línea eléctrica depende del nivel de voltaje a que se transmite, de esta cuenta es que utilizando cadenas de aisladores de suspensión se tiene la siguiente tabla para determinar el número de unidades por cadena.

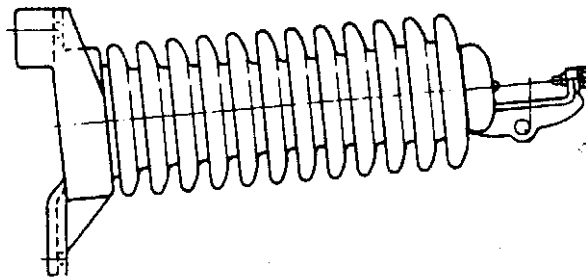
**Tabla II**  
**Cantidad de aisladores por cadena**

Voltaje nominal (kV)	Cantidad de aisladores por cadena y relación entre voltajes de arqueo en húmedo y de fase a neutro					
	Suspensión		Angulos		Remates	
	Número de aisladores	Relación	Número de aisladores	Relación	Número de aisladores	Relación
46	4	6.4	4	6.4	4	6.4
69	5	5.4	6	6.4	6	6.4
115	8	5.0	9	5.6	10	6.2
138	9	4.7	10	5.2	11	5.7
230	15	4.5	17	5.0	18	5.3

### 2.2.3 Aisladores tipo horizontal

Se utilizan en líneas eléctricas desde 13.8 kV hasta 230 kV y son muy funcionales porque ocupan muy poco espacio en la estructura, por lo que su derecho de vía (Right Of Way -ROW-) es mas reducido, abaratándose sustancialmente el costo de la línea. También se le denomina **Aislador Tipo Poste**.

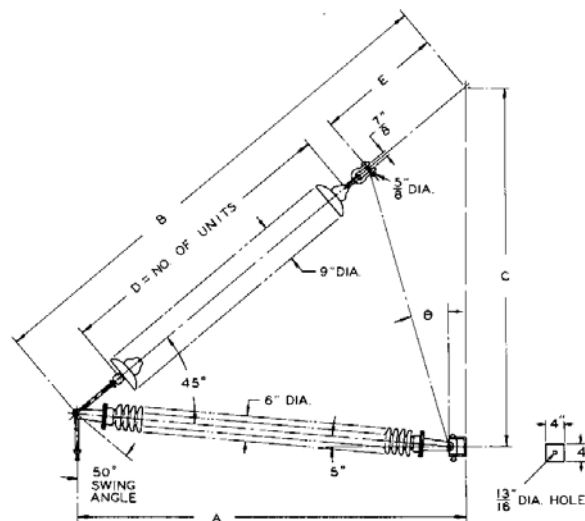
**Figura 10**  
**Aislador tipo horizontal**



## 2.2.4 Aisladores en “v”

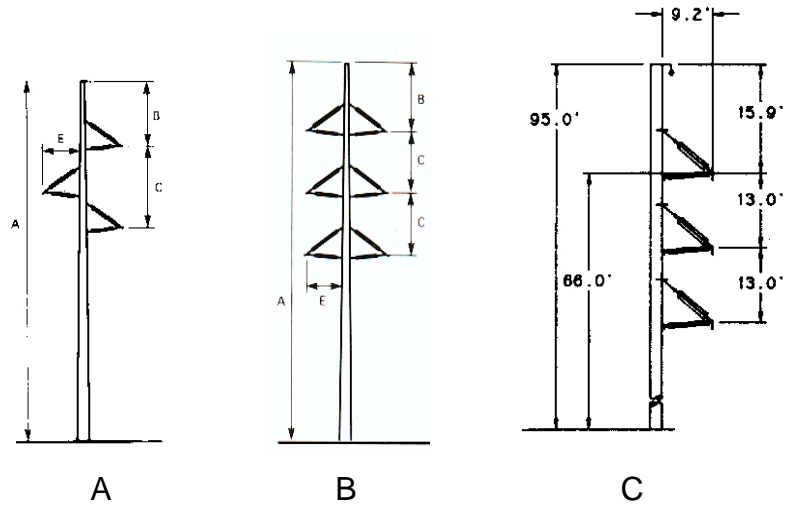
Estos aisladores son formados con una parte fija similar al aislador horizontal de polímero y otra formada por una cadena de aisladores. Como su nombre lo indica van formando una V a un ángulo de 45 grados. Son utilizados en líneas de muy alto voltaje, desde 115 kV en adelante.

**Figura 11**  
**Aislador en v**



A continuación se pueden apreciar estructuras con aisladores de este tipo

**Figura 12**  
**Estructuras con aisladores en v**



- A. De un solo circuito tangente.
- B. De doble circuito tangente.
- C. De un solo circuito en ángulo



### **3. TIPOS DE ESTRUCTURAS UTILIZADAS EN LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN Y SUBTRANSMISIÓN**

Las estructuras mas utilizadas en líneas eléctricas son los postes. Estos han sido muy populares, y lo siguen siendo aún mas, desde que entró en vigencia el avanzado concepto de Compactación de Líneas, el cual es la llave de la economía, tanto en el diseño como en la construcción y supervisión de las mismas.

Construir líneas eléctricas en un solo poste es clave para abaratar considerablemente los costos. En primer lugar, porque se economiza mucho en adquirir los derechos de paso (R.O.W.) los cuales son más angostos. En segundo lugar, el ahorro sustancial de materiales y de trabajo horas/hombre, especialmente en líneas eléctricas de 69 kV y mayores voltajes. No hubo necesidad de actualizar este concepto en líneas de menor voltaje, 13.8 kV y 34.5 kV, porque éstas siempre han sido en un solo poste.

Las estructuras se clasifican según su función en diferentes tipos:

#### **3.1 Tangentes**

Son las que van ubicadas en los tramos rectos en el trazo de la línea.

#### **3.2 De ángulo**

Son las que van ubicadas en los puntos en donde existe un ángulo de deflexión. Éstas absorben las tracciones transmitidas por los conductores de los vanos adyacentes.

### **3.3 De anclaje**

Estas van ubicadas cada 2 o 3 kilómetros a lo largo de la línea. Sirven para crear puntos fijos que absorben los esfuerzos no equilibrados que se originan al producirse una rotura en la línea.

### **3.4 De remate**

Se encuentran situadas al final de la línea, y absorben las tracciones no equilibradas, transmitidas por los conductores de los vanos que le anteceden.

### **3.5 De derivación**

Sirven para bifurcaciones o derivaciones de la línea en otra dirección y deben quedar perfectamente ancladas en forma opuesta a la dirección derivada.

Las estructuras pueden estar fabricadas en diferentes materiales, de esta cuenta las tenemos:

1. De Madera
2. De Concreto
3. De Metal

### **3.6 Estructuras de madera**

Estas estructuras, son básicamente los postes de madera tratada. Tienen diferentes especificaciones según ASTM, los hay desde 20 pies hasta 125 pies de largo, variando sus diámetros en la punta y en la base de acuerdo a normas establecidas. Los mas utilizados son los de 35', 40', 50' y 60'.



Existen diferentes tipos de postes de madera, los cuales se diferencian entre sí únicamente por el tipo de tratamiento a que son sometidos, de esta cuenta podemos mencionar algunos como el Western Red Cedar, Alaska Yellow Cedar, Red Pine, Redwood, Southern Pine Poles, etc. Se pueden apreciar con todas sus características y dimensiones específicas, incluso empotramiento, en el manual de productos tratados American Creosote Works Inc. Cabe mencionar que estas son normas norteamericanas.

En nuestro país se fabrican postes de pino tratado con CCA-C,K-33 (cromo, cobre y arsénico). Una de las empresas que se encarga de la fabricación y suministro de postes de madera tratada es LIGNUM, S.A, que impregna sus postes al vacío y a presión.

Los postes de madera también se diferencian en CLASES según la AWPA (American Wood Preserved Association), de acuerdo a su resistencia mecánica, esta clasificación la podemos ver en la tabla 3.

**Tabla III**  
**Clases para postes de madera**

<i>Class</i>	<i>Horizontal Load (Pounds)</i>
H6	11 400
H5	10 000
H4	8 700
H3	7 500
H2	6 400
H1	5 400
1	4 500
2	3 700
3	3 000
4	2 400
5	1 900
6	1 500
7	1 200
9	740
10	370

El poste queda sometido así a estas cargas horizontales en tal forma, que en Ingeniería se asume como simple “Cantilever” (viga en voladizo) y dependiendo de la necesidad se aplicará un factor de seguridad de 2 a 1, ó de 3 a 1, según CRNE

### **3.7 Estructuras de concreto**

Los postes de concreto son fabricados: pretensados, centrifugados y post-tensados, se utilizan en todo tipo de líneas eléctricas.

Al igual que los postes de madera, éstos tienen una clasificación según su resistencia mecánica y según su aplicación los tenemos desde 6.5 metros hasta 30 metros, siendo los mas utilizados los de 12, 18, y 27 metros.

Las características y dimensiones, como diámetros y empotramientos, de estos postes los podemos observar en la tabla 4.

**Tabla IV**  
**Clases para postes de concreto**

<b>MEDIDAS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS</b>					
<b>LONGITUD</b>	<b>DIAMETRO EXTERIOR CENTIMETROS</b>		<b>PESO</b>	<b>EMPOTRAMIENTO</b>	<b>RESISTENCIA DE DISEÑO</b>
<b>METROS</b>	<b>PUNTA</b>	<b>BASE</b>	<b>LIBRAS</b>	<b>METROS</b>	<b>FACTOR SEGURIDAD 2σ1</b>
<b>POSTES DE DISTRIBUCION Y TELEFONIA</b>					
6.50	12.0	21.5	525	1.2	200 LBS.
6.50	12.0	21.5	600	1.2	300 LBS.
8.00	12.0	24.0	750	1.2	265 LBS.
8.00	16.5	28.5	1100	1.2	265 LBS.
8.00	16.5	28.5	1,200	1.3	500 LBS.
9.00	16.5	30.0	1,300	1.4	500 LBS.
9.14	16.5	30.2	1,400	1.4	500 LBS.
10.60	16.5	32.5	1,900	1.6	500 LBS.
10.60	21.0	36.9	2,950	1.6	2,000 LBS.
12.00	16.5	34.5	2,200	1.7	750 LBS.
12.00	21.0	39	3,800	1.7	2,000 LBS.
12.19	16.5	34.8	2,300	1.7	750 LBS.
<b>POSTES DE TRANSMISION</b>					
15.00	16.5	39.0	3,200	2.0	1,000 LBS.
15.00	16.5	39.0	3,200	2.0	1,500 LBS.
16.00	16.5	40.5	4,500	2.1	1,000 LBS.
16.76	16.5	41.6	4,750	2.2	1,500 LBS.
18.00	16.5	43.5	5,500	2.3	1,000 LBS.
18.00	16.5	43.5	7,000	2.3	1,500 LBS.
18.00	21.0	48.0	7,200	2.3	2,000 LBS.
18.00	25.5	52.5	9,750	2.3	2,750 LBS.
18.00	25.5	52.5	10,500	2.3	3,250 LBS.
<b>POSTES SECCIONADOS DE TRANSMISION</b>					
21.00	25.5	57.0	11,900	2.6	2,000 LBS.
21.00	25.5	57.0	12,900	2.6	2,500 LBS.
21.00	25.5	57.0	13,600	2.6	3,000 LBS.
21.00	25.5	57.0	14,300	2.6	3,500 LBS.
24.00	25.5	61.5	15,200	2.9	2,000 LBS.
24.00	25.5	61.5	16,300	2.9	2,500 LBS.
24.00	25.5	61.5	17,400	2.9	3,000 LBS.
24.00	25.5	61.5	18,200	2.9	3,500 LBS.
27.00	25.5	66.0	19,100	3.2	2,000 LBS.
27.00	25.5	66.0	21,100	3.2	2,500 LBS.
27.00	25.5	66.0	21,900	3.2	3,000 LBS.
27.00	25.5	66.0	23,000	3.2	3,500 LBS.

Como podemos ver en la tabla anterior, a partir de 21 metros estos postes son seccionados para facilitar no solo su almacenamiento sino también su transporte y montaje. Son autosoportantes (sin anclaje).

### **3.8 Estructuras de metal**

Estos son los postes de metal en chapa plegada, con sección octogonal regular (ocho caras) y presentan un diagrama de igual resistencia en todas sus caras.

Se facilita mucho su transporte, almacenamiento, manipulación e instalación, porque son secciones ligeras y de poco volumen (150 kg. por columna de 10 metros cada una). Se instalan en forma telescópica según las secciones requeridas en cada caso.

Según estándares estrictos relativos a seguridad, deben cumplir con las normas ASTM en lo referente a las características del material, dimensiones y galvanización.

Estos postes se utilizan para líneas de transmisión de 230 kV en uno o en doble circuito. Por ser postes de acero, son muy resistentes a la deformación, y también son auto-soportantes, pues no necesitan retenidas, particularmente los de ángulo. Pueden sustituir torres de transmisión a menor costo (estos postes no se han utilizado aún en nuestro medio).

### **3.9 Estructuras típicas utilizadas en líneas eléctricas**

A continuación se presentan las estructuras típicas para líneas eléctricas en circuito monofásico y trifásico, haciendo la observación que aparecen únicamente las de tipo tangente, pues son las que nos sirven para determinar los datos necesarios para la elaboración de la plantilla de curvas de localización.

Figura 13

Estructura típica para línea de distribución de 13.8 kV monofásica

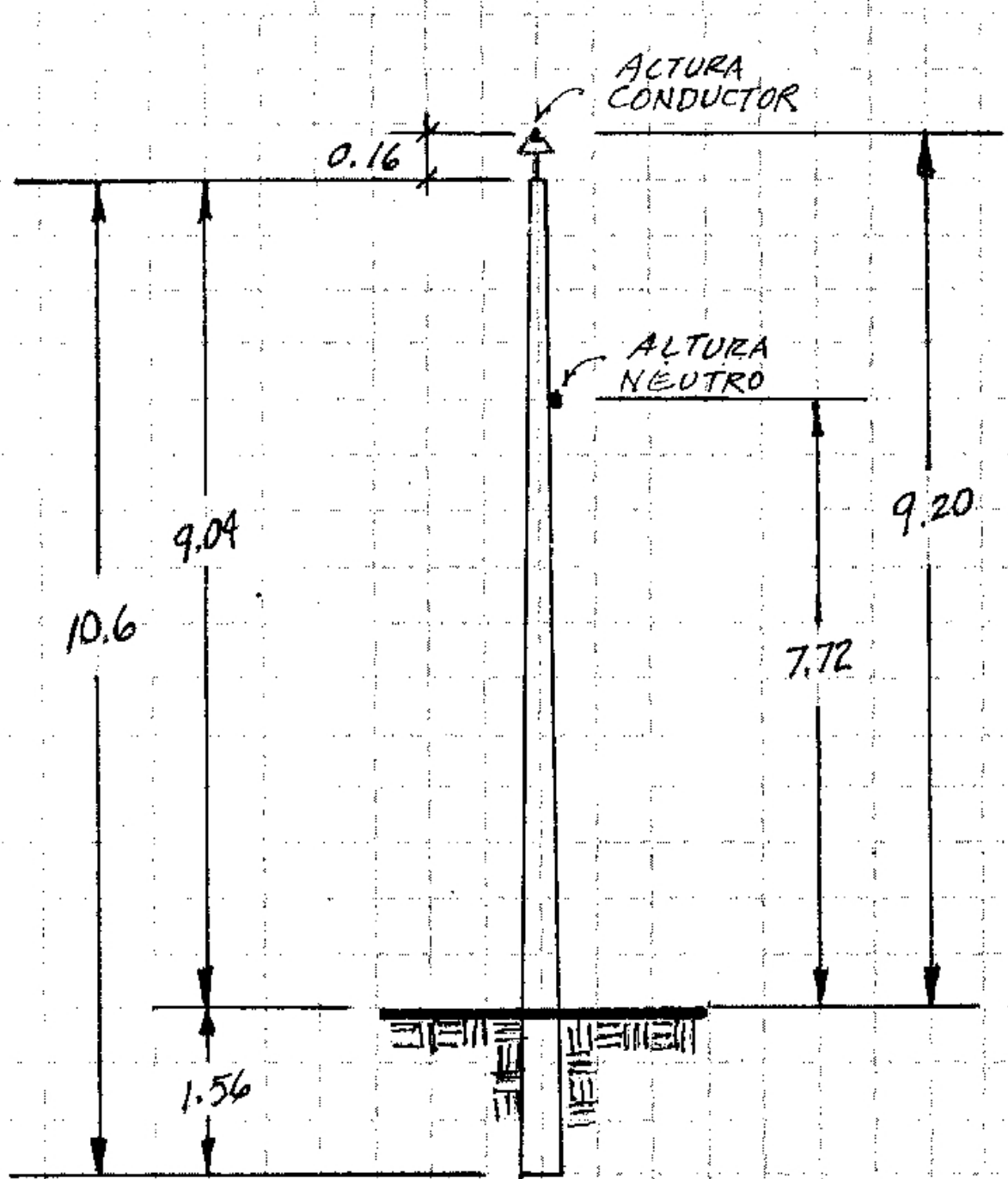


Figura 14

Estructura típica para línea de distribución de 13.8 kV trifásica

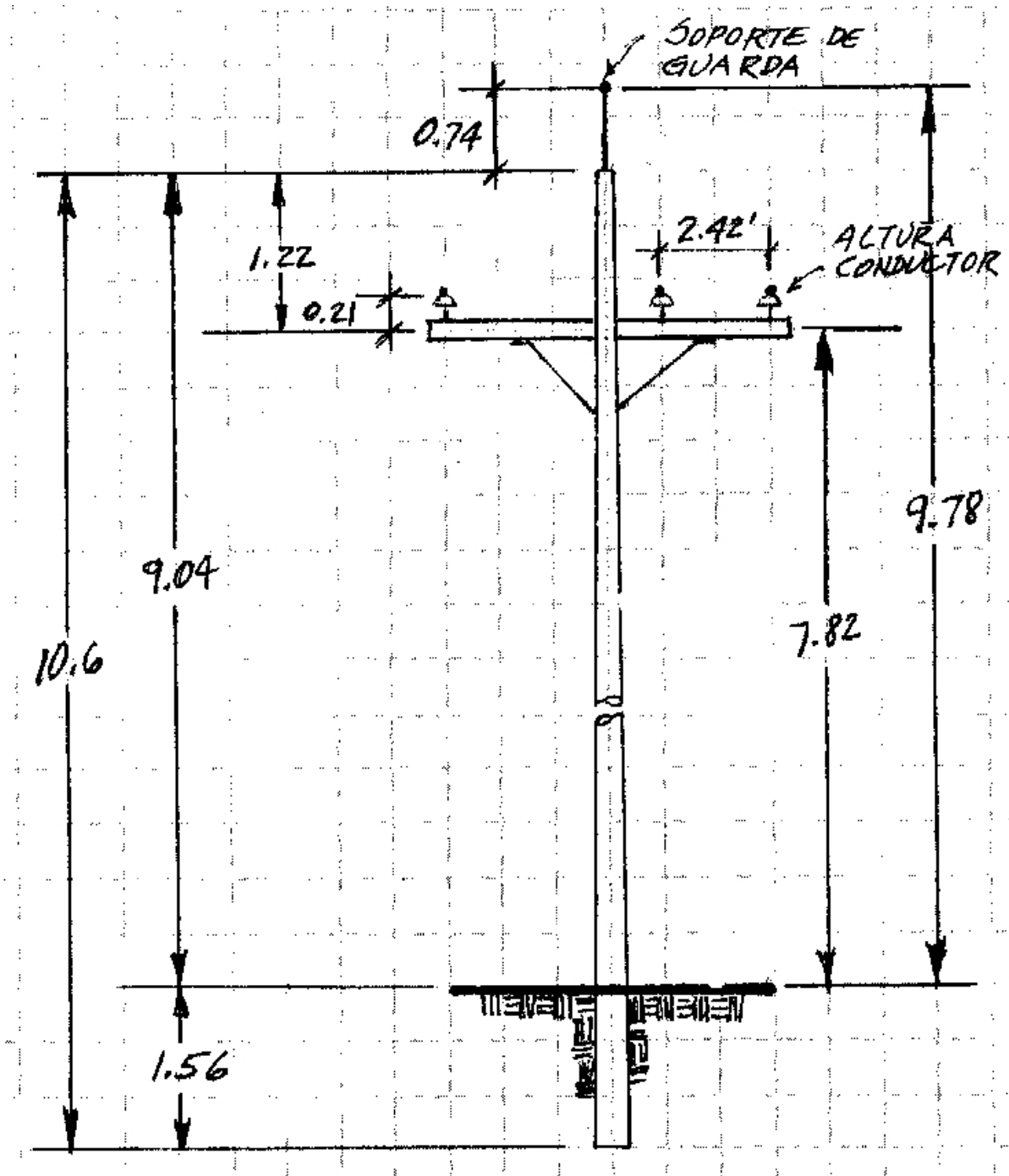


Figura 15

Estructura típica para línea de distribución de 34.5 kV monofásica

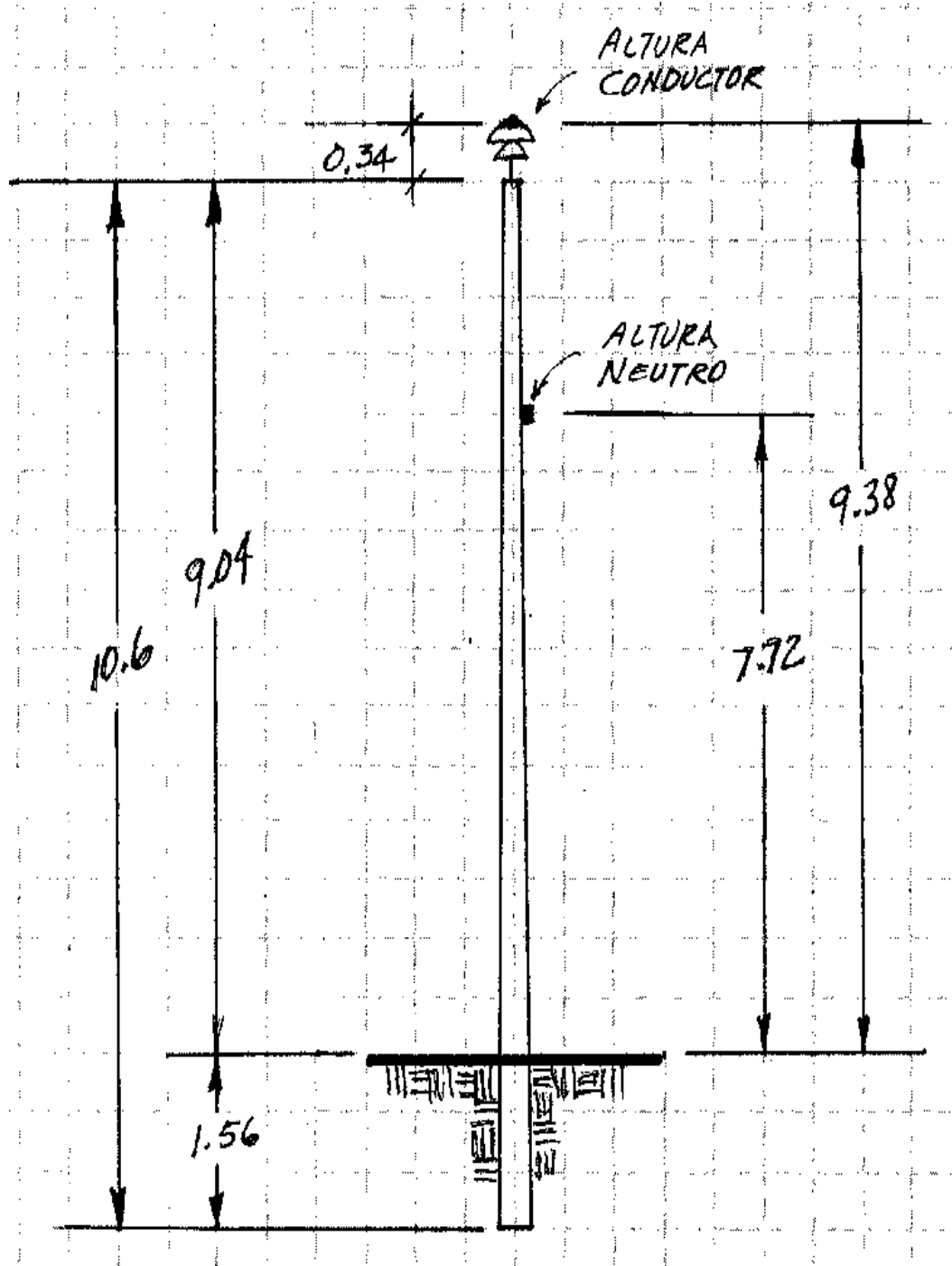


Figura 16

Estructura típica para línea de distribución de 34.5 kV trifásica

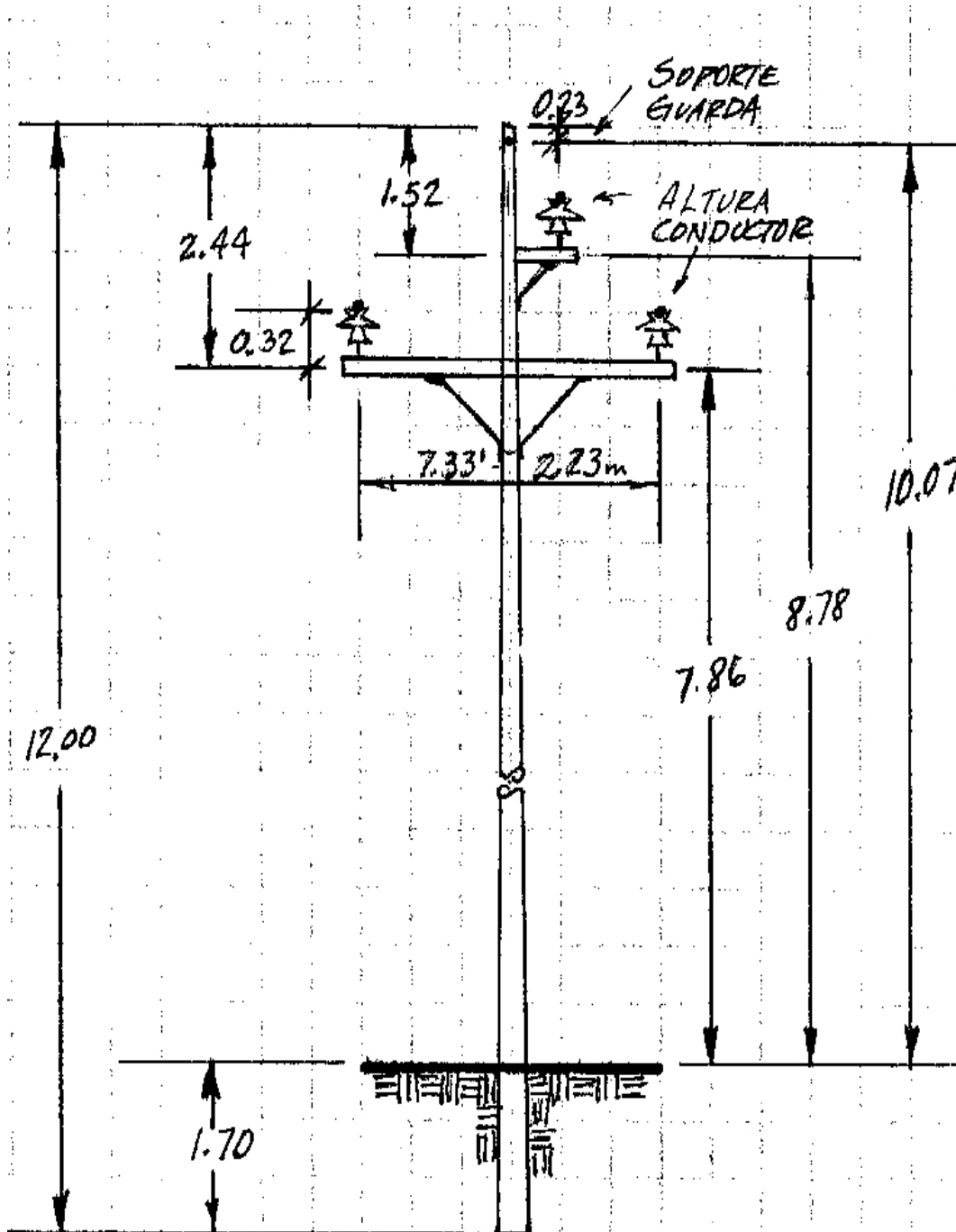




Figura 17

Estructura típica en "H" para línea de sub-transmisión de 69 kV trifásica con aislador de suspensión

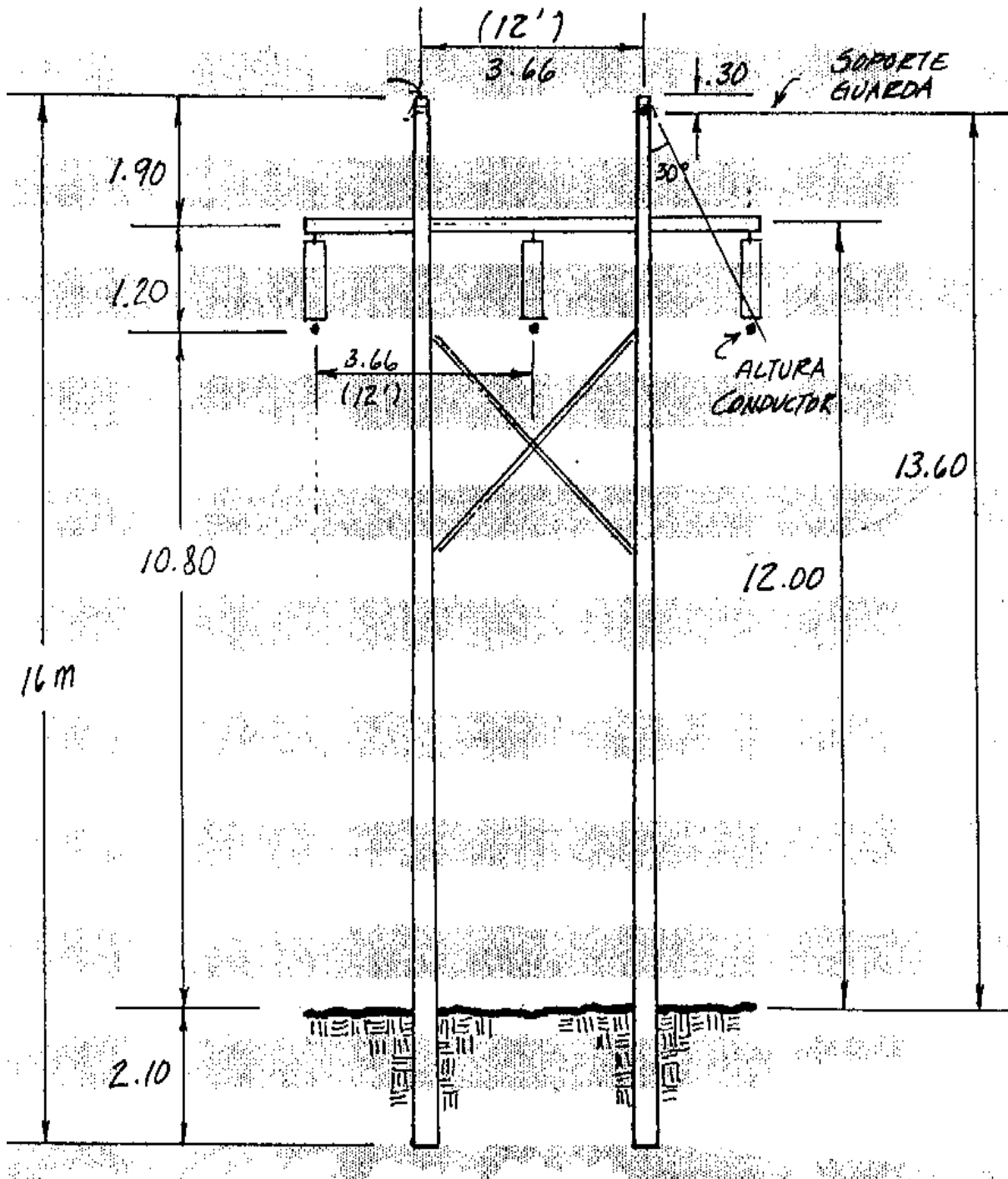


Figura 18

Estructura típica en un poste para línea de sub-transmisión de 69 kV trifásica con aislador tipo horizontal

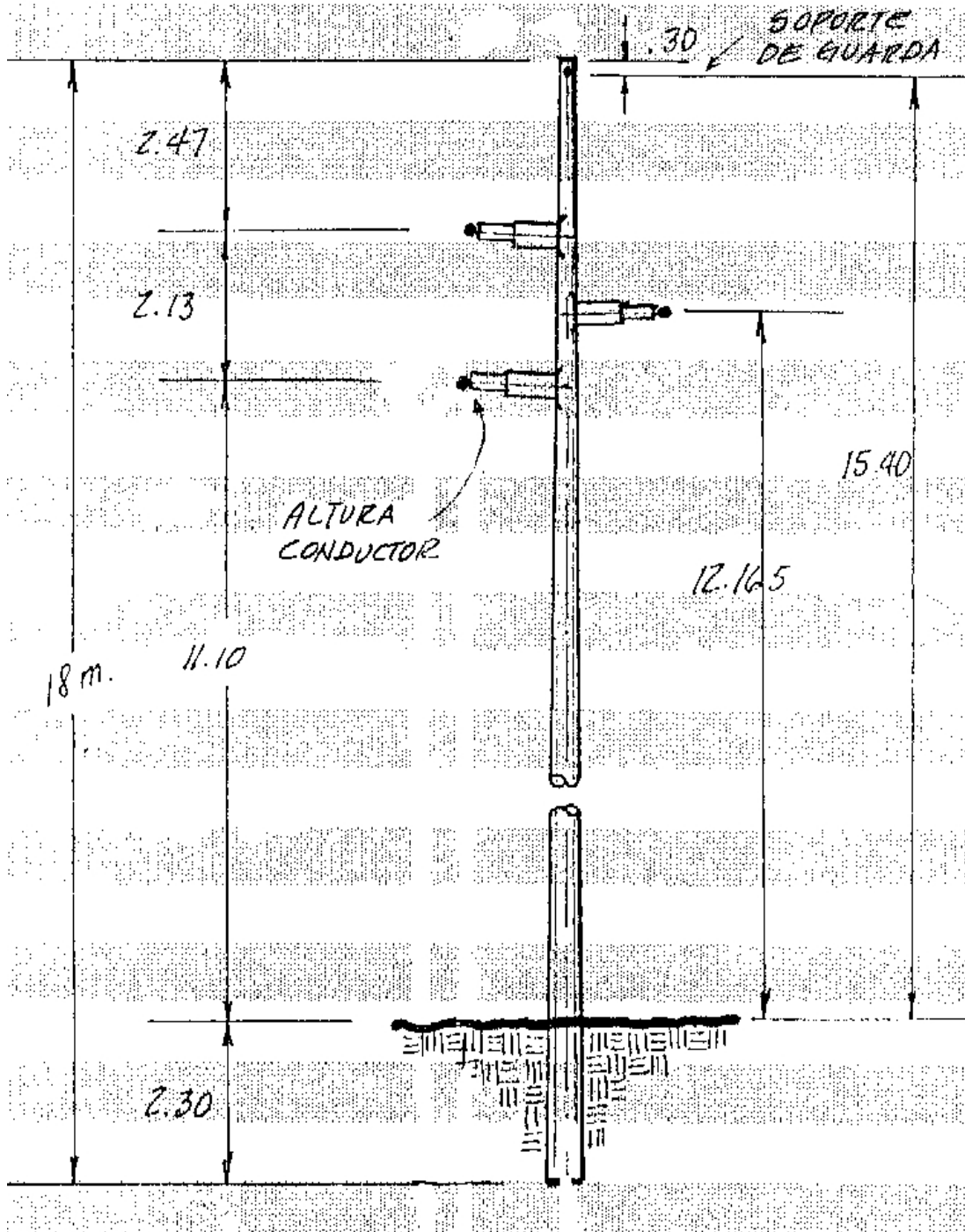


Figura 19

Estructura típica en un poste para línea de sub-transmisión de 69 kV trifásica con aislador de suspensión

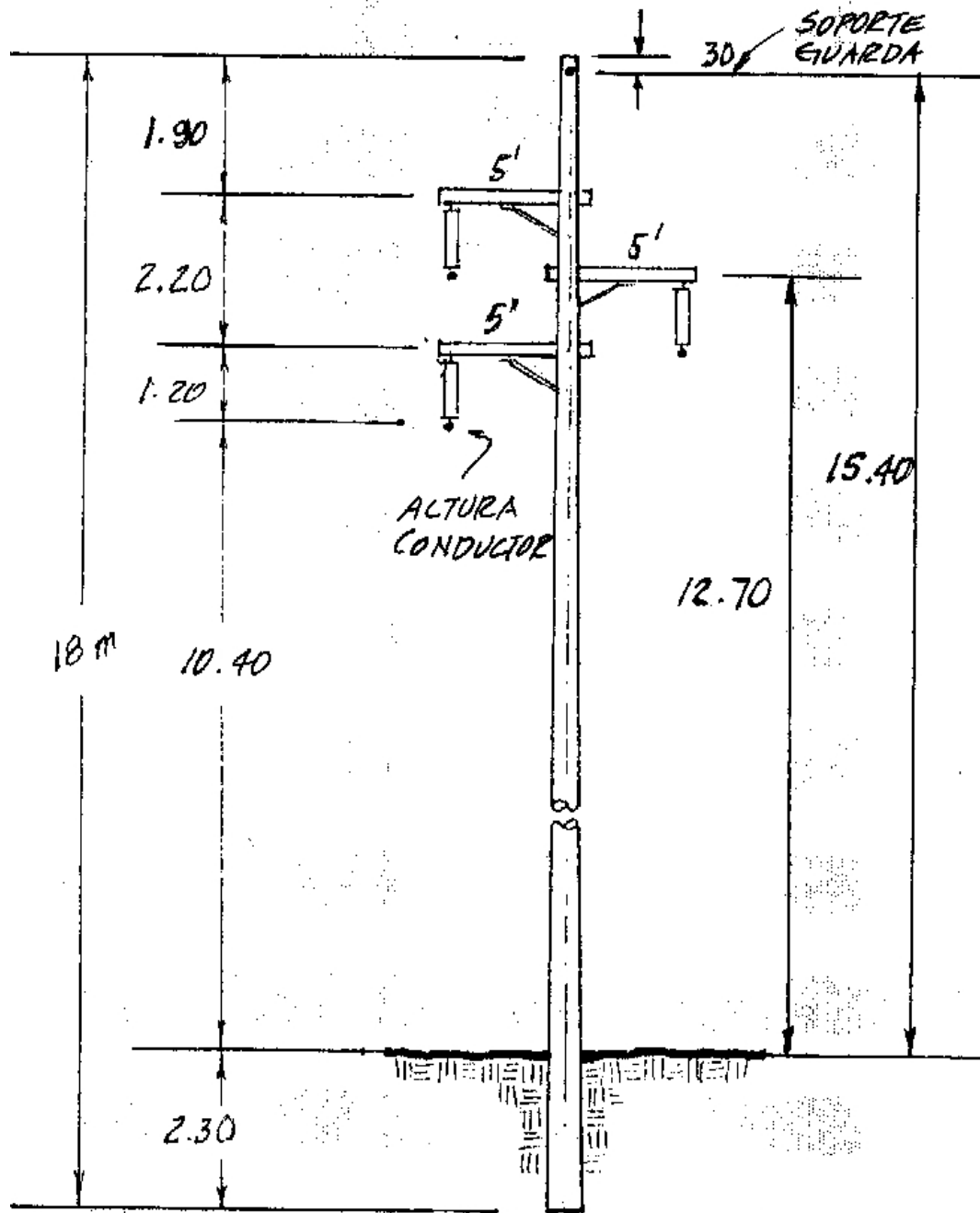


Figura 20

Estructura típica en un poste para línea de transmisión de 230 kV trifásica con aislador de suspensión

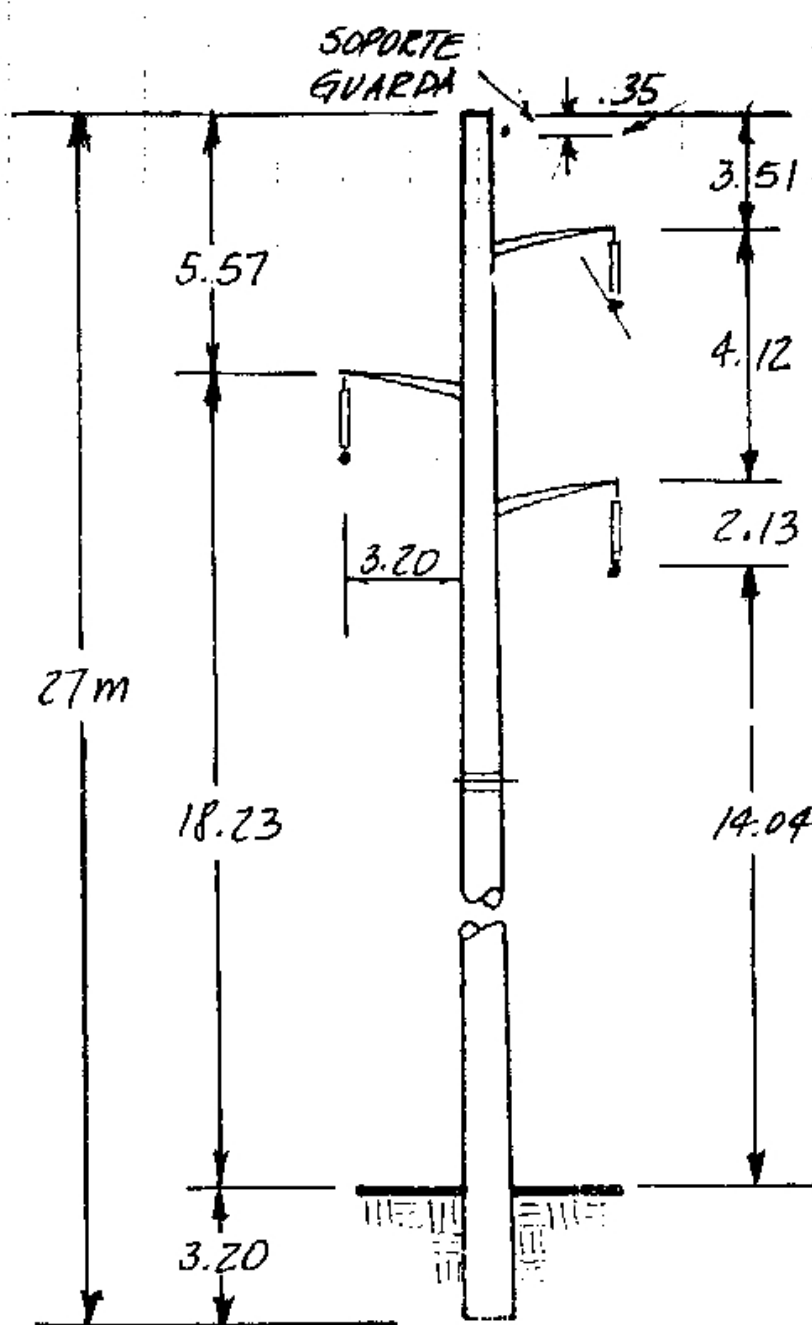
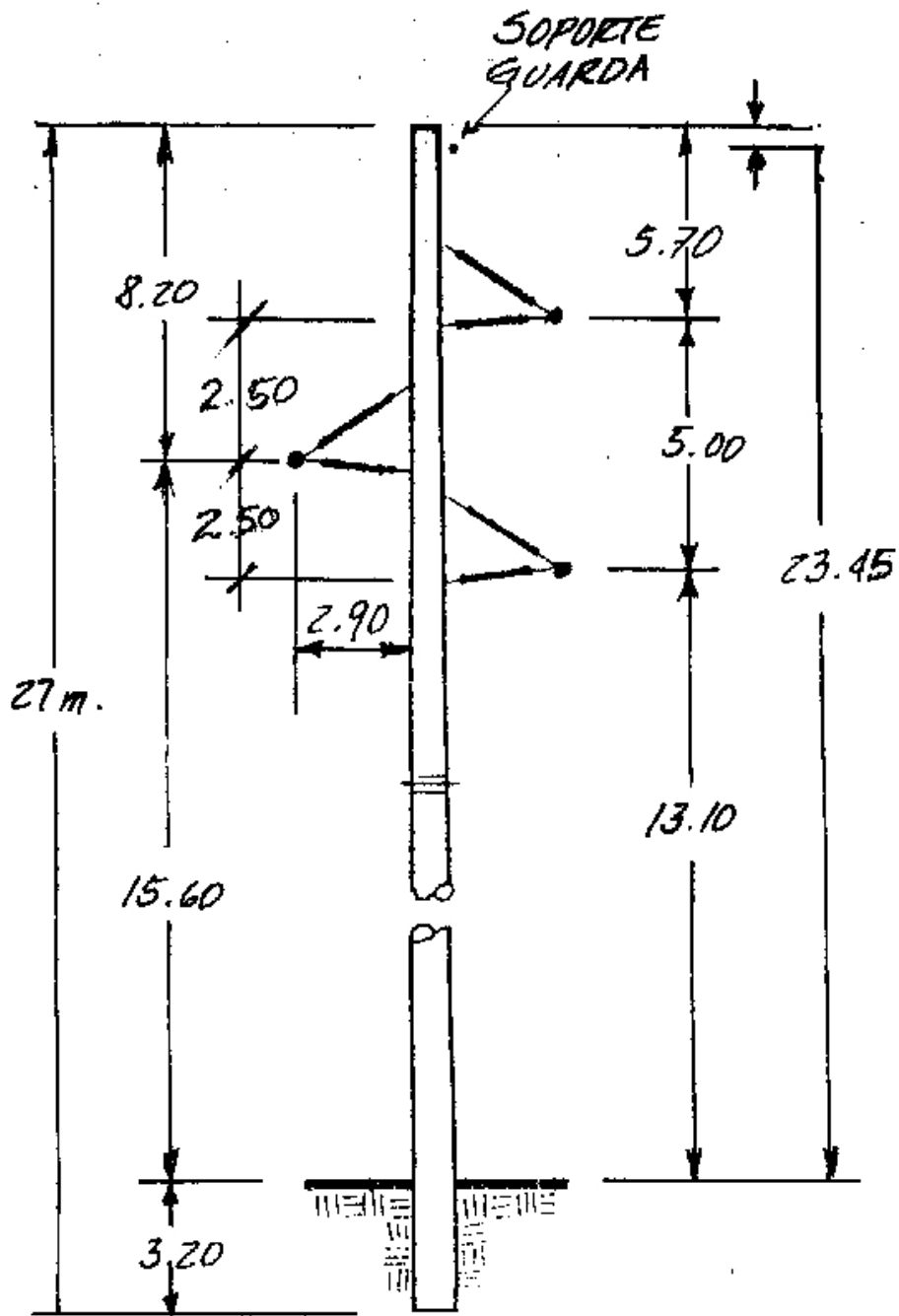


Figura 21

Estructura típica en un poste para línea de transmisión de 230 kV trifásica con aislador en v





## **4.CRITERIOS PARA LA ELABORACIÓN DE PLANTILLAS DE CURVAS PARA LA LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN LÍNEAS ELÉCTRICAS**

Es muy importante tener en cuenta que para poder elaborar una plantilla de curvas de localización se deben aplicar los conceptos descritos anteriormente y los criterios que a continuación trataremos.

### **4.1 Ubicación geográfica**

Esta información se refiere a la ubicación geográfica en el mapa de la República. Se utilizan hojas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) de preferencia en escala 1:50,000. Una vez ubicado el lugar que interesa se debe estudiar cuidadosamente la topografía del terreno lo cual es un criterio muy importante a tomar en cuenta. También se pueden utilizar fotografías aéreas con estereoscopio, el cual permite observar el terreno con una sensación de relieve. Luego deberá hacerse un recorrido a lo largo del trazo propuesto y cuantas visitas sean necesarias, además si las posibilidades lo permiten, un vuelo en helicóptero dará óptimos resultados para la mejor escogencia del trazo a seguir.

### **4.2 Ubicación dentro del sistema eléctrico**

Es de suma importancia conocer la posición en donde la línea eléctrica se conectará al Sistema Nacional Interconectado (SNI).

El Diagrama Unifilar del SNI, se encuentra en la Empresa de Transporte y Control del INDE que permite establecer el nivel de tensión a emplear, si de Distribución (13.8 kV y 34.5 kV), si de Sub-Transmisión (69 kV) ó de Transmisión propiamente dicha (138 kV, 230 kV, etc.) y que tipo de línea se deberá escoger: Monofásica ó Trifásica, (ó Bifásica); de un Circuito ó de Doble Circuito, según las necesidades.

### **4.3 Los niveles isoceráunicos**

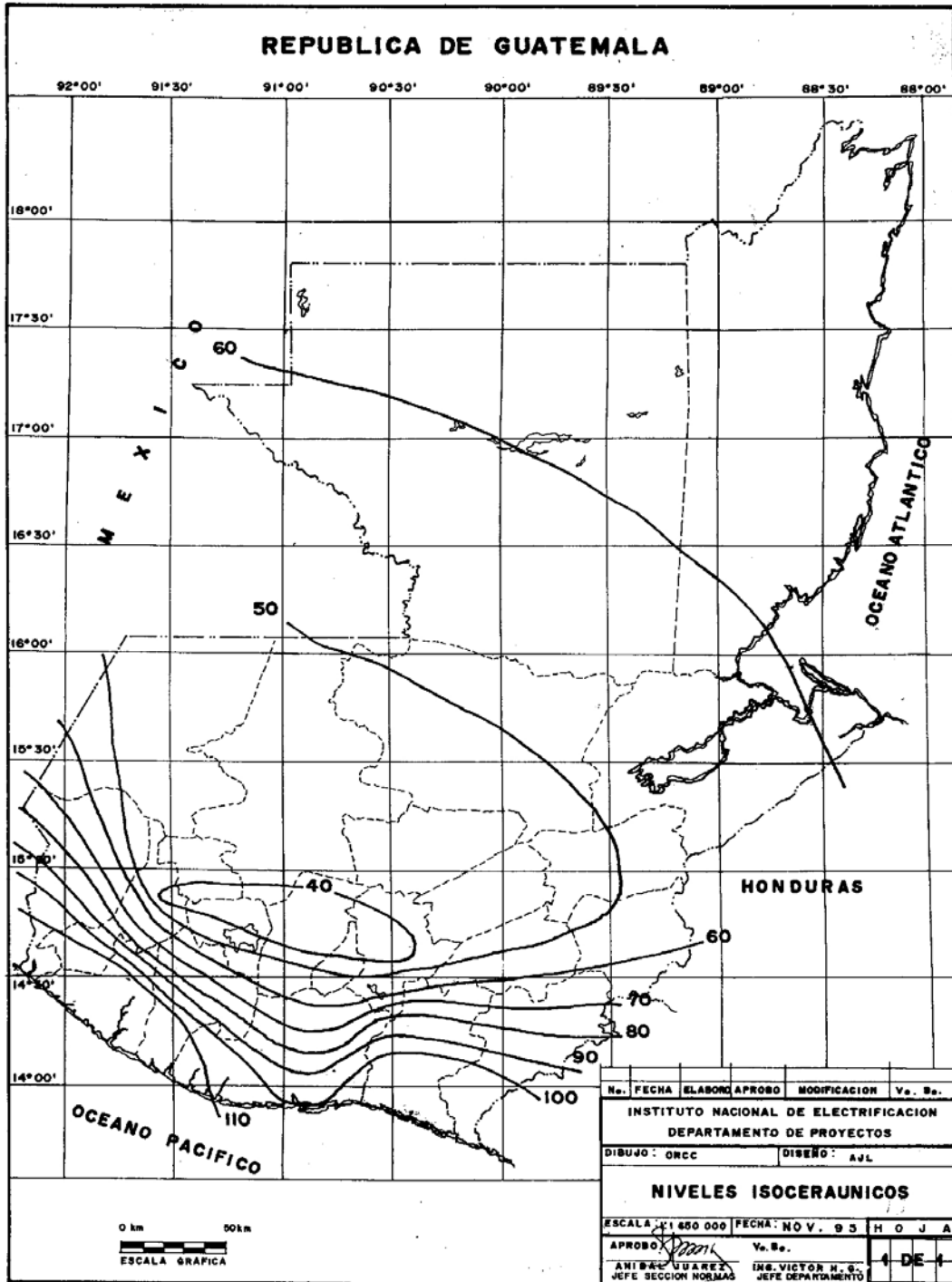
Debido a que es muy importante proteger las líneas eléctricas de las descargas electro atmosféricas, es de suma importancia conocer los niveles isoceráunicos de la zona en la que se construirá la línea.

De esta cuenta es que se consulta el mapa de zonas isoceráunicas del CRNE, para poder elegir el tipo adecuado de protección contra descargas electro-atmosféricas de la línea en cuestión.

En el siguiente mapa, se pueden apreciar dichos niveles.



Figura 22  
Niveles isoceráunicos

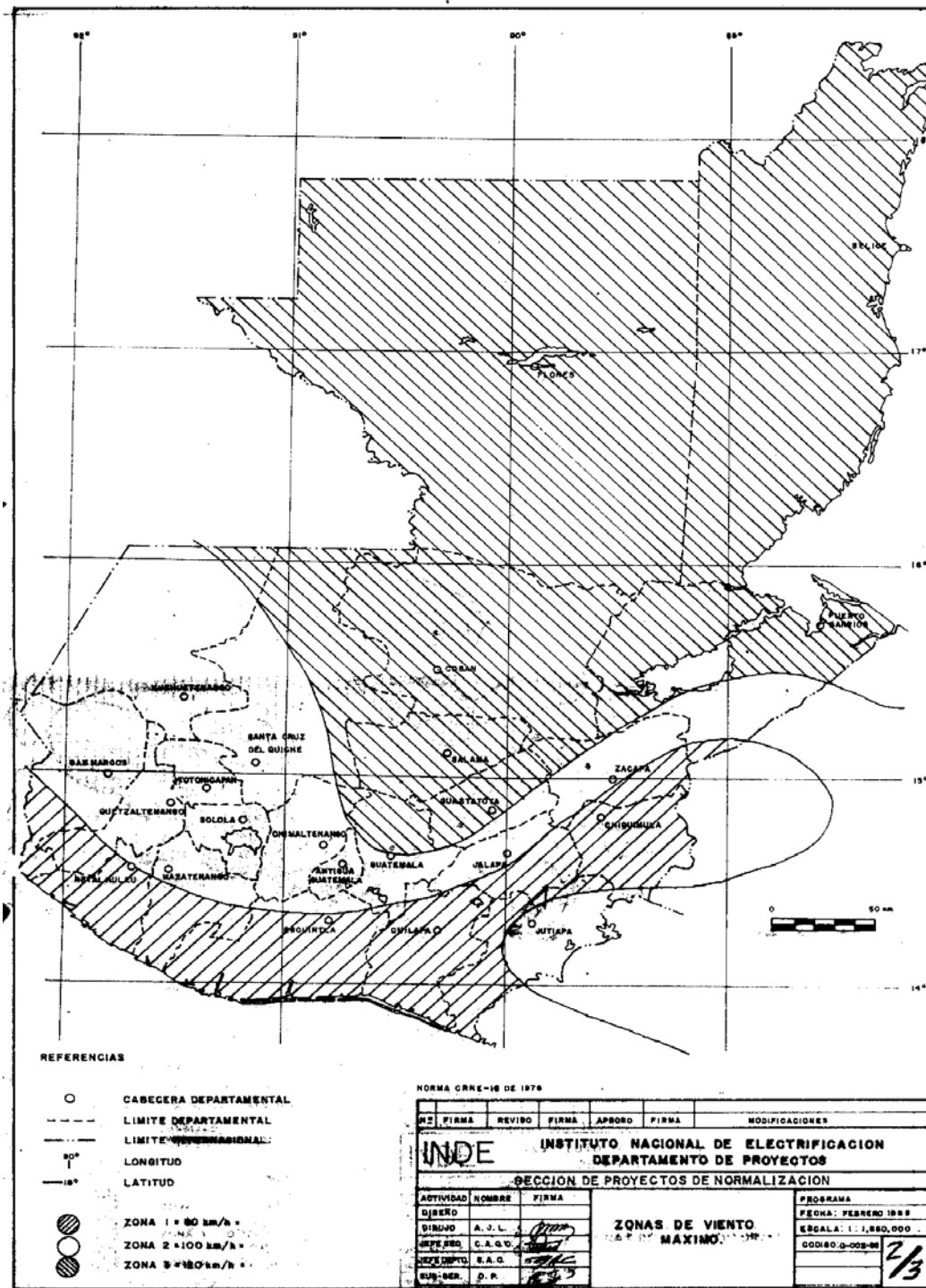


#### **4.4 Las zonas de carga o zonas de viento**

Esta información nos sirve para determinar las cargas ejercidas por el viento tanto en los conductores de la línea como en sus estructuras de soporte. Con esto se puede determinar el tipo de estructura a utilizar. Para nuestro país, se ha determinado que en la costa sur corren vientos de 80 km/h; en la región montañosa como el altiplano, corren vientos de 100 km/h; y en las Verapaces, Izabal y Petén existe la zona de viento máximo de 120 km/h.

En el mapa siguiente se pueden apreciar las distintas zonas de viento del país.

Figura 23  
Zonas de viento



De acuerdo a las zonas de carga o de viento, se puede deducir un factor que debe tomarse en cuenta en la construcción de la línea, como lo es la resistencia mecánica de las estructuras. Esta resistencia mecánica es objeto de un estudio separado, el cual no se tomará en cuenta para la elaboración de la plantilla de localización por lo que no se estudia en el presente trabajo de tesis.

#### **4.5 Las zonas de temperatura**

Cuando hablamos de temperatura, en el caso de las líneas eléctricas, estamos tomando en cuenta las propiedades de elongación y contracción de los conductores a altas y bajas temperaturas.

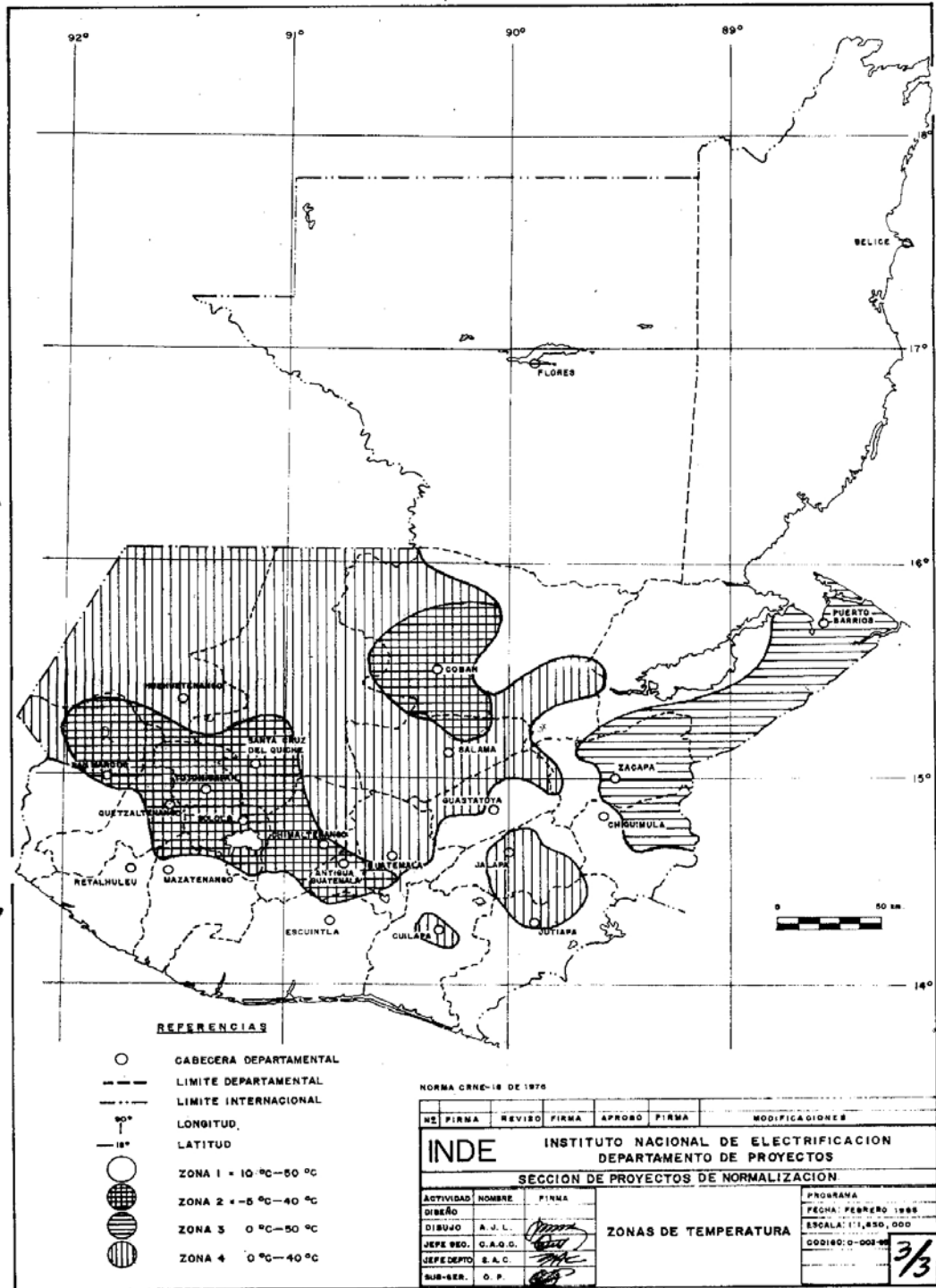
Es así que es de suma importancia el conocer las temperaturas más altas y más bajas de la zona por donde se construirá la línea para poder contemplar en el diseño el criterio adecuado para la selección del conductor y su capacidad de transporte.

Para nuestro país tenemos diferentes climas de la siguiente manera:

Cálido en la costa, Templado en los valles, y Frío en el altiplano. Para los objetivos tanto de Zonas de Temperatura, como de Carga y Niveles Isoceráunicos, nos basamos en los mapas de la República elaborados por el Comité Regional de Normas Eléctricas (CRNE) del Istmo Centroamericano.

En el mapa a continuación se pueden apreciar las distintas zonas de temperatura del país.

Figura 24  
Zonas de temperatura



#### **4.6 Libranzas**

Como ya hemos dicho, la libranza es un factor determinante al momento de los cálculos para la realización de la plantilla de curvas de localización de estructuras, estas distancias mínimas son normadas para los distintos valores de voltaje.

Existen distintas libranzas, es decir, se tienen entre conductores y el piso, entre conductores que se cruzan y entre conductores y sus soportes, todas ellas normadas y tabuladas en las siguientes tablas según CRNE y REA.

La tabla siguiente muestra las libranzas mínimas al suelo para voltajes de 0 a 50 kV, según CRNE.

Tabla V. Libranza mínima al suelo para voltajes de 0 a 50 kV CRNE

ALTURA MINIMA DE CONDUCTORES SOBRE EL PISO O RIELES

(Metros)

Clase de piso o rieles sobre los cuales pasan los conductores	Retenidas, mensajeros, conductores de comunicación y de tierra y de cualquier voltaje con cubierta metálica conectada a tierra	Líneas abiertas suministradoras, incluyendo las de alumbrado en serie y acometidas (voltaje entre conductores) 0 a 750 V      750 a 15 000 V      15 000 a 50 000 V
	<u>En cruzamiento sobre</u>	<u>a/ b/</u>
Vías férreas	8.00	8.00      8.50      9.00
Carreteras	7.00	7.00      7.00      7.00
Calles, callejones o caminos vecinales	5.50	5.50      6.00      7.00
Lugares no transitados por vehículos	5.50	5.50      5.50      6.00
	<u>A lo largo de</u>	
Calles o callejones en distritos urbanos	5.50	5.50      6.00      6.50
Caminos en distritos rurales	5.50	5.50      5.50      6.00

Condiciones: Temperatura: máxima según la zona, sin viento. Distancia entre postes no mayor de 100 m.c/

- a/ Al aplicar el cuadro 3, se entenderá por el punto de cruce en el caso de vías férreas, caminos, calles y callejones, la intersección de la línea del centro de éstos con la línea que une los centros de los postes o estructuras del cruzamiento.
- b/ En cruzamiento sobre vías de conductores soportados por aisladores de suspensión, la altura deberá aumentarse en una cantidad tal que aún en el caso de que se rompa uno de los conductores en los tramos adyacentes, el conductor conserve la altura especificada en el cuadro 3.
- c/ Para distancias interpostales mayores de 100 metros, los valores especificados en el cuadro 3, deberán aumentarse un centímetro por cada metro en exceso de 100 metros.

La tabla siguiente muestra las libranzas mínimas al suelo para voltajes de 46 a 230 kV, según CRNE.

**Tabla VI. Libranza mínima al suelo para voltajes de 46 a 230 KV CRNE**

**ALTURA MINIMA DE CONDUCTORES SOBRE EL PISO O RIELES <sup>a/</sup>**

Clase de piso o rieles sobre los que pasan los conductores	Alturas mínimas en metros para :				
	46 kV	69 kV	115 kV	138 kV	230 kV
Vías férreas	9.7	10.0	10.7	10.7	11.8
Carreteras	7.6	7.9	8.5	8.5	9.5
Lugares no transitados por vehículos	5.8	6.1	6.7	7.0	8.3
Campos cultivados	6.1	6.4	7.0	7.3	8.5
A lo largo de caminos en distritos rurales	6.7	7.0	7.6	7.9	9.1

<sup>a/</sup> 1) Con la flecha final, a la temperatura máxima según la zona y sin viento; 2) Las plantillas deben cortarse para suministrar una altura de 30 cm mayor que la indicada en el cuadro; 3) Este cuadro rige para cualquier longitud de vano.

La tabla siguiente muestra las libranzas mínimas entre conductores que se cruzan.



Tabla VII. Libranza mínima entre conductores que se cruzan

SEPARACIONES MINIMAS ENTRE CONDUCTORES QUE SE CRUZAN

(Metros)

Naturaleza de los conductores sobre los que se cruza	Conductores, cables de la comunicación y mensajeros	Conductores suministradores de 0 a 750 v. Cables suministradores de cualquier voltaje: siempre que tengan cubierta metálica conectada a tierra. Mensajeros asociados con dichos cables	Conductores suministradores en línea abierta incluyendo acometidas 750 a 8 700 v 8 700 a 50 000 v	Retenidas y mensajeros
Conductores y cables de comunicación incluyendo mensajeros	0.60	1.20	1.20 a/	0.60
Cables suministradores con mensajero o con cubierta metálica conectados a tierra de cualquier voltaje	1.20	0.60	0.60	0.60
Líneas abiertas suministradoras:				
0-750 v	1.20	0.60	0.60	0.60
750 = 8 700 v	1.20	0.60	0.60	1.20
8 700 - 50 000 v	1.80	1.20	1.20	1.20
Retenidas, mensajeros y acometidas de 0 a 750 v	0.60 c/	0.60	1.20	0.60
Condiciones: Temperatura máxima según la zona sin viento. Distancia entre postes no mayor de 100 metros d/				

Nota: Los números subrayados indican que no es recomendable cruzar con los conductores en esa posición. Los voltajes son entre conductores.

- a/ Esta separación debe aumentarse a 1.80 metros cuando el cruzamiento del conductor suministrador sobre el de comunicación se haga a menos de 1.80 metros horizontalmente, del poste de comunicación.
- b/ Los circuitos de no más de 8 700 voltios a tierra pueden tener una separación de 1.20 metros siempre que el cruzamiento se efectúe a más de 1.80 metros horizontalmente, del poste de comunicación.
- c/ Esta separación deberá aumentarse a 1.20 metros cuando los alambres de comunicación crucen sobre acometidas.
- d/ Cuando el cruzamiento ocurra en el punto medio del claro del conductor superior, la separación deberá aumentarse un centímetro por cada metro del claro en exceso de 100 metros.

La tabla siguiente muestra las libranzas mínimas al suelo para voltajes de 34,5 a 230 kV, según REA

Tabla VIII. Libranza mínima al suelo para voltajes de 34.5 a 230 kV REA

MINIMUM VERTICAL CLEARANCE OF  
CONDUCTORS-TO-GROUND IN METERS (FEET)

CLEARANCE REQUIRED WHEN CONDUCTORS CROSS OVER:	Nominal Line-to-Line Voltage in kV				
	34.5-69	115	138	161	230
1. Railroad tracks	9.4 (31.0)	9.7 (31.7)	9.8 (32.1)	10.0 (32.6)	10.4 (34.0)
2. Roads, streets, alleys, parking lots or drive- ways	7.0 (23.0)	7.2 (23.7)	7.4 (24.1)	7.5 (24.6)	7.9 (26.0)
3. Land that may be traversed by vehicles such as cultivated, grazing, forest, orchards, etc. (B)	7.0 (23.0)	7.2 (23.7)	7.4 (24.1)	7.5 (24.6)	7.9 (26.0)
4. Spaces and ways accessible to pedestrians only (C)	5.5 (18.0)	5.7 (18.7)	5.9 (19.1)	6.0 (19.6)	6.4 (21.0)
5. Water areas not suitable for sailboating or where sailboating is not per- mitted (E)	5.5 (18.0)	5.7 (18.7)	5.9 (19.1)	6.0 (19.6)	6.4 (21.0)
6. Water areas suitable for sailboating including lakes, ponds, reservoirs, rivers, streams, and canals with unobstructed surface area of (D) (E)					
a. Less than 8.09 ha (A) (20 acres)	7.0 (23.0)	7.2 (23.7)	7.4 (24.1)	7.5 (24.6)	7.9 (26.0)
b. 8.09 to 60.9 ha (20 to 200 acres)	9.4 (31.0)	9.7 (31.7)	9.8 (32.1)	10.0 (32.6)	10.4 (34.0)
c. 80.9 to 809.4 ha (200 to 2000 acres)	11.3 (37.0)	11.5 (37.7)	11.6 (38.1)	11.8 (38.6)	12.2 (40.0)
d. Over 809.4 ha (2000 acres)	13.1 (43.0)	13.3 (43.7)	13.5 (44.1)	13.6 (44.6)	14.0 (46.0)
7. Land and water areas for rigging and launching sailboats (E)	Clearance above ground shall be 1.5 meters (5 feet) greater than in No. 6 above for the water area served by the launching site.				

#### 4.7 Resistencia a la ruptura

Los conductores de líneas eléctricas pueden estar sujetos a un amplio rango de tensiones mecánicas, desde un mínimo del diez por ciento (10%) hasta un máximo de aproximadamente sesenta por ciento (60%) del esfuerzo de ruptura, debido a los cambios por sobrecarga y temperatura.

El límite exacto de diseño depende de la importancia y exposición de la línea, según los requerimientos del NESC, así como también el tipo de material del conductor. En nuestro medio, la temperatura puede variar desde  $-10^{\circ}\text{C}$  hasta  $50^{\circ}\text{C}$  o más. La mejor escogencia de flechas y tensiones debe considerar lo siguiente: libranzas hacia el suelo y hacia los soportes, oscilación de la cadena de aisladores, separación entre conductores, construcción y operación de la línea, fatiga por vibración del conductor, estiramiento permanente, límite elástico, esfuerzos sobre las estructuras y el equipo, etc., etc.

Generalmente se recomienda que la tensión de diseño de los conductores de una línea de transmisión, bajo condiciones de máxima carga no exceda el 50% de la carga de ruptura del vano dominante seleccionado. Tampoco se deben exceder los porcentajes del esfuerzo de ruptura, sin cargas externas descritos en la siguiente tabla:

**Tabla IX**  
**Tensión de diseño de los conductores**

	<u>Percent Strength</u>	<u>Temperature Degrees F.</u>		
		<u>Heavy</u>	<u>Medium</u>	<u>Light</u>
Initial unloaded tension	33.3	0	15	30
Final unloaded tension	25.	0	15	30

Un diseño mas conservador puede asumir una mayor carga máxima para una máxima tensión dada (o bien una tensión máxima mas baja para una carga máxima asignada). Cargas más grandes que las especificadas por NESC pueden justificarse en ciertas áreas, pero resulta poco práctico basar el diseño en las condiciones limitantes de un caso único de posible carga excesiva. Una mayor información al respecto se puede obtener en ALCAN, REA o NESC.

#### **4.8 Curva caliente**

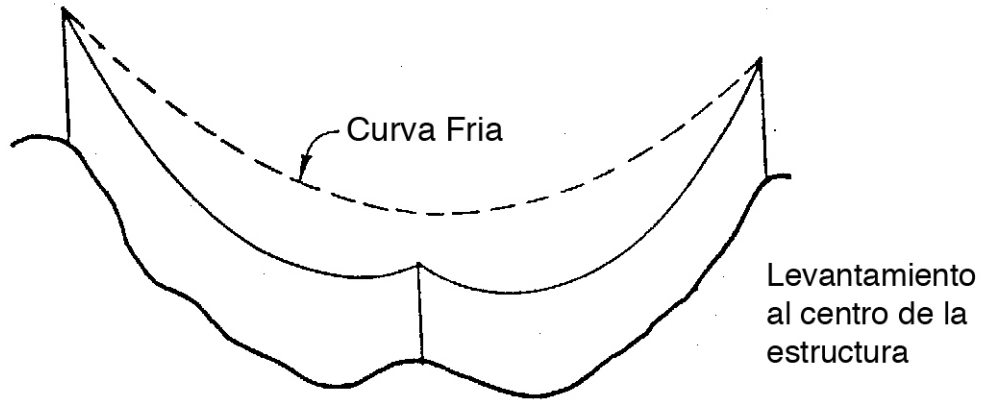
Es la curva de flecha máxima a la temperatura mas alta (50°C para nuestro medio), sin cargas de viento. Se usa para localizar la posición de la estructura, chequear las libranzas y la altura de las estructuras sobre el perfil trazado. Para efectos prácticos y para el cálculo de la curva, se asigna un 15% de la tensión de ruptura del conductor a utilizar.

#### **4.9 Curva fría**

Es la curva de flecha mínima a la temperatura mas baja (0°C para nuestro medio) sin cargas de hielo ni viento. Se usa para verificar la tendencia al levantamiento de las estructuras (uplift). Se asigna un 25% de la tensión de ruptura para el cálculo de esta curva.

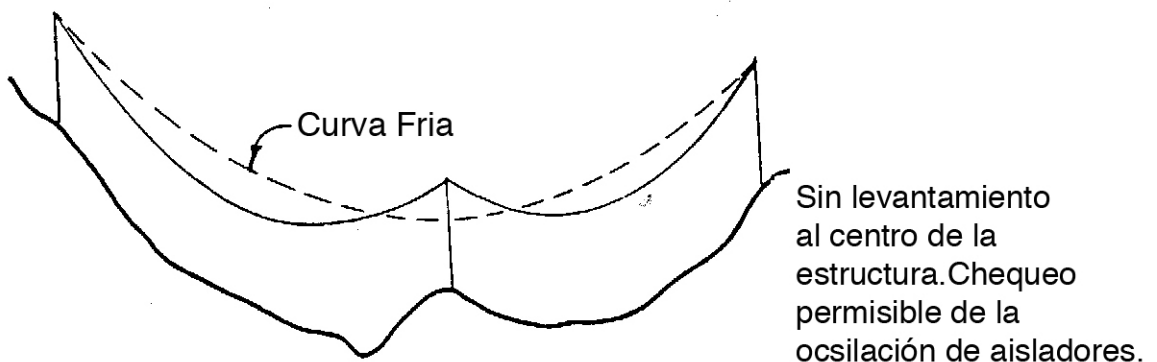
Debe evitarse la tendencia al levantamiento de la estructura (uplift) por el cable del hilo de guarda (OHGW) lo que se puede verificar con la Curva Fría. (Ver figura 25).

**Figura 25**



Los conductores de las líneas inferiores de un circuito pueden ser de diferentes calibres. La curva caliente inferior del conductor se empleará para verificar el libramiento al terreno. Se requiere de curvas frías para cada calibre de conductor para verificar la tendencia al levantamiento de la estructura (ver figura 26).

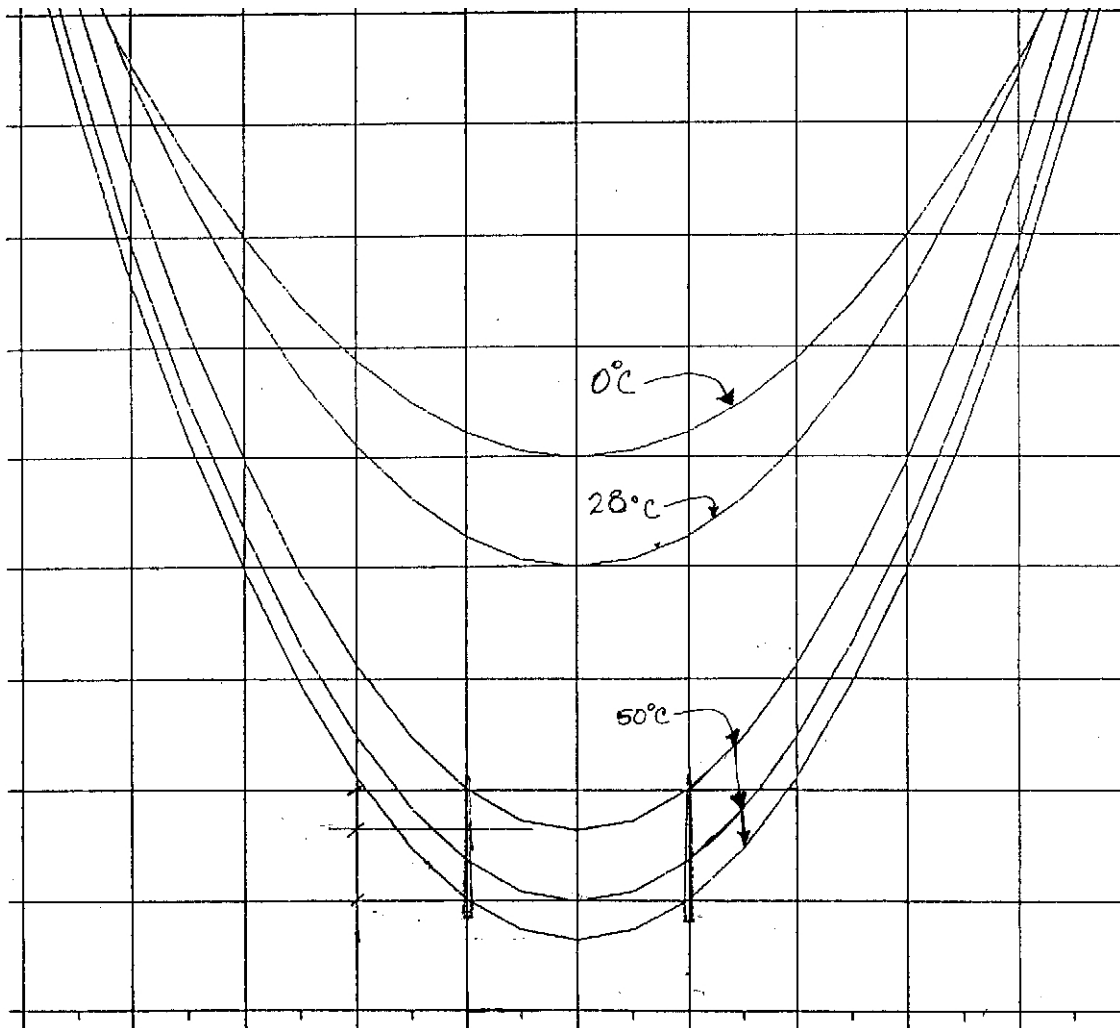
**Figura 26**



#### 4.10 Curva normal

Es la curva de flecha final a la temperatura ambiente (28°C en nuestro medio) sin cargas de viento. Se usa para chequear libranzas normales. Para el cálculo y diseño de esta curva se asigna un 20% de la tensión de ruptura del conductor.

Figura 27



La figura No.27 muestra las tres clases de curvas:

Caliente a 50°C

Normal a 28°C

Fría a 0°C

#### **4.11 Métodos para la elaboración de la plantilla de curvas de localización**

Existen varios métodos para realizar la plantilla de curvas de localización entre los cuales tenemos:

##### **4.11.1 Método de la parábola**

La plantilla de flecha es la herramienta usada en el diseño de líneas eléctricas para determinar gráficamente sobre planos de planta y perfil, la localización de las estructuras sobre el terreno. Su uso apropiado nos asegura lo siguiente:

- Libramiento adecuado entre el conductor y el terreno, o entre conductores que se cruzan.
- Prevención del levantamiento de las estructuras.
- Diseño económico.
- Clasificación apropiada de las estructuras.
- Mínima posibilidad de error en el trazo y diseño.
- Óptima selección de materiales antes del replanteo de la línea.

El método de la parábola es útil para resolver algunos problemas de flecha y tensión mecánica en longitud de vanos abajo de 300 metros o cuando la flecha es menor del 5% de la longitud del vano como se expone a continuación para un vano a nivel o en terreno plano.

### Ecuación 1

$$D = (W \cdot S^2) / (8 \cdot H)$$

Donde:

D = Flecha al centro del vano (m)

W = Peso del conductor (kg/m)

S = Longitud del vano (m)

H = Tensión horizontal (kg)

La forma de la plantilla se basa en el hecho de que cuando los conductores son instalados, su tensión horizontal debe ser igual en todos los vanos de cualquier longitud, sean planos o inclinados. Generalmente para vanos arriba de 300 metros, es suficientemente exacto utilizar una flecha proporcional al cuadrado de los vanos de acuerdo a la fórmula de la parábola de la ecuación No. 2.

La plantilla debe construirse de manera que incluya vanos 3 o 4 veces más largos que el vano regla, para que permita la localización de estructuras en laderas muy pendientes.

### Ecuación 2

$$S = (L^2 \cdot Sr) / Lr^2$$

En donde:

S = Flecha del vano buscado (m)

Sr = Flecha de vano regla (del gráfico de flechas y tensiones) (m)



L = Longitud del vano buscado (m)

Lr = Longitud del vano regla (del gráfico de flechas y tensiones) (m)

#### 4.11.2 Método de la catenaria

Este método es utilizado para vanos mayores de los 300 metros y flechas más grandes, las cuales excedan el 5% del vano regla.

La plantilla de curvas de localización deberá ser construida como una catenaria verdadera desde que el uso de la parábola no es exacto arriba de un amplio rango de longitudes de vanos.

La curva en la figura 25 representa la posición de un conductor montado entre los punto A y B. Las coordenadas x,y de cualquier punto sobre la curva, están dadas por la formula:

#### Ecuación 3

$$y = (H/W) * [\cosh (XW/H) - 1]$$

En donde:

y = valores generados para las ordenadas (m)

W = Peso del conductor (kg/m)

X = valores asignados dentro de un rango determinado (m)

H = Tensión horizontal del conductor (kg)

La flecha para esta curva es dada por:

**Ecuación 4**

$$s = (H/W) * [\cosh (WL/2H) - 1]$$

En donde

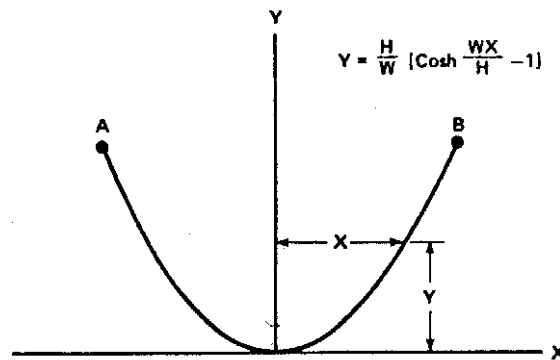
S = Flecha (m)

H = Tensión horizontal del conductor (kg)

W = Peso del conductor (kg/m)

L = Vano (m)

**Figura 28. Curva catenaria del conductor soportado en a y b.**



El cálculo de las tensiones podrá ser despejado de las fórmulas descritas anteriormente.

## 5.PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE UNA PLANTILLA DE CURVAS DE LOCALIZACIÓN DE ESTRUCTURAS PARA LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 34.5 KV. TRIFÁSICA POR MEDIO DE COMPUTADOR PERSONAL

Para elaborar la plantilla de curvas, utilizamos la ecuación No. 3 más el parámetro  $c$  que representa un desplazamiento vertical hacia arriba y abajo para cada curva.

$$y = (H/W) * [\cosh (X*W/H) - 1] + c$$

El desplazamiento del que hablamos viene dado por la flecha  $f$ , la libranza  $L$ , el parámetro  $N$  y el  $M$ , todos en metros.

Creamos una hoja electrónica en la cual evaluamos la ecuación anterior para determinar, de acuerdo a los datos ingresados, el valor de los pares ordenados de puntos  $(x,y)$  para un sistema de ejes coordenados.

Con los datos obtenidos se tabula de tal forma que en el trazo de las curvas, los valores de flecha son las ordenadas (que van desde  $-10$  hasta  $+110$  siendo "0" la línea de tierra) y la longitud de vanos, las abscisas (que van desde  $-500$  hasta  $500$  siendo "0" el eje de simetría). La escala que se emplea para las curvas debe ser la misma utilizada en los planos de planta y perfil.

### 5.1 La curva caliente (Y1) a 50°C

El cálculo para esta curva se hace repetidamente sustituyendo el parámetro  $c$  en la ecuación, dándonos como resultado la curva caliente inferior desplazada hacia abajo por la flecha  $f$  ( $Y1 - f$ ), la curva caliente media ( $Y1$ ) y la curva caliente superior desplazada hacia arriba por la libranza  $L$  ( $Y1 + L$ ).

De estas tres, la curva *inferior* corta la línea de tierra en dos puntos que determinan el vano dominante y el lugar donde se localizan las estructuras. La curva caliente media deberá tener un punto de contacto con la línea de tierra, o sea, deberá ser tangente rozando el suelo. La curva *superior* determina la altura del conductor sobre sus soportes.

### 5.2 La curva normal (Y2) a 28°C

Esta es la curva que representa la ubicación del conductor en sus soportes en condiciones normales. Deberá estar desplazada hacia arriba, un parámetro  $N$  igual a 30 metros desde la línea de tierra, con el fin de tener una mejor visualización a la hora de localizar.

### 5.3 La curva fría (Y3) a 0°C

Esta es la curva que representa la ubicación del conductor en sus soportes en condiciones de mínima temperatura. Estará desplazada un parámetro  $M$  de 40 metros con el fin de tener una mejor visualización y poder verificar que no exista levantamientos de estructuras cuando se tengan estas condiciones.

#### 5.4 Procedimiento para la elaboración de la plantilla de curvas de localización

Como para cada calibre de conductor es necesario elaborar una plantilla de curvas de localización, nosotros en nuestra hoja de cálculo ingresamos los datos siguientes:

##### DATOS INGRESADOS:

VOLTAJE (kV)	34.50
NÚMERO DE FASES	3
CALIBRE DEL CUNDUCTOR	3/0
CÓDIGO DEL CONDUCTOR	PIGEON
TENSIÓN DE RUPTURA DEL CONDUCTOR (kg)	3,030.00
PESO DEL CONDUCTOR EN kg/km	342.90
LONGITUD DEL POSTE (m)	12.00
ALTURA DE CONDUCTOR EN LA ESTRUCRURA (m)	8.18
LIBRANZA MINIMA (m)	6.00
VANO (m)	150
PORCENTAJE DE TENSIÓN PARA CURVA NORMAL	20.00%
PORCENTAJE DE TENSIÓN PARA CURVA FRIA	25.00%
PARÁMETRO (N)	30.00
PARÁMETRO (M)	40.00

Estos datos como vemos, están relacionados con las especificaciones de la línea en particular, de esta cuenta es que tenemos en primer lugar el voltaje a la cual se va a energizar la misma, para nuestra plantilla este es de 34.5 kV.

También es importante definir si es de una, dos o tres fases, que como se indica, para dos o tres fases, se utilizan las mismas estructuras típicas. Por eso indicamos que es una de tres fases.

El calibre de conductor a utilizar es muy importante definirlo, este tiene que ver con la cantidad de potencia a transmitir y el nivel de voltaje a energizar de la línea. Los cálculos para definir el calibre de conductor a utilizar no son objeto del presente trabajo.

El calibre en este caso es el 3/0 AWG, y su código es Pigeon, sus características tanto eléctricas como mecánicas las podemos encontrar en la tabla No. 1 para conductores ACSR. Para cualquier otro tipo de conductor a utilizar en la construcción de una línea en particular, se deben de introducir los datos solicitados para que el cálculo se genere en base a esta información y sea el correspondiente al conductor utilizado.

Otro dato que es solicitado en la hoja de cálculo, es la altura del conductor sobre el suelo, estos datos los encontramos en las estructuras típicas dadas en el presente trabajo en las figuras No. 13 a No. 21, en donde aparecen todas las estructuras para los distintos voltajes que existen en nuestro país. Para el caso del ejemplo, la figura No. 16, que es la estructura para 34.5 kV trifásica, proporciona el valor de 7.86+0.32 metros, que sería la altura del conductor en la estructura.

El dato de la libranza mínima al suelo, lo encontramos en la tabla No. 4, que nos indica que para un voltaje de 15,000 a 50,000 voltios en lugares no transitados por vehículos, que en nuestro caso lo traducimos como un área rural, la libranza es de 6.00 metros.

Con el dato de la altura del conductor y la libranza mínima al suelo, se calcula la flecha mínima permisible, con la cual nosotros podemos buscar en el grafico universal de flechas ALCAN de la figura No. 2, el vano máximo permitido para el calibre del conductor utilizado. En el presente caso, el vano máximo será de 150 metros aproximadamente.

Para el cálculo de los valores de las distintas curvas que aparecen en la plantilla de localización de estructuras, se debe de asumir un porcentaje del valor de la resistencia a la ruptura del conductor utilizado, para el caso de la curva normal este porcentaje según la experiencia en el campo, se estima en un 20%, para la curva fría en un 25% y para la curva caliente en un 15%, valores por demás conservadores para las condiciones dadas en nuestro país.

Los parámetros N y M son valores a conveniencia, en este caso 30 y 40 metros respectivamente, pues como ya lo indicamos anteriormente, solo sirven para desplazar las curvas para su mejor visualización y análisis.

Con estos datos y utilizando las ecuaciones correspondientes para cada caso, se pueden obtener los datos siguientes a demás de la tabla correspondiente de coordenadas para plotear las curvas descritas.

#### DATOS CALCULADOS

FLECHA (m) *S*	2.18
PESO DEL CONDUCTOR EN kg/m *W*	0.34
PORCENTAJE DE TENSIÓN PARA CURVA CALIENTE	14.60%
VANO REGLA *V*	149.98
TENSIÓN DE DISEÑO PARA CURVA CALIENTE (50°C) *H*	442.39
TENSIÓN DE DISEÑO PARA CURVA NORMAL (28°C) *H*	606.00
TENSIÓN DE DISEÑO PARA CURVA FRIA (0°C) *H*	757.50

**Tabla X. Datos para curvas de localización**

DATOS PARA CURVAS					
	50 °C.			28 °C.	0 °C.
X	Y1 - f	Y1	Y1 + L	Y2 + N	Y3 + M
-500	95.93	98.11	104.11	101.20	96.83
-450	77.10	79.28	85.28	87.60	85.99
-400	60.33	62.51	68.51	75.46	76.31
-350	45.59	47.77	53.77	64.77	67.78
-300	32.86	35.04	41.04	55.52	60.40
-250	22.12	24.30	30.30	47.71	54.16
-200	13.35	15.53	21.53	41.33	49.06
-150	6.55	8.73	14.73	36.37	45.09
-100	1.70	3.88	9.88	32.83	42.26
-50	-1.21	0.97	6.97	30.71	40.57
0	-2.18	0.00	6.00	30.00	40.00
50	-1.21	0.97	6.97	30.71	40.57
100	1.70	3.88	9.88	32.83	42.26
150	6.55	8.73	14.73	36.37	45.09
200	13.35	15.53	21.53	41.33	49.06
250	22.12	24.30	30.30	47.71	54.16
300	32.86	35.04	41.04	55.52	60.40
350	45.59	47.77	53.77	64.77	67.78
400	60.33	62.51	68.51	75.46	76.31
450	77.10	79.28	85.28	87.60	85.99
500	95.93	98.11	104.11	101.20	96.83



Entre los datos calculados tenemos primero la flecha, que como ya dijimos la calculamos restándole la libranza mínima a la altura del conductor en la estructura, dándonos el resultado de 2.18 metros.

Como dato necesario para los cálculos en nuestras ecuaciones, tenemos el peso del conductor, que debe estar en kg/m por lo que se hace la conversión correspondiente.

Para poder calcular la tensión de diseño para la curva caliente, partimos del establecimiento que la libranza mínima al suelo, es la altura mínima a que debe llegar el conductor en las condiciones de máxima elongación. Con esta información determinamos que conocemos la flecha y el vano a que se dará esta condición.

Tomando la ecuación No. 1, se despeja y se calcula la tensión para estas condiciones, para nuestro ejemplo, 442.39 kg.

Con el resultado anterior podemos determinar el porcentaje de la resistencia a la ruptura aplicado a la curva en estas condiciones, siendo éste 14.60% lo cual corrobora el dato asumido anteriormente.

A manera de comprobación, tomando la ecuación No. 4 despejamos el vano y hacemos los cálculos correspondientes dándonos el resultado de 149.98 metros, lo cual concuerda y corrobora que el vano estimado dado por las curvas del gráfico universal de flechas de la figura No. 2.

Los valores de la tensión de diseño para las curvas caliente, normal y fría, son datos calculados, aplicando los porcentajes determinados y asumidos para cada curva.

Una vista de la hoja electrónica en donde encontramos todos los datos descritos anteriormente se ve en la figura siguiente:

**Figura 29. Pantalla de Excel 1**

HOJA ELECTRONICA DE CALCULOS PARA ELABORAR PLANTILLA DE CURVAS DE LOCALIZACION									
DATOS INGRESADOS:					DATOS PARA CURVAS				
VOLTAJE (kV)	34.50				50 C.			28 C.	0 C.
NUMERO DE FASES	3								
CALIBRE DEL CONDUCTOR	300	X	Y1-f	Y1	Y1+L	Y2+M	Y2+M		
CODIGO DEL CONDUCTOR	PIGEON	-500	95.93	98.11	104.11	101.20	96.83		
TENSION DE RUPTURA DEL CONDUCTOR (kg)	3,030.00	-450	77.10	79.28	85.28	87.60	85.99		
PESO DEL CONDUCTOR EN kg/m	342.90	-400	60.33	62.51	68.51	75.46	76.31		
LONGITUD DEL POSTE (M)	12.00	-350	45.59	47.77	53.77	64.77	67.78		
ALTURA DE CONDUCTOR EN LA ESTRUCTURA (m)	8.18	-300	32.86	35.04	41.04	55.52	60.40		
LIBRANZA MINIMA (m)	6.00	-250	22.12	24.30	30.30	47.71	54.16		
VANO (m)	150	-200	13.35	15.53	21.53	41.33	49.06		
PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA NORMAL	20.00%	-150	6.55	8.73	14.73	36.37	45.09		
PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA FRIA	25.00%	-100	1.70	3.88	9.88	32.83	42.26		
PARAMETRO (N)	30.00	-50	-1.21	0.97	6.97	30.71	40.57		
PARAMETRO (M)	40.00	0	-2.18	0.00	6.00	30.00	40.00		
DATOS CALCULADOS									
FLECHA (m)*S*	2.18	150	6.55	8.73	14.73	36.37	45.09		
PESO DEL CONDUCTOR EN kg/m**	0.34	200	13.35	15.53	21.53	41.33	49.06		
TENSION DE DISEÑO PARA CURVA CALIENTE kg	442.39	250	22.12	24.30	30.30	47.71	54.16		
PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA CALIENTE	14.60%	300	32.86	35.04	41.04	55.52	60.40		
VANO REGLA **	148.98	350	45.59	47.77	53.77	64.77	67.78		
TENSION DE DISEÑO PARA CURVA CALIENTE (50 C) *H*	442.39	400	60.33	62.51	68.51	75.46	76.31		
TENSION DE DISEÑO PARA CURVA NORMAL (28 C) *H*	606.00	450	77.10	79.28	85.28	87.60	85.99		
TENSION DE DISEÑO PARA CURVA FRIA (0 C) *H*	757.50	500	95.93	98.11	104.11	101.20	96.83		

Con los datos calculados para las curvas se procede de la siguiente manera para trasladarlos y dibujar las curvas para elaborar la plantilla de localización de estructuras.

#### 5.4.1 Paso 1

Se marcan los datos de X y Y1-f para la primera curva caliente inferior como se muestra en la figura:

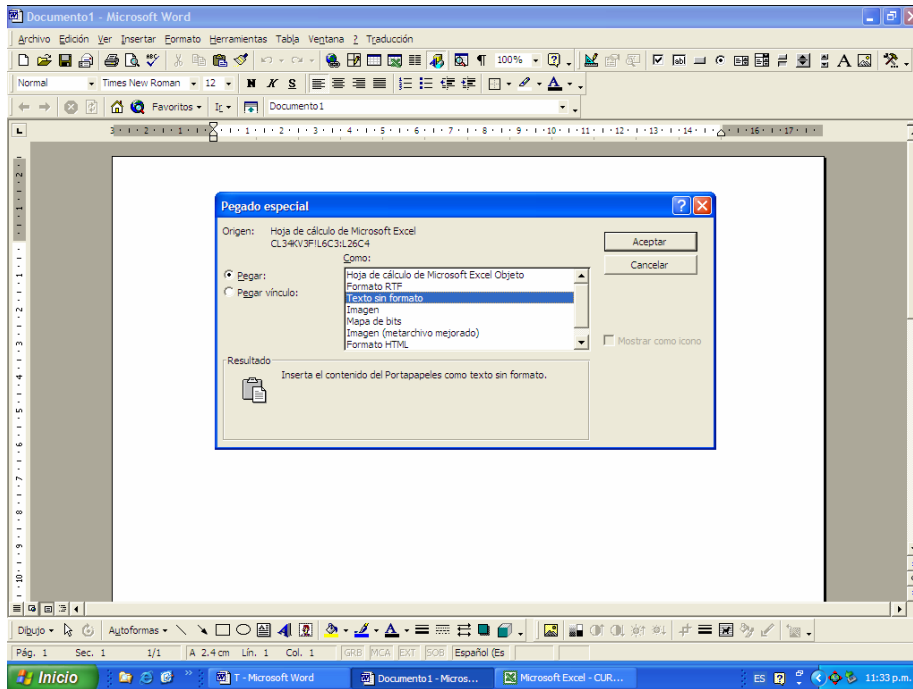
Figura 30. Pantalla de Excel 2

DATOS INGRESADOS:		DATOS PARA CURVAS						
3	VOLTAJE (kV)	34.50			50 °C.	28 °C.	0 °C.	
4	NUMERO DE FASES	3						
5	CALIBRE DEL CONDUCTOR	3/0	X	Y1 - f	Y1	Y1 + L	Y2 + N	Y3 + M
6	CODIGO DEL CONDUCTOR	PIGEON	-500	95.93	98.11	104.11	101.20	96.83
7	TENSION DE RUPTURA DEL CONDUCTOR (kg)	3.030.00	-450	77.10	79.28	85.28	87.60	85.99
8	PESO DEL CONDUCTOR EN kg/km	342.90	-400	60.33	62.61	68.51	75.46	76.31
9	LONGITUD DEL POSTE (m)	12.00	-350	45.59	47.77	53.77	64.77	67.78
10	ALTURA DE CONDUCTOR EN LA ESTRUCTURA (m)	8.18	-300	32.86	35.04	41.04	55.52	60.40
11	LIBRANZA MINIMA (m)	6.00	-250	22.12	24.30	30.30	47.71	54.16
12	VANO (m)	150	-200	13.35	15.53	21.53	41.33	49.06
13	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA NORMAL	20.00%	-150	6.55	8.73	14.73	36.37	45.09
14	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA FRIA	25.00%	-100	1.70	3.88	9.88	32.83	42.26
15	PARAMETRO (N)	30.00	-50	-1.21	0.97	6.97	30.71	40.57
16	PARAMETRO (M)	40.00	0	-2.18	0.00	6.00	30.00	40.00
17			50	-1.21	0.97	6.97	30.71	40.57
18	DATOS CALCULADOS		100	1.70	3.88	9.88	32.83	42.26
19	FLECHA (m) "S"	2.18	150	6.55	8.73	14.73	36.37	45.09
20	PESO DEL CONDUCTOR EN kg/m "W"	0.34	200	13.35	15.53	21.53	41.33	49.06
21	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA CALIENTE kg	442.39	250	22.12	24.30	30.30	47.71	54.16
22	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA CALIENTE	14.60%	300	32.86	35.04	41.04	55.52	60.40
23	VANO REGLA "V"	149.99	350	45.59	47.77	53.77	64.77	67.78
24	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA CALIENTE (50°C) "H"	442.39	400	60.33	62.61	68.51	75.46	76.31
25	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA NORMAL (28°C) "H"	606.00	450	77.10	79.28	85.28	87.60	85.99
26	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA FRIA (0°C) "H"	757.50	500	95.93	98.11	104.11	101.20	96.83

### 5.4.2 Paso 2

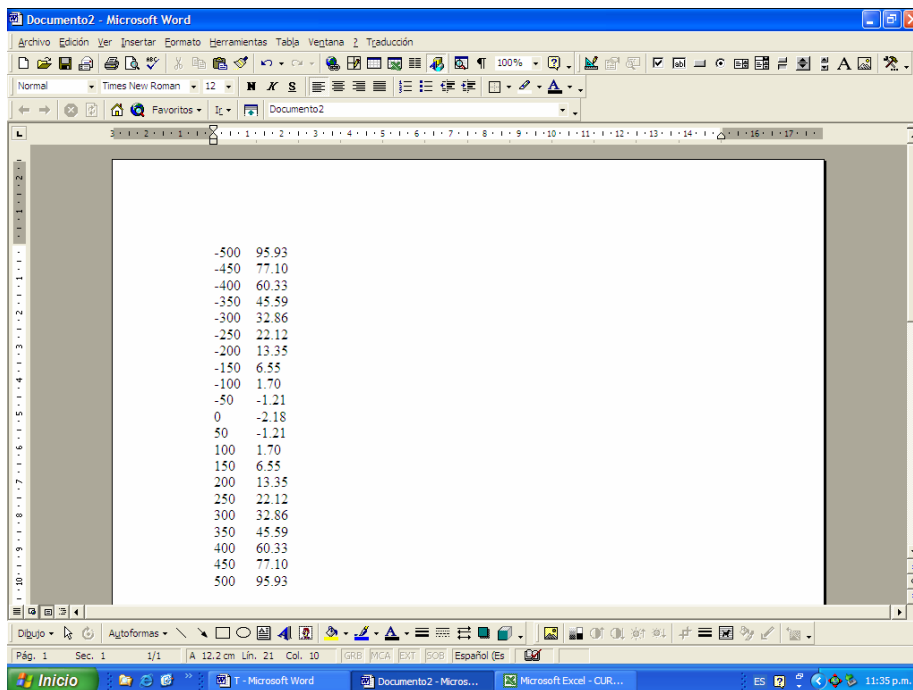
Luego en la barra de herramientas se hace un clic con el botón izquierdo del Mouse en la opción copiar. Seguidamente se abre un archivo en Word para pegar los datos con la opción "Pegado especial" del cuadro de diálogo de Edición, y se escoge la opción "Pegar texto sin formato" y se le da "Aceptar", como se muestra en la figura siguiente.

**Figura 31. Pantalla de Word 1**



Los datos pegados en el archivo Word quedan de la siguiente manera:

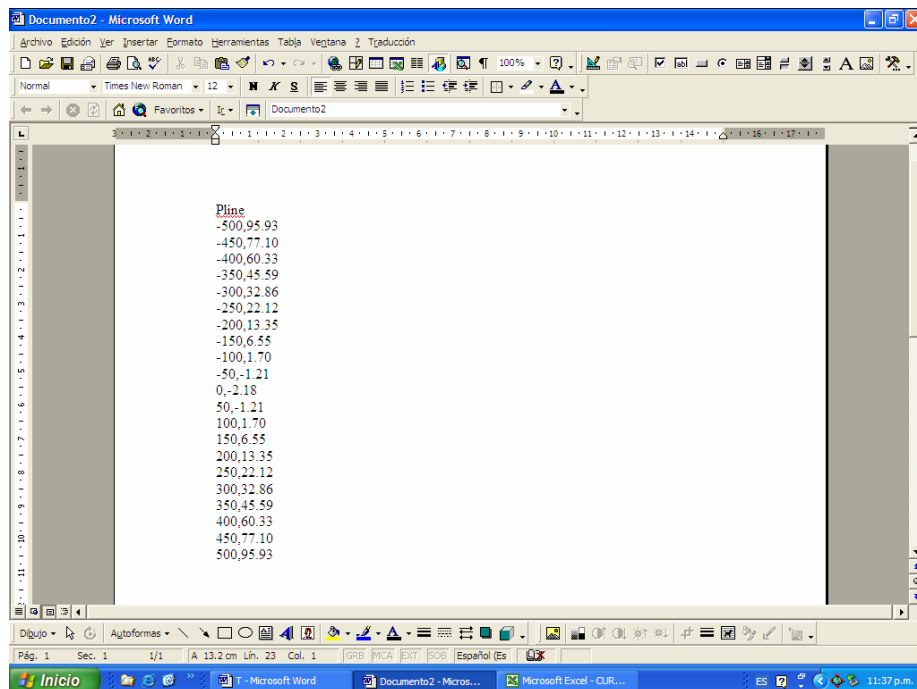
**Figura 32. Pantalla de Word 2**



### 5.4.3 Paso 3

En este archivo se procede a poner en la primera línea el comando con el que Autocad ejecutará la orden de dibujar una poli línea “pline”. Además se eliminan los espacios entre los pares de puntos con la inserción de una coma, quedando el texto como se muestra a continuación.

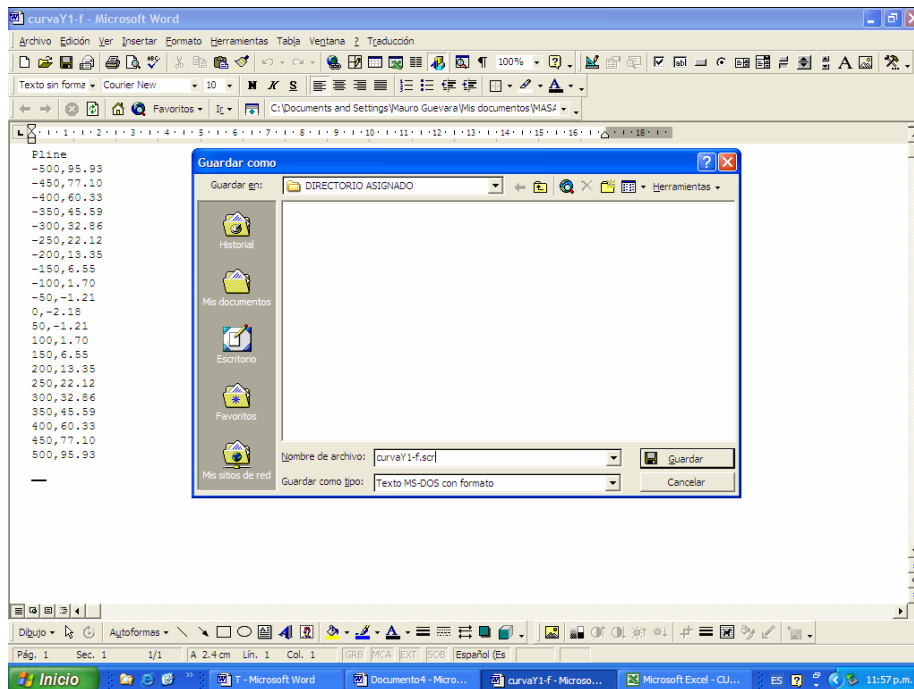
Figura 33. Pantalla de Word 3



### 5.4.4 Paso 4

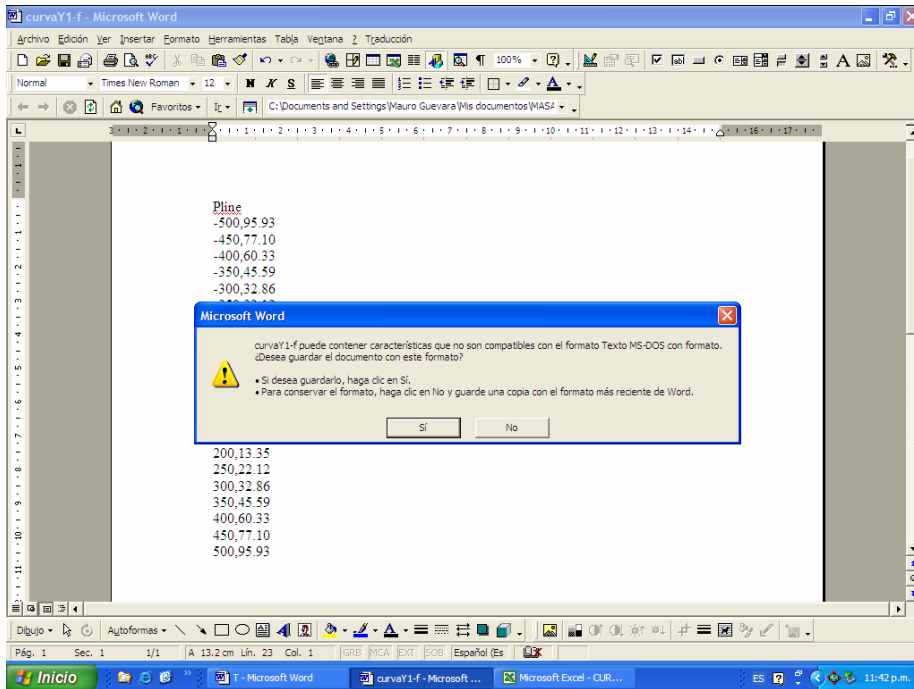
Con estos datos se procede a guardar el archivo con la opción “Guardar como” del menú Archivo. Dentro de esta opción en la barra de “Nombre de archivo” se coloca el nombre “curvaY1-f.scr” y en la barra de “Guardar como tipo”, se escoge la opción “Texto MS-DOS con formato” y se le da un clic izquierdo en “Guardar”. Estos pasos se ven resumidos en la figura siguiente:

Figura 34. Pantalla de Word 4



Quando se ejecuta la acción anterior aparece un cuadro de diálogo en el cual se hace una advertencia, al que debemos responder que si, con un clic izquierdo del Mouse en el cuadro correspondiente.

Figura 35. Pantalla de Word 5



Seguidamente se cierra el archivo en Word, con esto se tiene ya en el directorio asignado y seleccionado el archivo con el nombre "curvaY1-f.scr.asc". Para que el comando en el programa Autocad realice la orden dada, el archivo en mención debe de tener únicamente la extensión ".scr" por lo que se le debe de cambiar el nombre a "curvaY1-f.scr".

#### 5.4.5 Paso 5

En seguida se vuelve a abrir el archivo de Microsoft Excel en donde tenemos nuestros datos. En este archivo seleccionamos la columna en donde aparecen los datos para la curva Y1-f, como se muestra en la figura siguiente:

Figura 36. Pantalla de Excel 3

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	DATOS INGRESADOS:			DATOS PARA CURVAS					
2				50 °C.			28 °C.		0 °C.
3	VOLTAJE (kV)	34.50							
4	NUMERO DE FASES	3							
5	CALIBRE DEL CONDUCTOR	3/0	X	Y1 - f	Y1	Y1 + L	Y2 + N	Y3 + M	
6	CODIGO DEL CONDUCTOR	PIGEON	-500	95.93	98.11	104.11	101.20	96.83	
7	TENSION DE RUPTURA DEL CONDUCTOR (kg)	3.030.00	-450	77.10	79.28	85.28	87.60	85.99	
8	PESO DEL CONDUCTOR EN kg/km	342.90	-400	60.33	62.51	68.51	75.46	76.31	
9	LONGITUD DEL POSTE (m)	12.00	-350	45.59	47.77	53.77	64.77	67.78	
10	ALTURA DE CONDUCTOR EN LA ESTRUCTURA (m)	8.18	-300	32.86	35.04	41.04	55.52	60.40	
11	LIBRANZA MINIMA (m)	6.00	-250	22.12	24.30	30.30	47.71	54.16	
12	VANO (m)	150	-200	13.35	15.53	21.53	41.33	49.06	
13	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA NORMAL	20.00%	-150	6.55	8.73	14.73	36.37	45.09	
14	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA FRIA	25.00%	-100	1.70	3.88	9.88	32.83	42.26	
15	PARAMETRO (N)	30.00	-50	-1.21	0.97	6.97	30.71	40.57	
16	PARAMETRO (M)	40.00	0	-2.18	0.00	6.00	30.00	40.00	
17	DATOS CALCULADOS			50	-1.21	0.97	6.97	30.71	40.57
18				100	1.70	3.88	9.88	32.83	42.26
19	FLECHA (m) *S*	2.18	150	6.55	8.73	14.73	36.37	45.09	
20	PESO DEL CONDUCTOR EN kg/m *W*	0.34	200	13.35	15.53	21.53	41.33	49.06	
21	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA CALIENTE kg	442.39	250	22.12	24.30	30.30	47.71	54.16	
22	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA CALIENTE	14.60%	300	32.86	35.04	41.04	55.52	60.40	
23	VANO REGLA *V*	149.98	350	45.59	47.77	53.77	64.77	67.78	
24	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA CALIENTE (50°C) *H*	442.39	400	60.33	62.51	68.51	75.46	76.31	
25	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA NORMAL (28°C) *H*	606.00	450	77.10	79.28	85.28	87.60	85.99	
26	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA FRIA (0°C) *H*	757.50	500	95.93	98.11	104.11	101.20	96.83	
27									
28									
29									

Esta columna seleccionada se oculta haciendo un clic con el botón derecho del Mouse en el nombre de la columna apareciendo el cuadro de diálogo en el que seleccionamos la opción ocultar.



Figura 37. Pantalla de Excel 4

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	DATOS INGRESADOS:								
2									
3	VOLTAJE (kV)	34.50							
4	NUMERO DE FASES	3							
5	CALIBRE DEL CONDUCTOR	3/0	X	Y1					
6	CODIGO DEL CONDUCTOR	PIGEON	-500	95					
7	TENSION DE RUPTURA DEL CONDUCTOR (kg)	3.030.00	-450	77					
8	PESO DEL CONDUCTOR EN kg/km	342.90	-400	60					
9	LONGITUD DEL POSTE (m)	12.00	-350	45					
10	ALTURA DE CONDUCTOR EN LA ESTRUCTURA (m)	8.18	-300	32					
11	LIBRANZA MINIMA (m)	6.00	-250	22					
12	VANO (m)	150	-200	13					
13	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA NORMAL	20.00%	-150	6.55	8.73	14.73	36.37	45.09	
14	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA FRIA	25.00%	-100	1.70	3.88	9.88	32.83	42.26	
15	PARAMETRO (N)	30.00	-50	-1.21	0.97	6.97	30.71	40.57	
16	PARAMETRO (M)	40.00	0	-2.18	0.00	6.00	30.00	40.00	
17				50	-1.21	0.97	6.97	30.71	40.57
18	DATOS CALCULADOS								
19	FLECHA (m) "S"	2.18	150	6.55	8.73	14.73	36.37	45.09	
20	PESO DEL CONDUCTOR EN kg/m "W"	0.34	200	13.35	15.53	21.53	41.33	49.06	
21	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA CALIENTE kg	442.39	250	22.12	24.30	30.30	47.71	54.16	
22	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA CALIENTE	14.60%	300	32.86	35.04	41.04	55.52	60.40	
23	VANO REGLA "V"	149.99	350	45.59	47.77	53.77	64.77	67.78	
24	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA CALIENTE (50°C) "H"	442.39	400	60.33	62.51	68.51	75.46	76.31	
25	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA NORMAL (28°C) "H"	606.00	450	77.10	79.28	85.28	87.60	85.99	
26	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA FRIA (0°C) "H"	757.50	500	95.93	98.11	104.11	101.20	96.83	
27									
28									
29									

Con esta acción el cuadro con la información queda como se muestra en el gráfico siguiente, listo para repetir los pasos 1 a 5 para la curva Y1, curva Y1+L, curva Y2+N y curva Y3+M, completando de esta manera los 5 archivos para nuestras curvas de la plantilla de localización de estructuras.

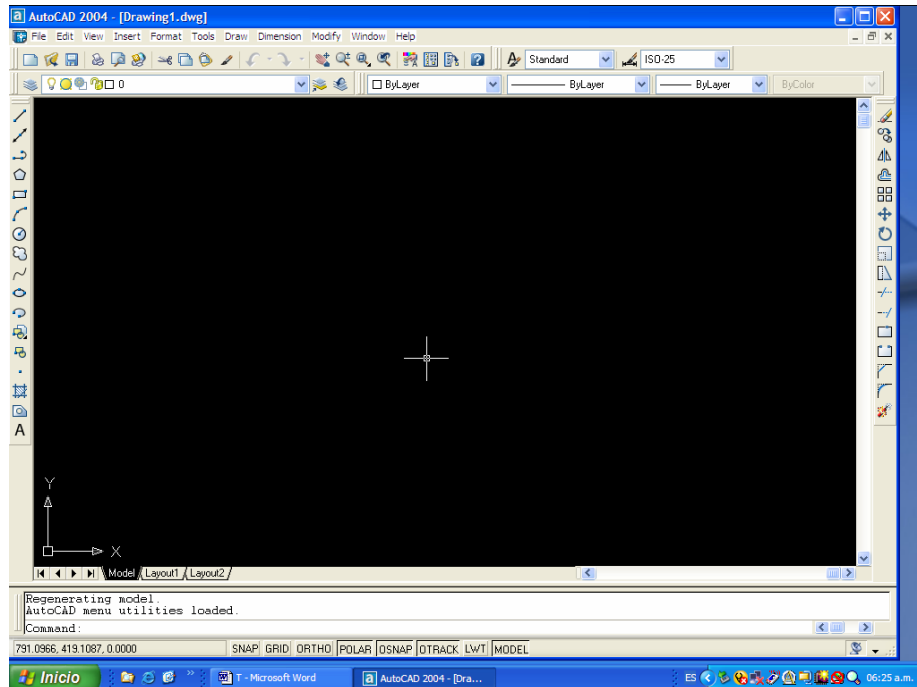
**Figura 38. Pantalla de Excel 5**

DATOS INGRESADOS:		DATOS PARA CURVAS					
3	VOLTAJE (kV)	34.50	50 °C.			28 °C	0 °C.
4	NUMERO DE FASES	3					
5	CALIBRE DEL CONDUCTOR	3/0	X	Y1	Y1 + L	Y2 + N	Y3 + M
6	CODIGO DEL CONDUCTOR	PIGEON	-500	98.11	104.11	101.20	96.83
7	TENSION DE RUPTURA DEL CONDUCTOR (kg)	3.030.00	-450	79.28	85.28	87.60	85.99
8	PESO DEL CONDUCTOR EN kg/km	342.90	-400	62.51	68.51	75.46	76.31
9	LONGITUD DEL POSTE (m)	12.00	-350	47.77	53.77	64.77	67.78
10	ALTURA DE CONDUCTOR EN LA ESTRUCTURA (m)	8.18	-300	35.04	41.04	55.52	60.40
11	LIBRANZA MINIMA (m)	6.00	-250	24.30	30.30	47.71	54.16
12	VANO (m)	150	-200	15.53	21.53	41.33	49.06
13	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA NORMAL	20.00%	-150	8.73	14.73	36.37	45.09
14	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA FRIA	25.00%	-100	3.88	9.88	32.83	42.26
15	PARAMETRO (N)	30.00	-50	0.97	6.97	30.71	40.57
16	PARAMETRO (M)	40.00	0	0.00	6.00	30.00	40.00
17	DATOS CALCULADOS		50	0.97	6.97	30.71	40.57
18			100	3.88	9.88	32.83	42.26
19	FLECHA (m) *S*	2.18	150	8.73	14.73	36.37	45.09
20	PESO DEL CONDUCTOR EN kg/m *W*	0.34	200	15.53	21.53	41.33	49.06
21	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA CALIENTE kg	442.39	250	24.30	30.30	47.71	54.16
22	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA CALIENTE	14.60%	300	35.04	41.04	55.52	60.40
23	VANO REGLA *V*	149.98	350	47.77	53.77	64.77	67.78
24	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA CALIENTE (50°C) *H*	442.39	400	62.51	68.51	75.46	76.31
25	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA NORMAL (28°C) *H*	606.00	450	79.28	85.28	87.60	85.99
26	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA FRIA (0°C) *H*	757.50	500	98.11	104.11	101.20	96.83

### 5.4.6 Paso 6

Cuando ya hemos terminado el proceso para las cinco curvas, abrimos el programa Autocad.

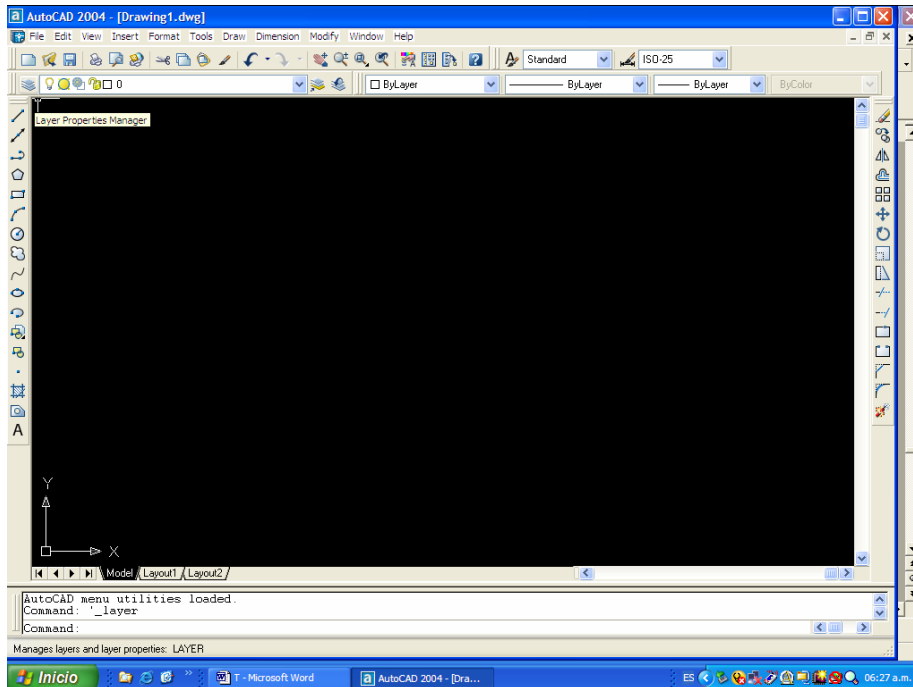
**Figura 39. Pantalla de Autocad 1**



#### **5.4.7 Paso 7**

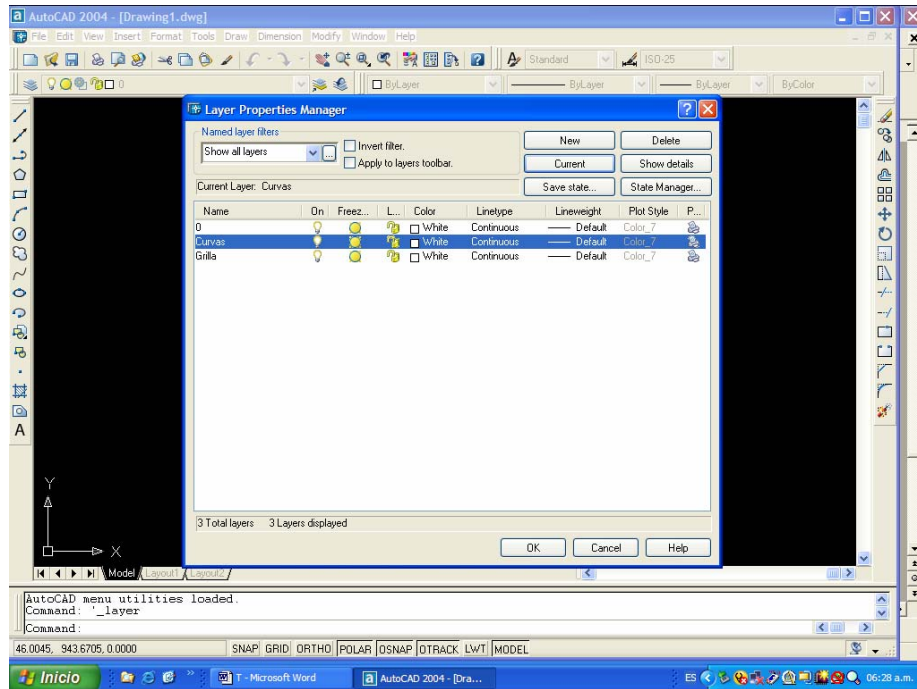
Ya en el programa de Autocad, seleccionamos el cuadro de dialogo de "Layer Properties Manager" ubicado en la parte superior izquierda en la pantalla, que sirve para crear capas, como se ve en la gráfica siguiente:

**Figura 40. Pantalla de Autocad 2**



En el cuadro de diálogo seleccionamos la opción “New” para crear una capa llamada Curvas y otra llamada Grilla. Cuando ya tenemos creadas las capas seleccionamos Curvas como la capa actual o “Current” luego le damos “OK” para cerrar el cuadro de diálogo. Esto se puede ver en el gráfico siguiente.

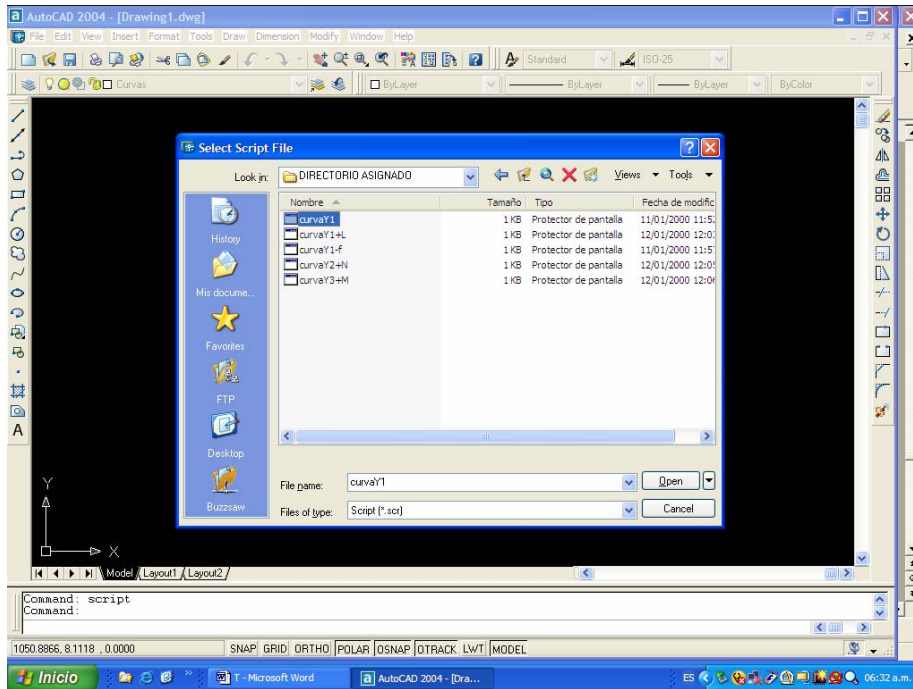
Figura 41. Pantalla de Autocad 3



#### 5.4.8 Paso 8

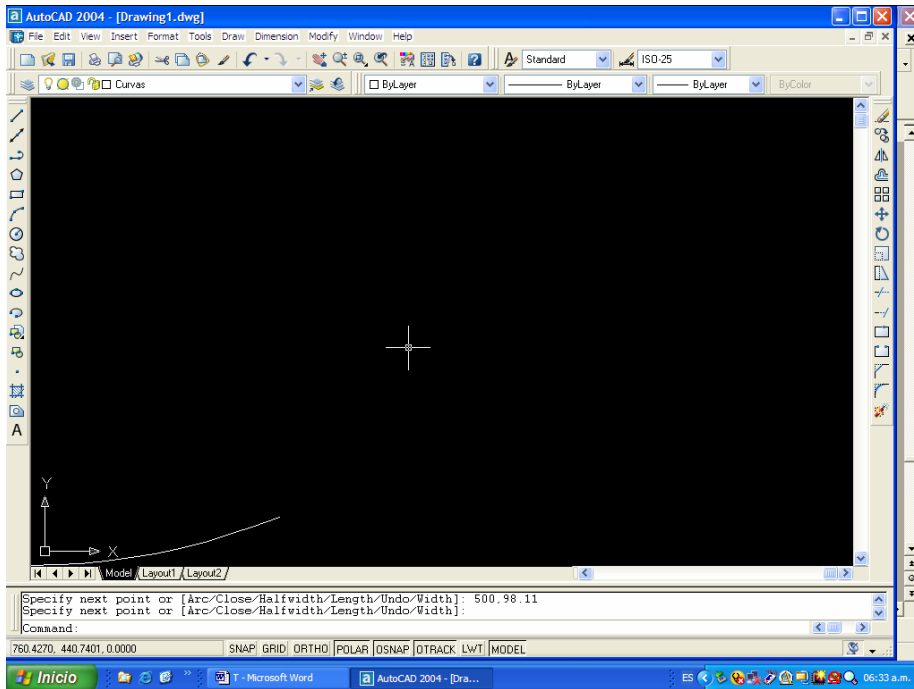
Una vez terminado procedemos a dibujar las curvas escribiendo el comando "Script" en la línea de comandos seguido de un enter, el cual abre un cuadro de diálogo en donde se debe seleccionar el nombre del archivo con extensión ".scr" el cual queremos abrir y seleccionamos la opción "Open".

Figura 42. Pantalla de Autocad 4



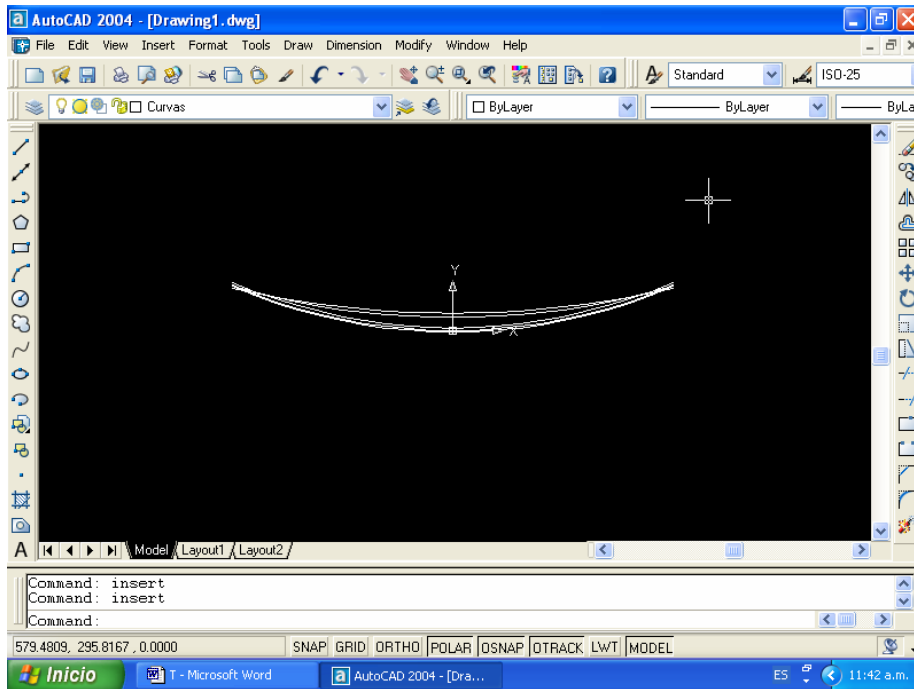
Al realizar este procedimiento como resultado tendremos la pantalla siguiente.

**Figura 43. Pantalla de Autocad 5**



Este procedimiento se repite para cada una de las curvas teniendo como resultado la pantalla siguiente, desplazada con el comando "Pan Realtime", simbolizado por una mano, hacia el centro del dibujo.

**Figura 44. Pantalla de Autocad 6**

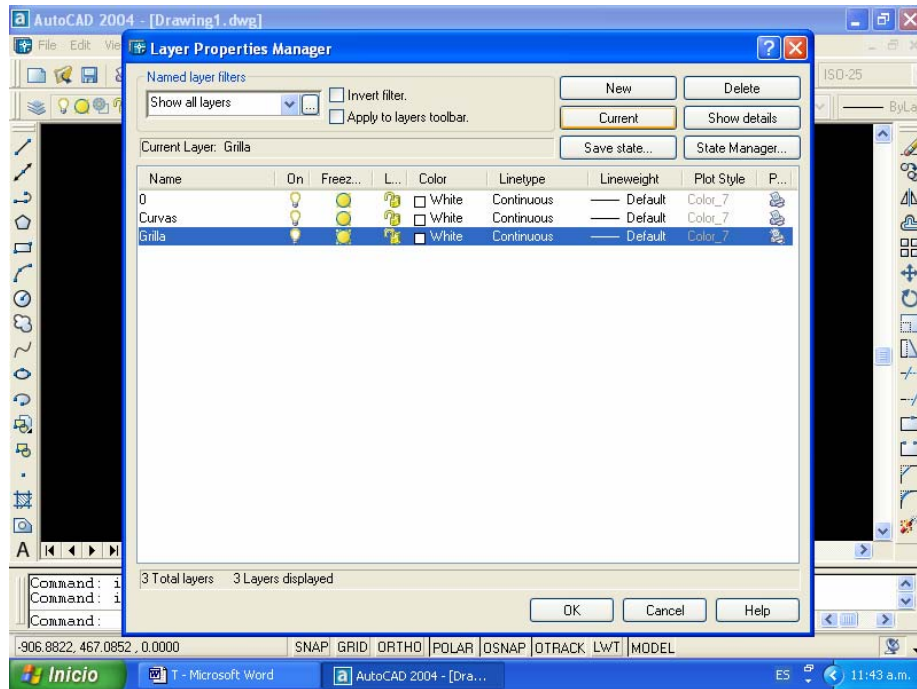


#### **5.4.9 Paso 9**

Como podemos ver ya tenemos las 5 curvas y ahora solo queda el proceso de ponerle la grilla. Para hacer esto procedemos en primer lugar a cambiar de capa actual, en el menú de "Layer Properties Manager" seleccionamos la capa de Grilla como actual con la opción "Current" y de damos "OK".



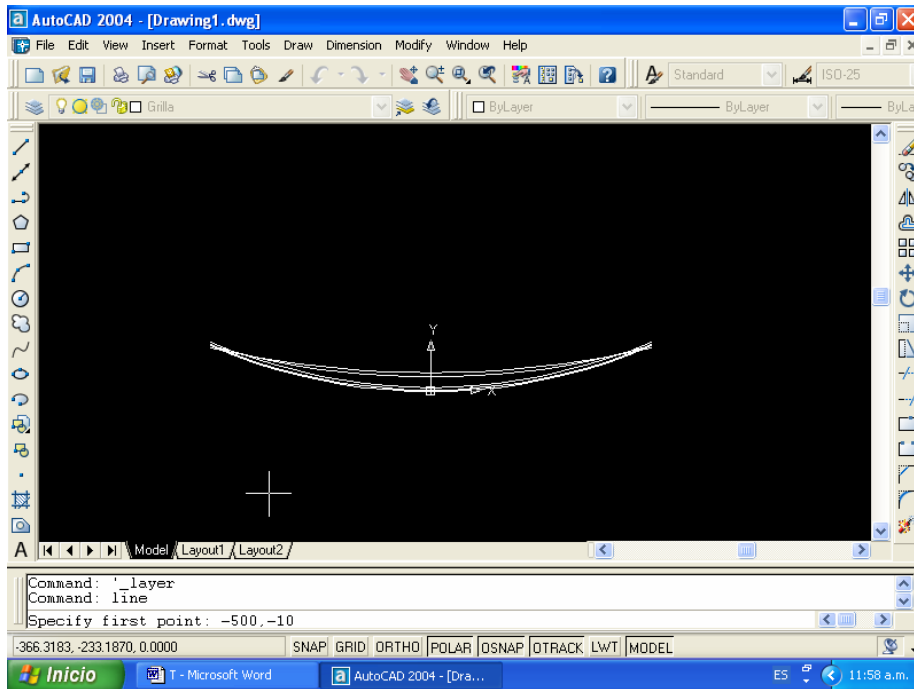
**Figura 45. Pantalla de Autocad 7**



#### **5.4.10 Paso 10**

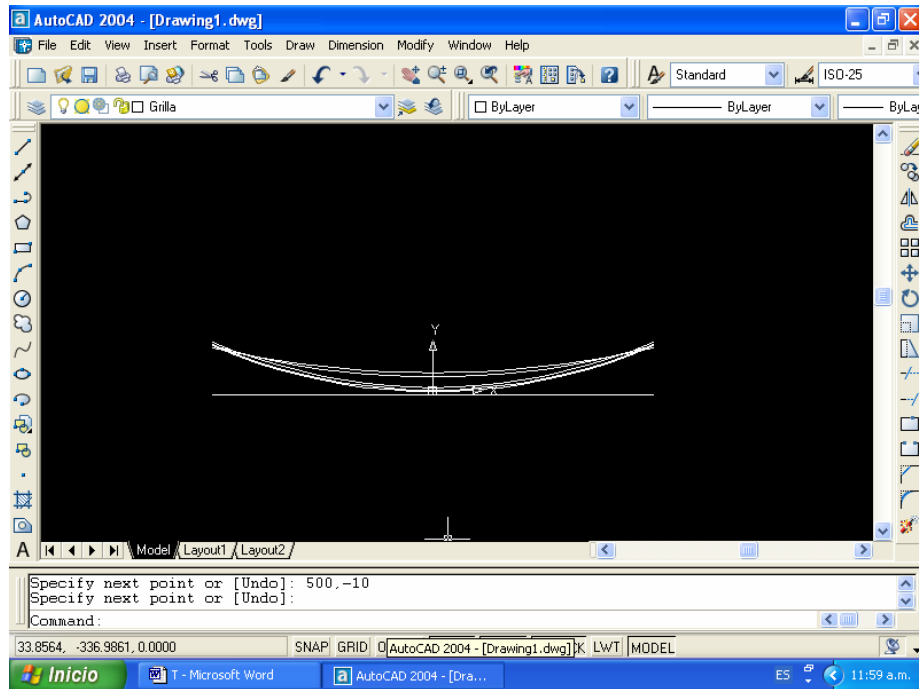
Ahora procedemos a dibujar una línea horizontal que va desde el punto -500,-10 hasta el punto 500,10. En la línea de comandos escribimos "line" seguido de un enter. Luego ingresamos el primer punto en donde indica "Specify first point" en el cual nosotros ponemos -500,-10.

Figura 46. Pantalla de Autocad 8



Luego introducimos el segundo punto en donde indica “Specify next point or [Undo]:” como 500,-10 seguido de 2 enter quedando el dibujo como sigue.

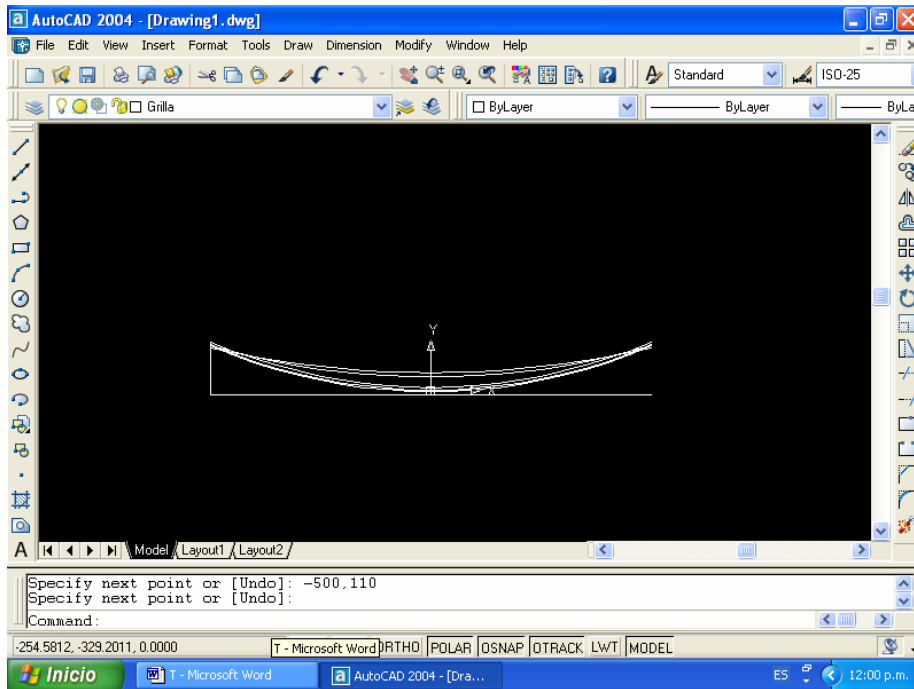
**Figura 47. Pantalla de Autocad 9**



#### **5.4.11 Paso 11**

De la forma antes descrita para la línea horizontal, procedemos para trazar la línea vertical del punto -500,-10 hasta -500,110 quedando como sigue.

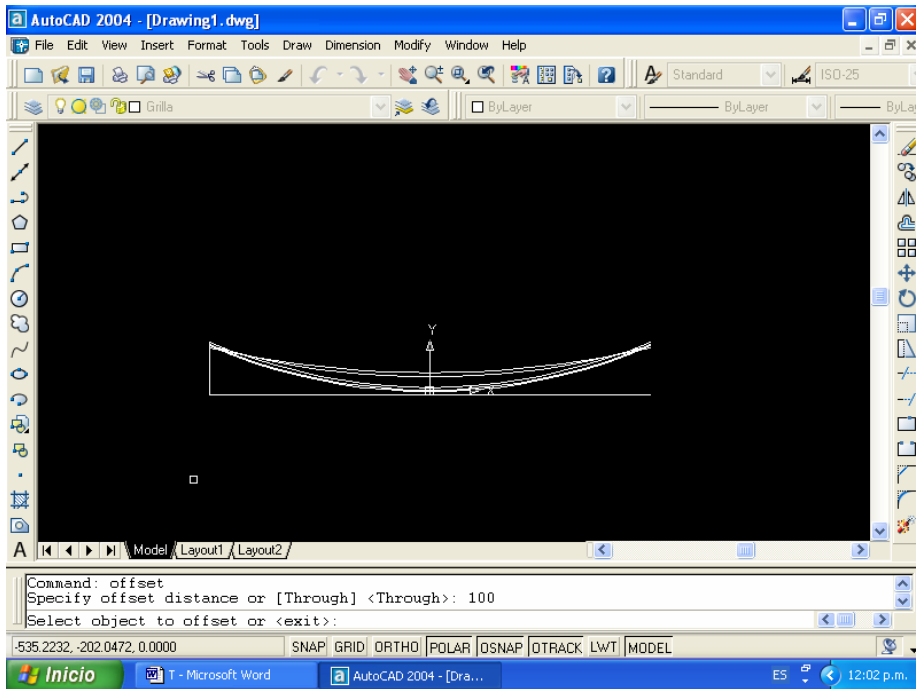
**Figura 48. Pantalla de Autocad 10**



#### **5.4.12 Paso 12**

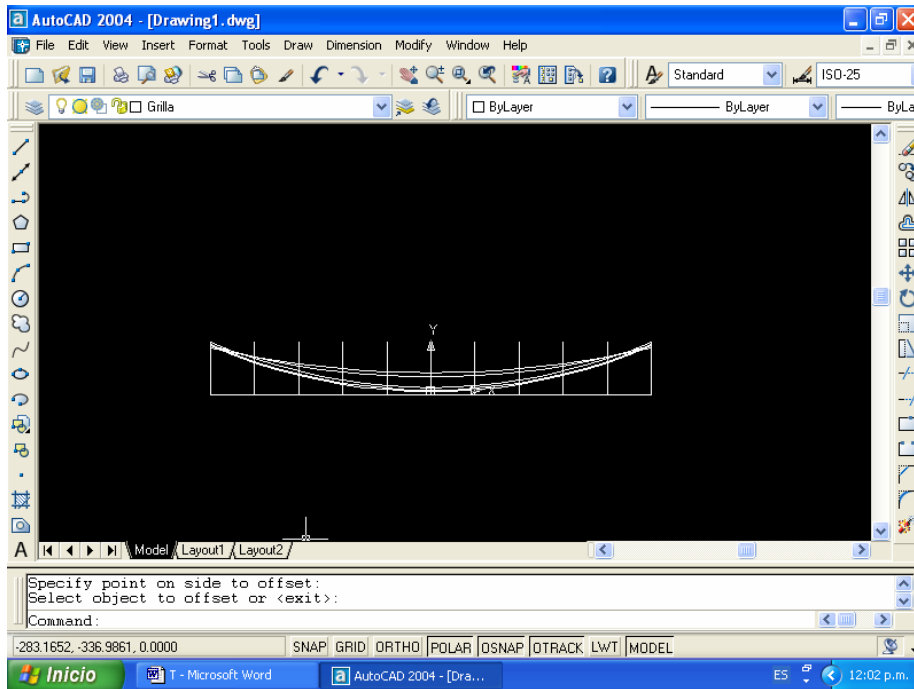
Para crear la grilla escribimos en la línea de comando "offset" que es para repetir el dibujo seleccionado a una distancia indicada. Para la línea vertical, la distancia hacia la derecha que se copiará será de 100.

Figura 49. Pantalla de Autocad 11



Seleccionamos la línea vertical y luego hacemos un clic con el Mouse al lado derecho de la misma, luego seleccionamos la línea recién copiada y repetimos el procedimiento, así hasta haber copiado una línea en el final de la línea horizontal quedando de la siguiente manera:

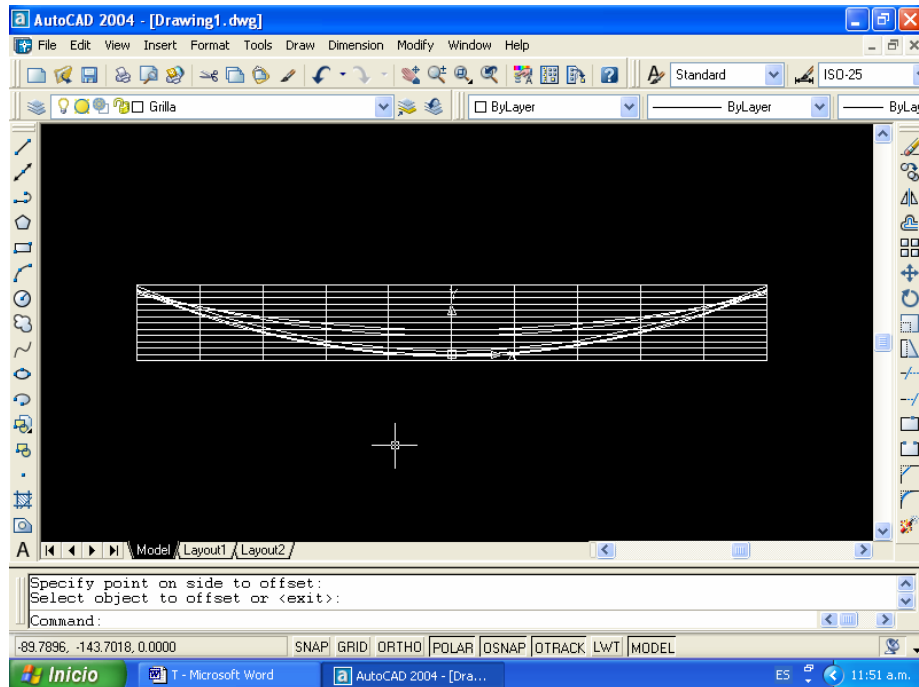
**Figura 50. Pantalla de Autocad 12**



### 5.4.13 Paso 13

De la misma forma que para la línea vertical procedemos con la línea horizontal, sólo que la separación hacia arriba, para el comando "offset", será de 10 quedando como se muestra.

**Figura 51. Pantalla de Autocad 13**



#### **5.4.14 Paso 14**

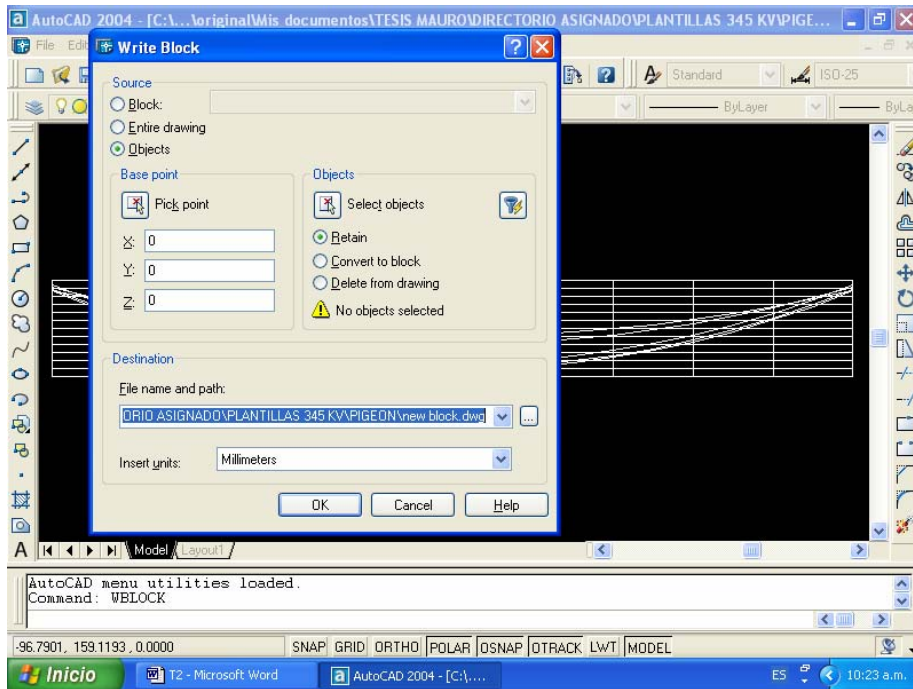
Con esto hemos terminado el procedimiento para dibujar a escala natural la plantilla de curvas, procedemos a guardar el archivo con el nombre en este caso de "CURVAS345\_PIGEON\_3F".

#### **5.4.15 Paso 15**

En seguida vamos a crear un bloque llamado PL345\_PIGEON\_3F, con el cual podemos desde cualquier dibujo de una planta y perfil, llamarlo y pegarlo a la escala en que se desea hacer la impresión del dibujo con la localización de las estructuras en el perfil o bien solamente imprimir la plantilla a la escala deseada.

En la línea de comandos escribimos "wblock", con lo que se abrirá el cuadro de diálogo como se muestra.

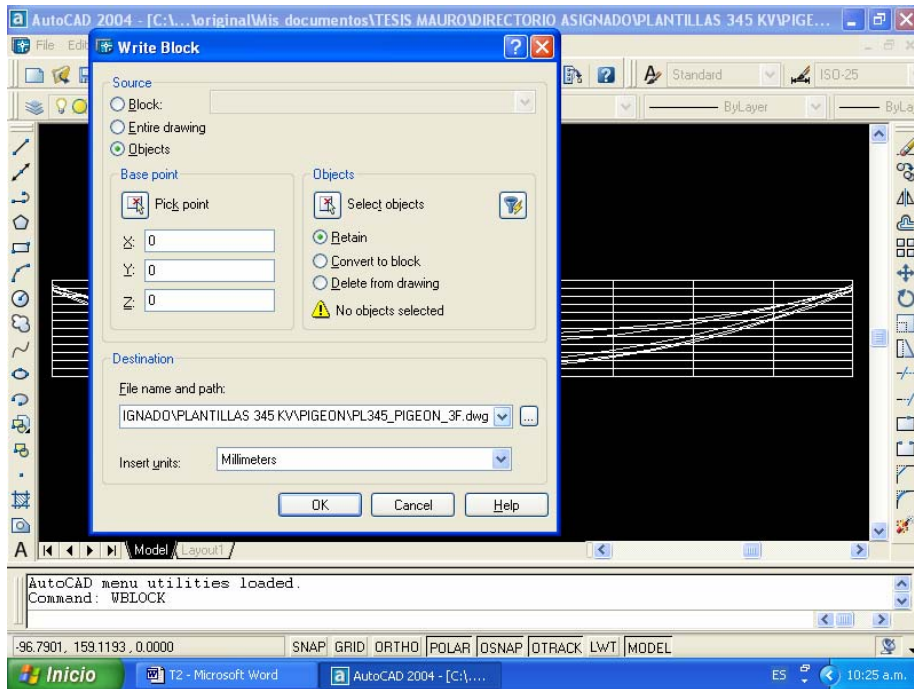
Figura 52. Pantalla de Autocad 14



Lo primero que se pone es el "File name and path", en este caso se encuentra en el DIRECTORIO ASIGNADO y el nombre del bloque es PL345\_PIGEON\_3F.

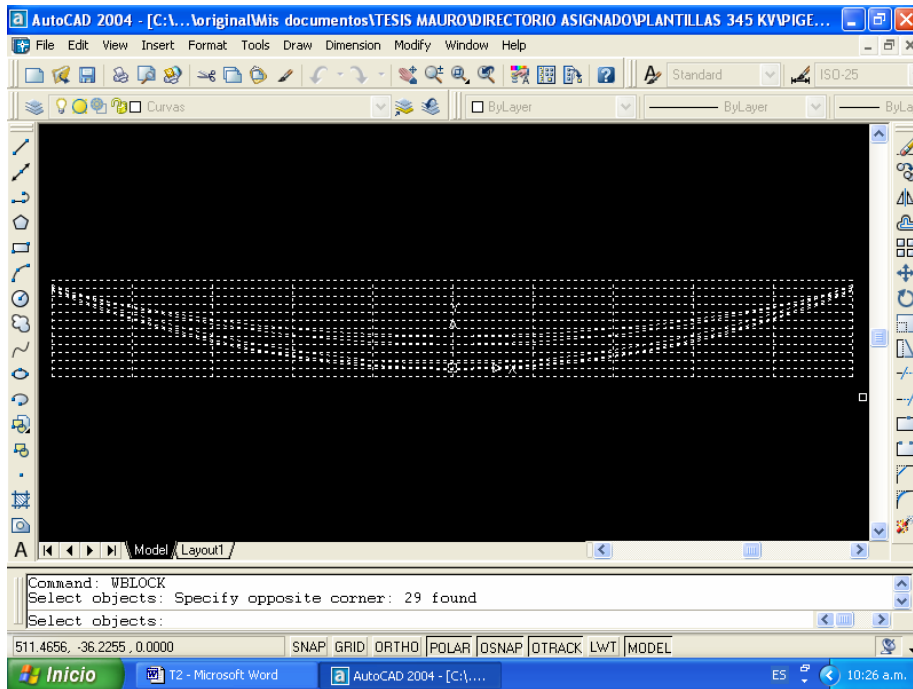


Figura 53. Pantalla de Autocad 15



Para la inserción del bloque dejamos el “Base point” como se muestra es decir X: 0, Y: 0 y Z: 0. En seguida marcamos los objetos que queremos en el bloque.

**Figura 54. Pantalla de Autocad 16**

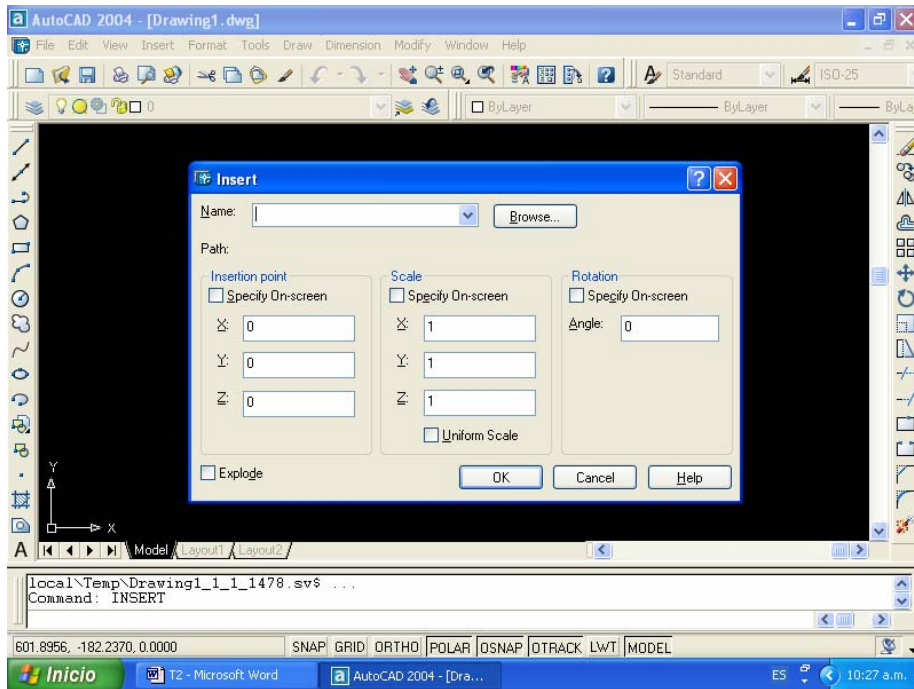


Le marcamos un enter y cuando volvemos al cuadro de dialogo de "Write block" le damos un clic en "OK". Con esto tenemos grabado el bloque.

#### **5.4.16 Paso 16**

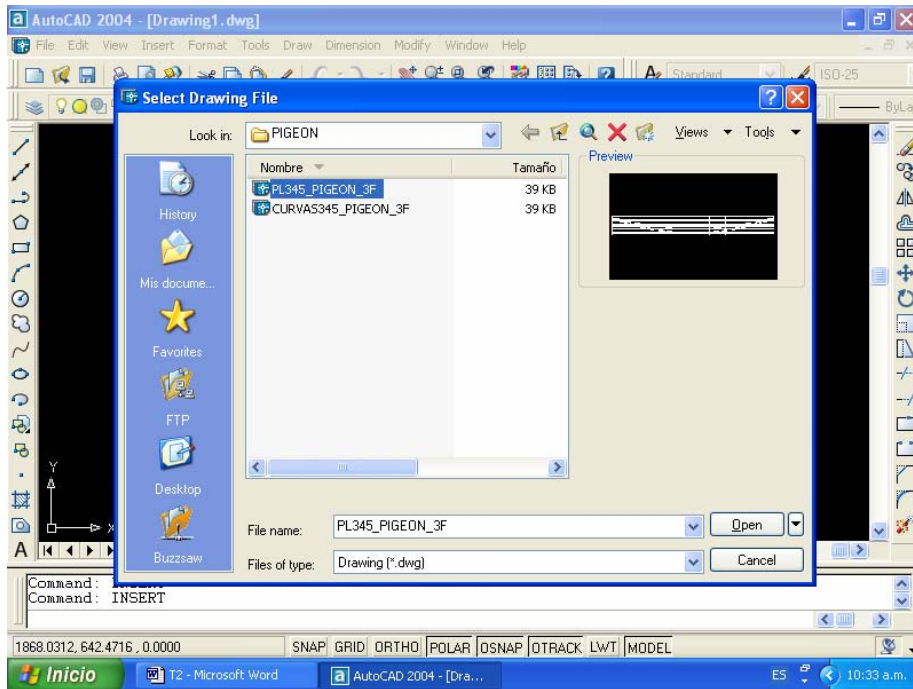
Abriendo un archivo nuevo en Autocad, llamamos al bloque plantilla3453f con el comando "insert". El cuadro de diálogo de este comando pregunta a qué escala queremos insertar el bloque en mención, para lo cual procedemos de la siguiente manera para insertar la plantilla.

Figura 55. Pantalla de Autocad 17



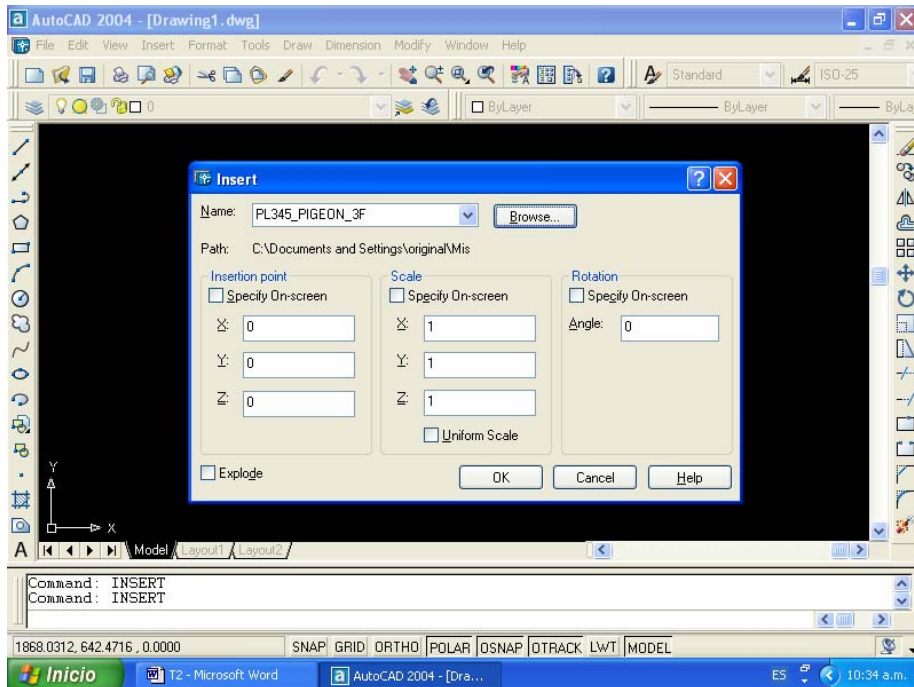
En este cuadro seleccionamos "Browse" para buscar la ubicación y el nombre del bloque a insertar, para nuestro ejemplo tenemos:

Figura 56. Pantalla de Autocad 18



Al darle un clic con el Mouse en “Open” selecciona el bloque marcado.

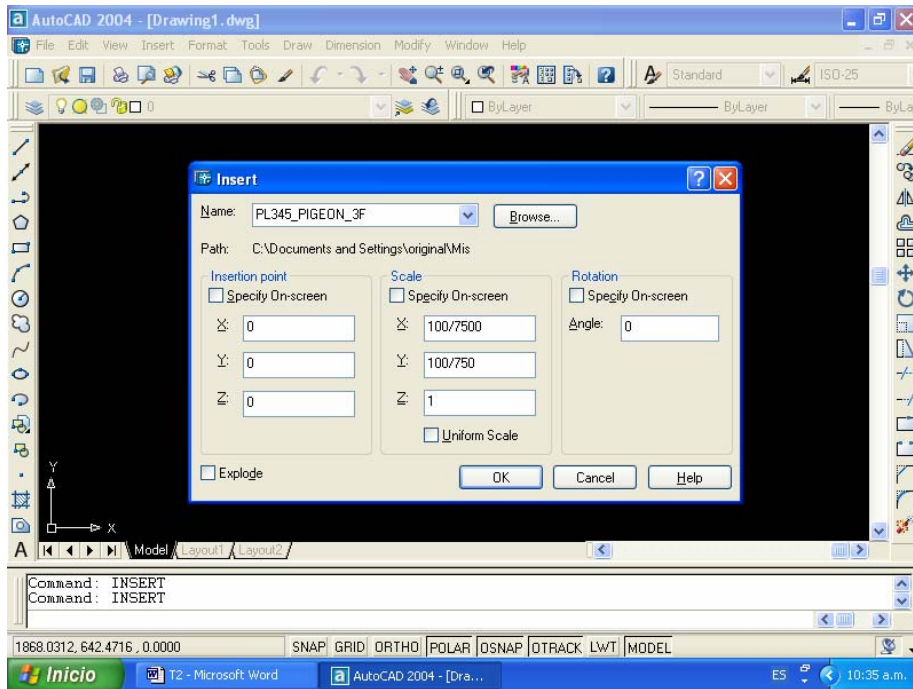
Figura 57. Pantalla de Autocad 19



Los factores de escala para X, Y y Z se calculan como a continuación se describe. Para el ejemplo que vamos a realizar imprimiremos la plantilla a las escalas 1:7500 para el eje X y 1:750 para el eje Y.

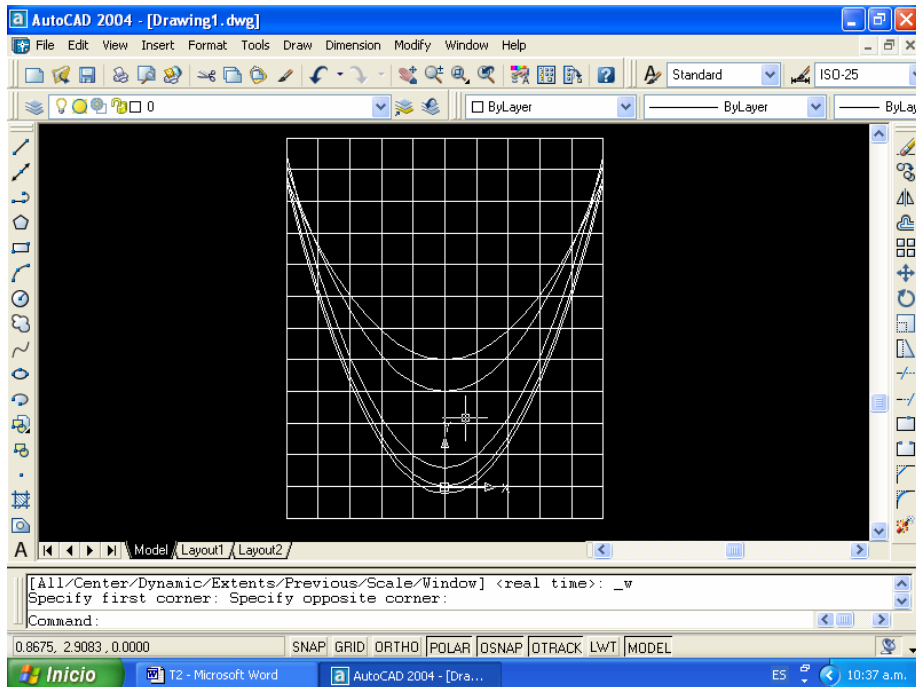
El factor de escala para cada eje se calcula tomando como base, que el dibujo está a escala natural, es decir 1:100. Entonces para el factor de escala del eje X tomamos el valor del resultado de dividir 100 entre 5000 y lo colocamos en donde corresponde. De igual manera para el eje Y tomamos el valor del resultado de dividir 100 entre 500 y lo colocamos donde corresponde. Para el eje Z lo dejamos en 1.

Figura 58. Pantalla de Autocad 20



Dándole un clic con el Mouse en “OK” tenemos el bloque plantilla3453f insertada en el punto de origen del nuevo dibujo a las escalas indicadas, como el dibujo se encuentra a escala natural no es posible apreciar la plantilla insertada por lo que debemos con el comando “zoom window” repetido 2 veces, hacerla mas grande para poder verla.

**Figura 59. Pantalla de Autocad 21**

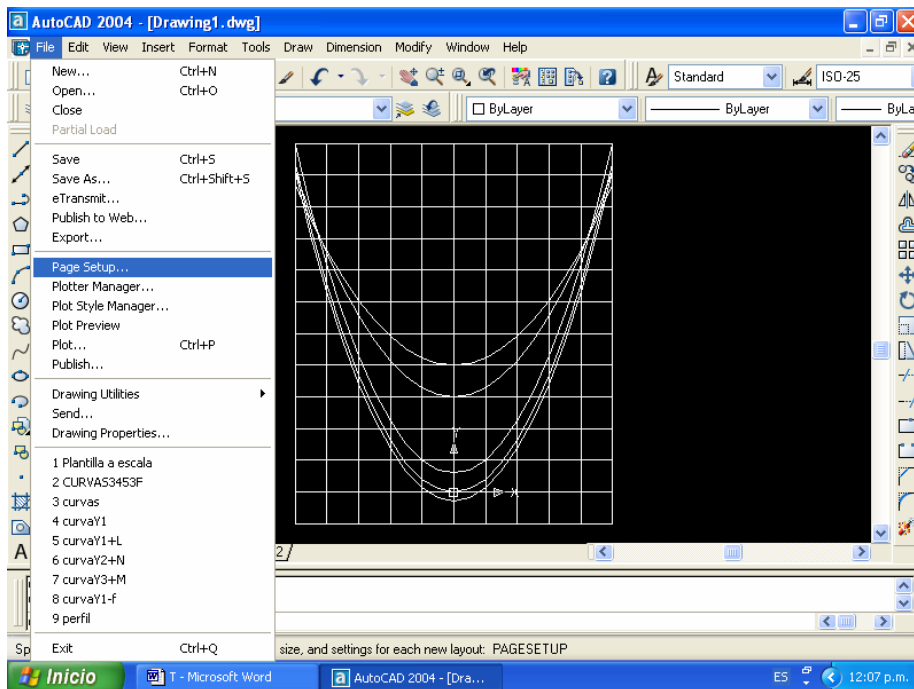


Con este paso tenemos la plantilla de curvas de localización de estructuras para líneas de sub-transmisión de 34.5 kV, lista para ser impresa en un formato u hoja de tamaño apropiado.

#### **5.4.17 Paso 17**

Para imprimir la plantilla en una hoja tamaño carta en el programa Autocad marcamos con un clic del Mouse la opción "File" del menú. En este cuadro de dialogo seleccionamos la opción "Page setup", como se muestra a continuación.

**Figura 60 Pantalla de Autocad 22**



Esto nos despliega un cuadro de diálogo en donde introducimos la siguiente información.

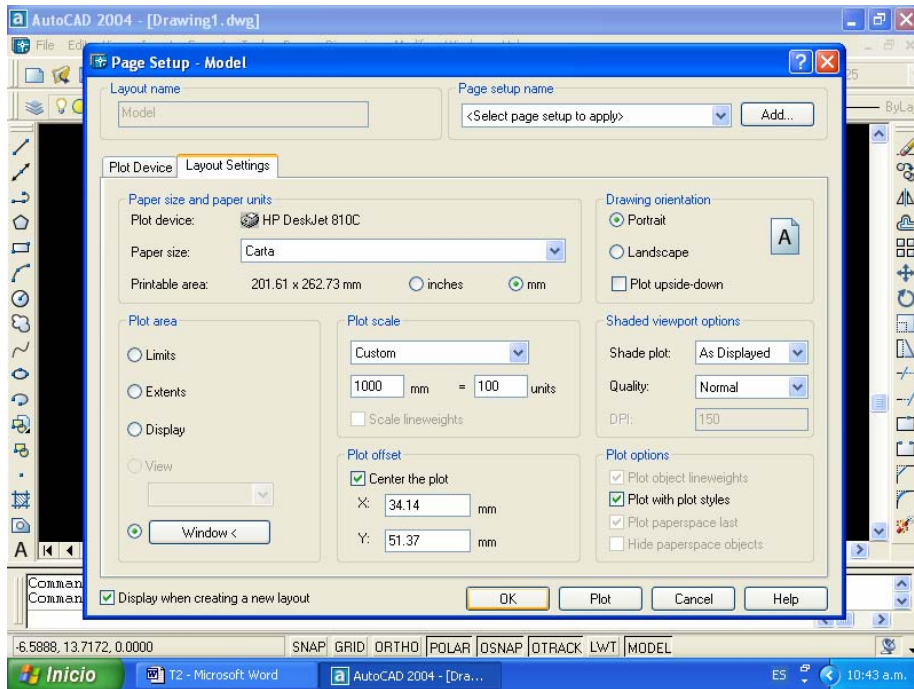
#### **5.4.18 Paso 18**

En el folder de "Plot Device" en el cuadro de "Name", seleccionamos el nombre de la impresora o ploter a utilizar. En el cuadro de "Plot style table Name" seleccionamos acad.ctb, luego volvemos al folder de "Layout Settings".

En este folder colocamos los siguientes datos: "Paper size:" como Carta, "Printable area:" seleccionamos milímetros, "Darwin orientation" como Potrait, "Plot scale" colocamos 1000mm = 100 units, "Plot offset" seleccionamos Center the plot y por último seleccionamos la ventana a imprimir. Esto se puede ver en el siguiente gráfico.

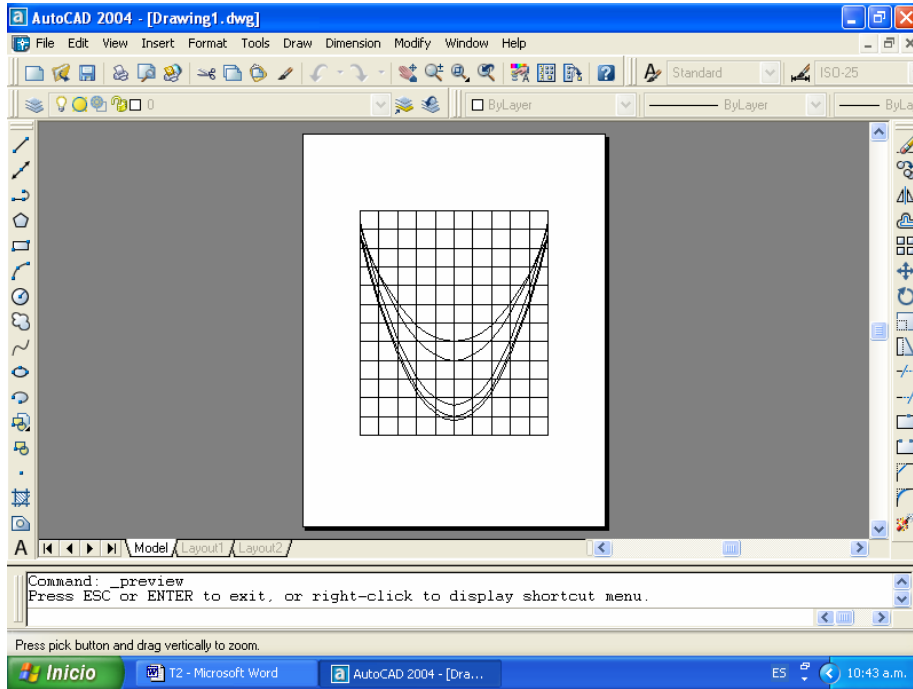


Figura 61. Pantalla de Autocad 23



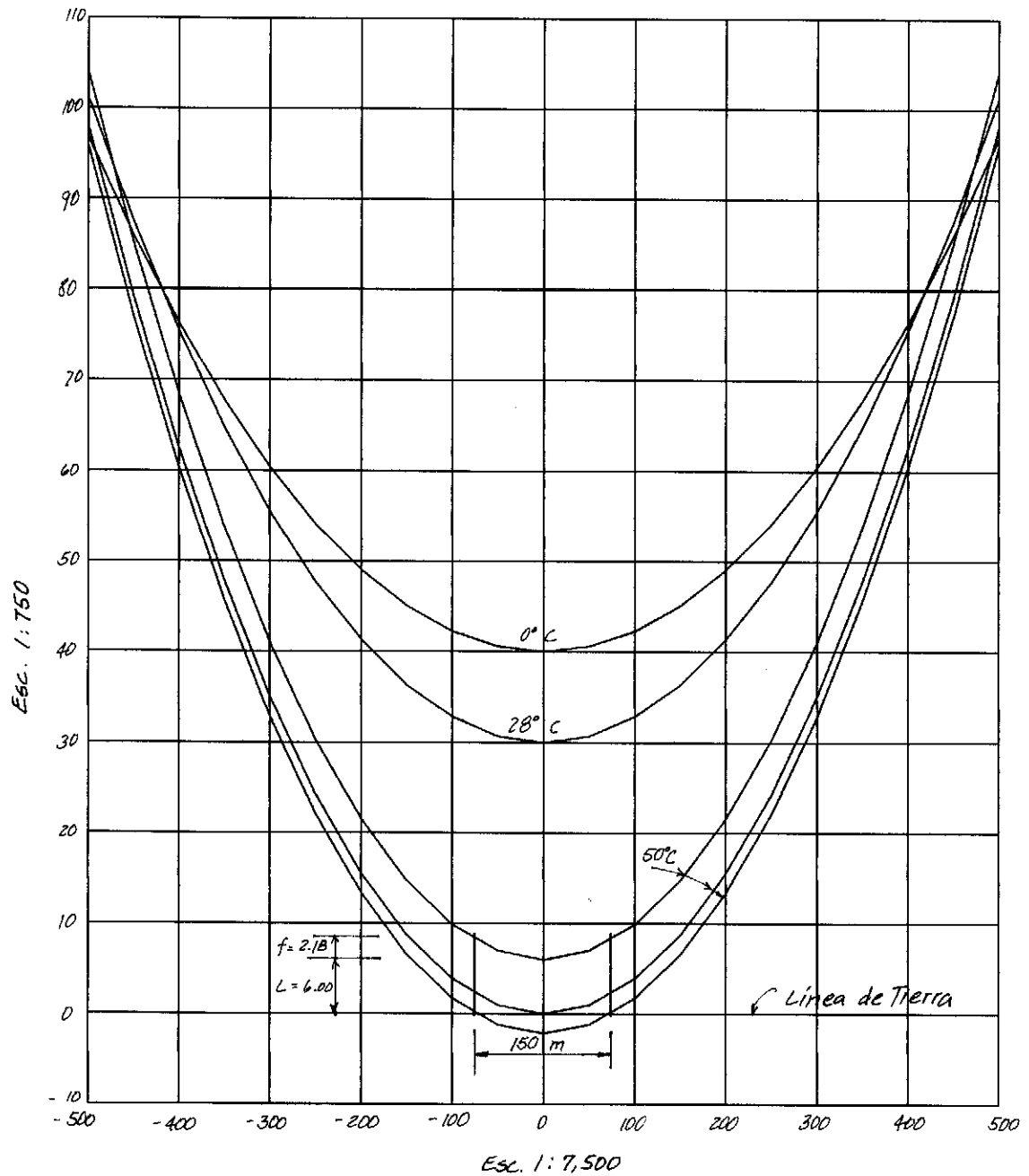
Una vista preliminar de cómo queda impreso en la hoja, se ve a continuación.

Figura 62. Pantalla de Autocad 24



A continuación una impresión de cómo queda la plantilla.

Figura 63. Plantilla de curvas de localización 34.5 kV Pigeon



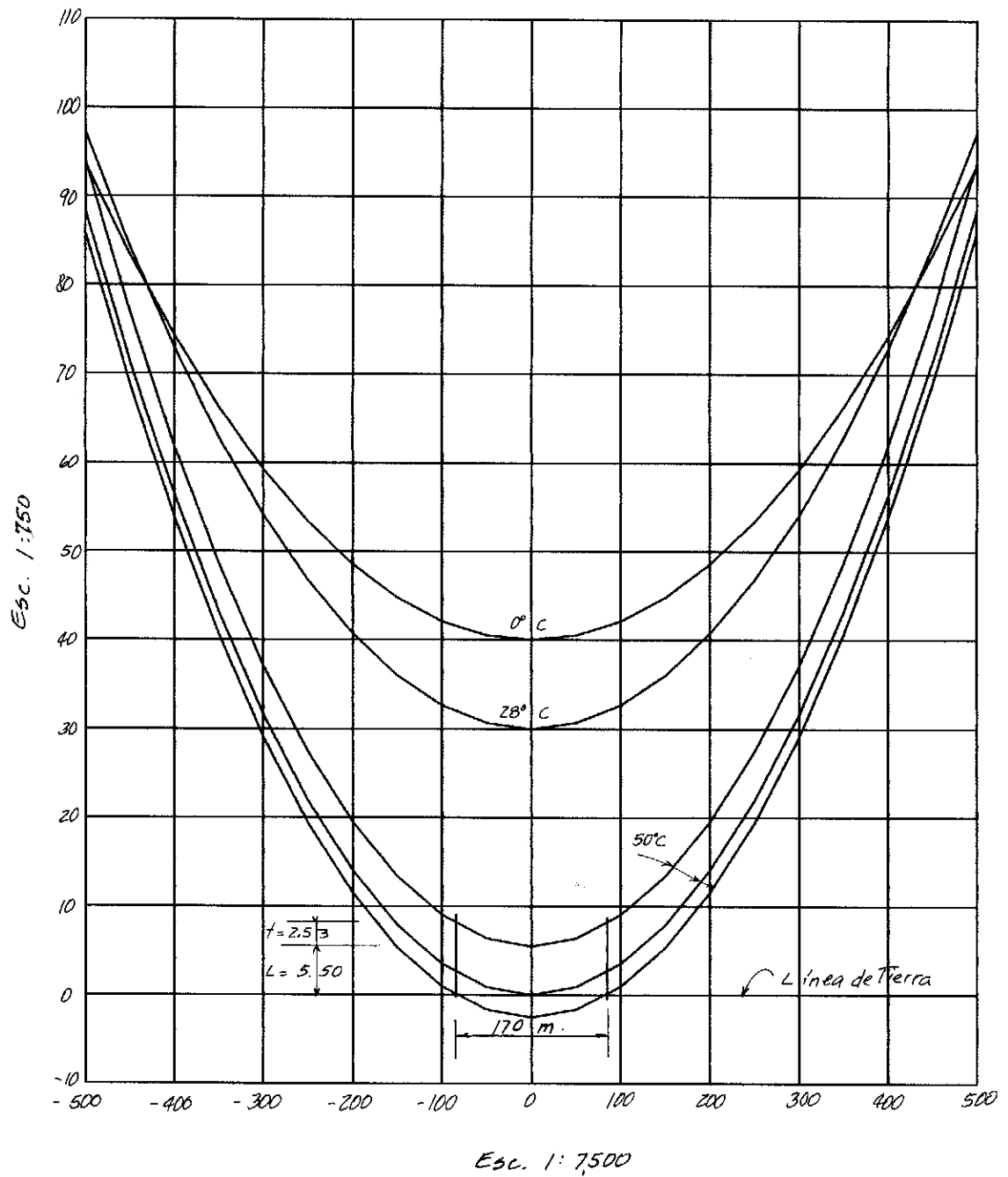
A continuación otro ejemplo de plantilla de localización para líneas eléctricas de 13.8 kV, con conductor 266.8 MCM AWG, PARTRIDGE. Se presenta la vista de la hoja electrónica con los

datos correspondientes y la impresión de la plantilla a escala horizontal 1:7500 y vertical 1:750.

**Figura 64. Pantalla de Excel 6**

HOJA ELECTRONICA DE CALCULOS PARA ELABORAR PLANTILLA DE CURVAS DE LOCALIZACION							
DATOS INGRESADOS:				DATOS PARA CURVAS			
3	VOLTAJE (kV)	13.8		50 C.		28 C.	
4	NUMERO DE FASES	3		50 C.		28 C.	
5	CALIBRE DEL CONDUCTOR	266.80	X	Y1+I	Y1	Y1+L	Y2+N
6	CODIGO DEL CONDUCTOR	PARTRIDGE	-500	85.91	88.44	93.94	97.24
7	TENSION DE RUP.TURA DEL CONDUCTOR (kg)	5,100.00	-450	68.97	71.50	77.00	84.40
8	PESO DEL CONDUCTOR EN kg/km	545.40	-400	53.87	56.40	61.90	72.94
9	LONGITUD DEL POSTE (m)	10.60	-350	40.58	43.11	48.61	62.85
10	ALTURA DE CONDUCTOR EN LA ESTRUCTURA (m)	8.03	-300	29.10	31.63	37.13	54.11
11	LIBRANZA MINIMA (m)	5.50	-250	19.41	21.94	27.44	46.73
12	YANO (m)	170	-200	11.50	14.03	19.53	40.70
13	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA NORMAL	20.00%	-150	5.36	7.89	13.39	36.02
14	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA FRIA	25.00%	-100	0.97	3.50	9.00	32.67
15	PARAMETRO (N)	30.00	-50	-1.65	0.88	6.38	30.67
16	PARAMETRO (M)	40.00	0	-2.53	0.00	5.50	30.00
17				50	-1.65	0.88	6.38
18	DATOS CALCULADOS			100	0.97	3.50	9.00
19	FLECHA (m) "S"	2.53	150	5.36	7.89	13.39	36.02
20	PESO DEL CONDUCTOR EN kg/m "W"	0.55	200	11.50	14.03	19.53	40.70
21	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA CALIENTE kg	778.76	250	19.41	21.94	27.44	46.73
22	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA CALIENTE	15.27%	300	29.10	31.63	37.13	54.11
23	YANO REGLA "W"	163.97	350	40.58	43.11	48.61	62.85
24	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA CALIENTE (50 C) "H"	778.76	400	53.87	56.40	61.90	72.94
25	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA NORMAL (28 C) "H"	1,020.00	450	68.97	71.50	77.00	84.40
26	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA FRIA (0 C) "H"	1,275.00	500	85.91	88.44	93.94	97.24

Figura 65. Plantilla de curvas de localización 13.8 kV Partridge

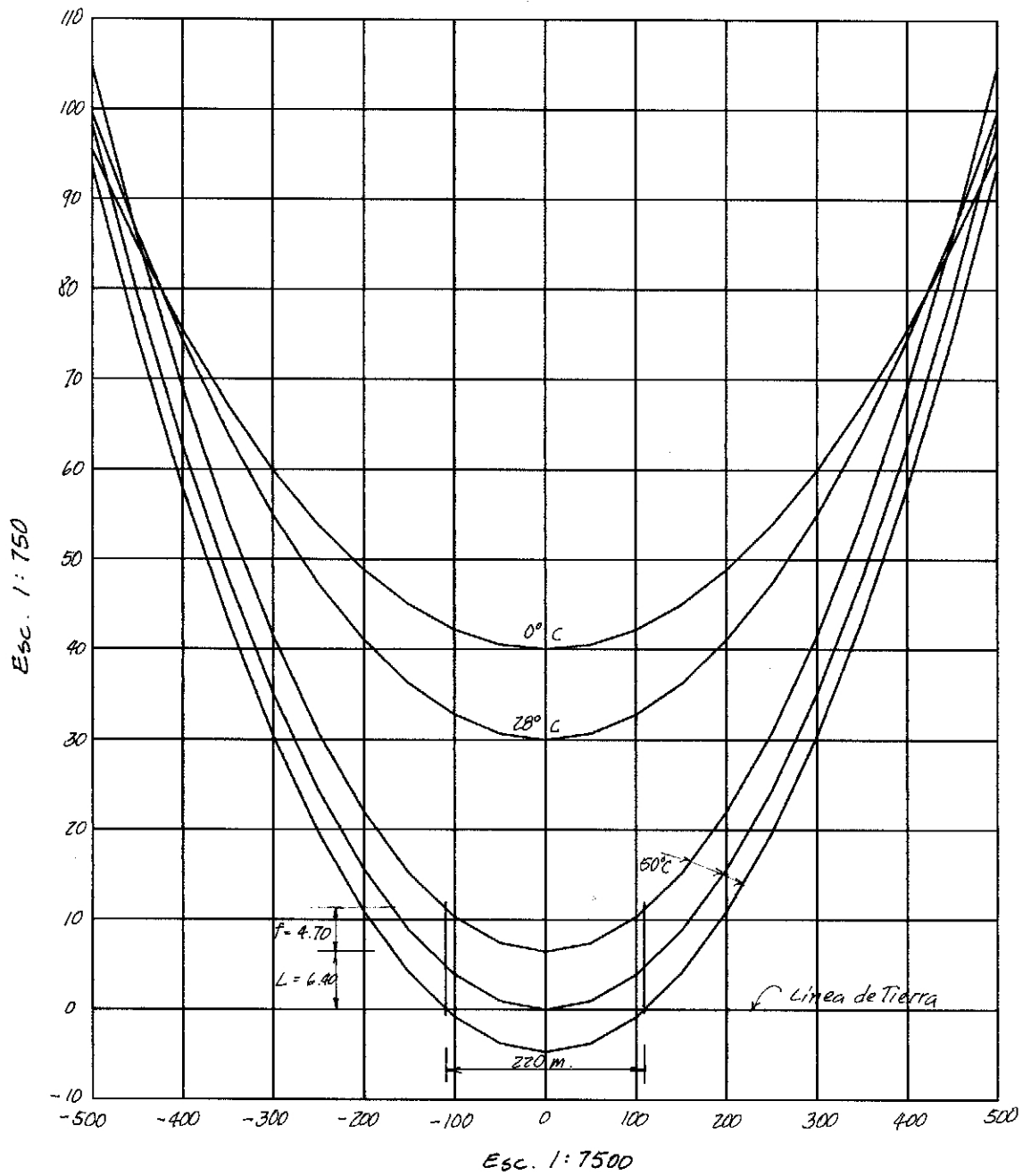


A continuación otro ejemplo de plantilla de localización para líneas eléctricas de 69 kV, con conductor 477 MCM AWG, HAWK. Se presenta la vista de la hoja electrónica con los datos correspondientes y la impresión de la plantilla a escala horizontal 1:7500 y vertical 1:750.

**Figura 66. Pantalla de Excel 7**

HOJA ELECTRONICA DE CALCULOS PARA ELABORAR PLANTILLA DE CURVAS DE LOCALIZACION								
DATOS INGRESADOS:			DATOS PARA CURVAS					
			50 C.			28 C.	0 C.	
1	HOJA ELECTRONICA DE CALCULOS PARA ELABORAR PLANTILLA DE CURVAS DE LOCALIZACION							
2	DATOS INGRESADOS:							
3	VOLTAJE (kV)	69						
4	NUMERO DE FASES	3						
5	CALIBRE DEL CONDUCTOR	477.00	X	Y1-F	Y1	Y1+L	Y2+N	Y3+M
6	CODIGO DEL CONDUCTOR	PARTRIDGE	-500	33.63	38.33	104.73	39.52	95.49
7	TENSION DE RUPTURA DEL CONDUCTOR (kg)	8,820.00	-450	74.76	79.46	85.86	86.25	84.91
8	PESO DEL CONDUCTOR EN kg/m	974.90	-400	57.95	62.65	69.05	74.39	75.46
9	LONGITUD DEL POSTE (m)	18.00	-350	43.18	47.88	54.28	63.96	67.13
10	ALTURA DE CONDUCTOR EN LA ESTRUCTURA (m)	11.10	-300	30.42	35.12	41.52	54.93	59.93
11	LIBRANZA MINIMA (m)	6.40	-250	19.65	24.35	30.75	47.30	53.83
12	YANO (m)	220	-200	10.87	15.57	21.97	41.06	48.85
13	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA NORMAL	20.00%	-150	4.05	8.75	15.15	36.22	44.98
14	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA FRIA	25.00%	-100	-0.81	3.89	10.29	32.76	42.21
15	PARAMETRO (N)	30.00	-50	-3.73	0.37	7.37	30.69	40.55
16	PARAMETRO (M)	40.00	0	-4.70	0.00	6.40	30.00	40.00
17			50	-3.73	0.37	7.37	30.69	40.55
18	DATOS CALCULADOS							
19	FLECHA (m)*S	4.70	150	4.05	8.75	15.15	36.22	44.98
20	PESO DEL CONDUCTOR EN kg/m *V	0.97	200	10.87	15.57	21.97	41.06	48.85
21	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA CALIENTE kg	1,254.92	250	19.65	24.35	30.75	47.30	53.83
22	PORCENTAJE DE TENSION PARA CURVA CALIENTE	14.23%	300	30.42	35.12	41.52	54.93	59.93
23	YANO REGLA *V	219.93	350	43.18	47.88	54.28	63.96	67.13
24	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA CALIENTE (50 C) *H	1,254.92	400	57.95	62.65	69.05	74.39	75.46
25	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA NORMAL (28 C) *H	1,764.00	450	74.76	79.46	85.86	86.25	84.91
26	TENSION DE DISEÑO PARA CURVA FRIA (0 C) *H	2,205.00	500	93.63	98.33	104.73	99.52	95.49

Figura 67. Plantilla de curvas de localización 69 kV Hawk



## **OBSERVACIONES**

Se hace la observación que en nuestro país todavía se utilizan métodos topográficos tradicionales, (Teodolito Wild T1 ó T16, etc.) por ser éstos mas económicos, ya que existen sistemas computarizados muy avanzados, como son GIS o GPS o cualquier otra estación total, los cuales son utilizados por programas tan sofisticados como: PLS-CADD; Compact Transmission Line Design de LAPP; Transmission Line Upgrades de BLACK & VEATCH/CHANCE TEAM; Optimal Design of Overhead Transmission and Distribution Lines de INTERGRAPH, etc, con la única desventaja de que son de costo muy elevado.



## CONCLUSIONES

1. La funcionalidad de la plantilla es para líneas eléctricas a partir de 5 kilómetros.
2. El procedimiento descrito puede ser empleado para el diseño en cualquier proyecto de líneas eléctricas.
3. El uso de la computadora permite apoyarse en la ejecución de las líneas eléctricas.
4. La Plantilla de localización como su nombre lo indica, fue diseñada para localizar estructuras de líneas de transmisión sobre planos de planta y perfil, lo que se puede realizar de dos maneras: en forma manual y por computadora.
  - a. Para la forma manual deberá efectuarse la impresión de los acetatos correspondientes, y hacer un delicado corte entre la curva normal y curva superior caliente. De esta manera, la curva está lista para realizar la localización manual..
  - b. Para la forma por computadora se plotea el perfil del terreno con la información topográfica correspondiente, por medio del programa AUTOCAD y se procede a accesar la plantilla de localización elaborada en el capítulo V del presente trabajo de Tesis, haciéndola coincidir sobre el perfil ploteado, tratando de efectuar la localización de estructuras, pero esto es objeto de estudio aparte, pues está fuera de las limitaciones del presente trabajo de tesis.

5. El archivo de Excel para los cálculos de las curvas para nuestra Plantilla de Curvas de Localización, es tan versátil que con sólo variar los datos de voltaje, calibre de los conductores, altura del soporte, etc., se obtiene una amplia gama de plantillas de localización para todo tipo de líneas de transmisión, desde 13.8 kV hasta 230 kV.
6. Se pueden realizar los cálculos de las curvas de localización para cualquier tipo de línea de transmisión, la cual también puede ser diseñada de acuerdo a la necesidad de potencia a transmitir, este dato de potencia es el que define el calibre y tipo de conductor a utilizar para seleccionar los datos para nuestro archivo en Excel.
7. Existen varios criterios que se deben tomar en cuenta para la elaboración de una plantilla de curvas, entre los que mencionamos el nivel isocerámico, las zonas de viento y temperatura, además del método de la curva catenaria.
8. El conocer los criterios que conlleva la elaboración de una plantilla de curvas de localización facilitará nuestro trabajo así como ahorrará mucho tiempo.
9. El éxito de una buena plantilla de curvas de localización, dependerá del buen estudio y la escogencia del tipo de conductor idóneo para el proyecto.
10. El introducir mal la información del fabricante de conductores en el proceso de cálculo, para la plantilla de curvas de localización, puede causar gastos no previstos o malos resultados en el tendido de las líneas eléctricas.

## RECOMENDACIONES

1. Para obtener resultados confiables deben utilizarse datos técnicos de los fabricantes de los cables.
2. Es aconsejable practicar el uso de todas las posibilidades de impresión a escala de los dibujos de planta y perfil, para que la plantilla y el perfil coincidan. En este principio se basan programas tan complejos como PLS-CADD; Compact Transmission Line Design de LAPP; Transmission Line Upgrades de BLACK & VEATCH/CHANCE TEAM; Optimal Design of Overhead Transmission and Distribution Lines de INTERGRAPH.
3. Es muy importante que toda la información contenida en el presente trabajo de tesis, sea conocida y estudiada por las personas que intervienen en el diseño, cálculo y montaje de una línea de transmisión, para que pueda aplicar y corroborar los criterios aquí expuestos. Lo que redundará en beneficios sustanciales no solo en cuanto a costos se refiere sino que también en las propiedades eléctricas de las líneas.
4. Las plantillas de curvas de localización pueden variar según los diferentes tipos de conductores a utilizar, por lo que es necesario hacer un cálculo acorde a la cantidad de potencia a transmitir.
5. Cuando se haga el cálculo para el diseño de una línea eléctrica, se deben considerar los tipos y calibres de conductores existentes en el mercado, para no tener contratiempos en la ejecución del proyecto.

6. La plantilla de curvas de localización es única y se debe utilizar exclusivamente para la localización de estructuras de la línea eléctrica que se está diseñando o estudiando.

## BIBLIOGRAFÍA

1. American creosote works, inc.  
Handbook of treated forest products  
Fifth edition, 1975.
2. Comité regional de normas eléctricas (CRNE) y la división de normas de ICAITI.  
Manual de normas eléctricas para el istmo centroamericano volumen II  
CEPAL, julio 1976.
3. Comisión federal de electricidad, México.  
Guía para el cálculo eléctrico de líneas de transmission.  
Departamento de ingeniería electromecánica, enero 1984.
4. Comisión federal de electricidad. México  
Método para el cálculo de limitaciones mecánicas y eléctricas de estructuras típicas.  
Oficina de normas de ingeniería, mayo 1975.
5. Conductores y aluminio, c.a.  
Conductores de aluminio, catálogo.  
Impresos valles de aragua s.r.l., octubre 1987.
6. Electric bond and share company (EBASCO).  
Basis of pole line constructions, structural considerations  
ebasco, 1983.

7. Institute of electrical and electronic engineering, inc. (IEEE).  
Guide to the installation of overhead transmission line conductors  
Power engineering society, T & D Committee, 1980.
8. Lapp insulator company.  
Line post insulators, catalog 10-A.  
Le Roy, New York, 1986.
9. Lapp insulator company.  
Compact transmission line designs for new construction and upgrade.  
Le Roy, New York, 1990.
10. Lapp insulator company.  
A new dimension in power transmission design. an advanced design  
concept.  
Le Roy, New York, 1990.
11. National rural electrification cooperative association (NRECA).  
Administración de riesgo: introducción al sistema de capacitación y  
seguridad para empresas eléctricas. mayo 1999.
12. NGK insulators, Ltd.  
Technical guide.  
Mizuho, Nagoya, Japan, diciembre 1991.
13. Petitjean, s.a.  
Galvanized steel poles in one element, overhead lines poles.  
Line post insulators, septiembre 1993.
14. Phelps Dodge.  
Conductores eléctricos de centroamérica, s.a.

Conelca, s.a. 1980.

15. Rural electrification administration (REA).  
Design manual for high voltage transmission lines.  
U.S. Department of agriculture, december 1981.
  
- 16 Sumitomo electric industries, Ltd.  
Aluminum Conductor Steel Reinforced (ACSR).  
Osaka, Japan, 1990.
  
17. Taracena Letrán, Carlos Alberto (=).  
Los derechos de paso en líneas de servicio eléctrico en Guatemala.  
Tesis presentada a la junta directiva de la facultad de ingeniería, para  
optar al título de Ingeniero Civil, febrero 1978.
  
18. Westinghouse Electric Corporation.  
Electrical transmission & distribution reference book  
Central station engineers  
Eastt Pittsburgh, Pensylvania. Septiembre 1950.