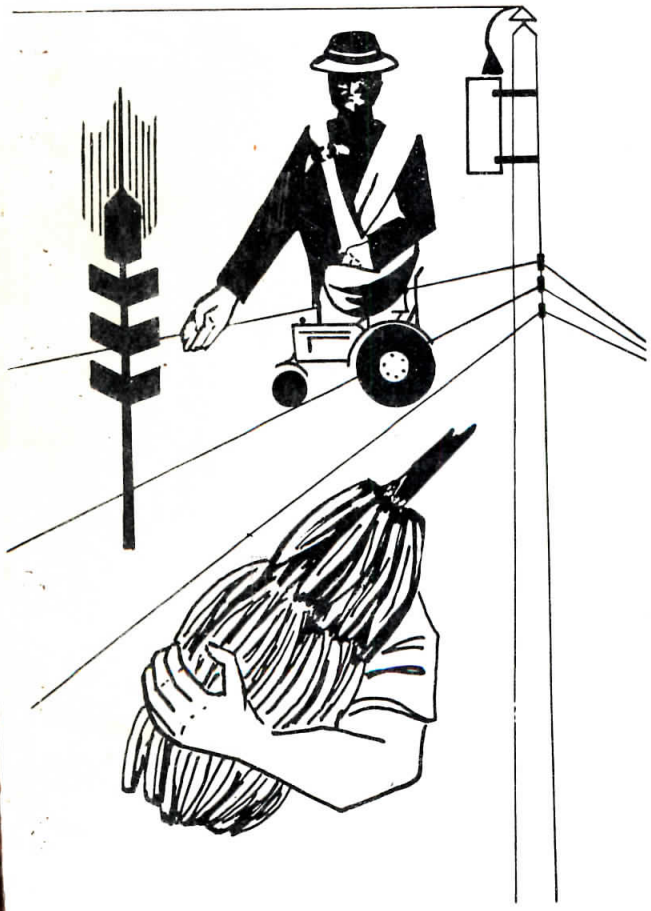
47.078

REPUBLICA DEL ECUADOR

MINISTERIO DE RECURSOS NATURALES Y ENERGETICOS
INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION

INECEL

PROGRAMA NACIONAL DE ELECTRIFICACION RURAL
UNIDAD EJECUTORA



47.078

621.393
In43b

UNEPER

QUITO – ECUADOR

621.393
In43b

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
BIBLIOTECA
E.P.N.

BOLETIN DC/03

CALCULO MECANICO DE LINEAS

001230

INECEL
UNEPER

Normas

Para

Distribución

Rural

Boletín DC/03

Cálculo Mecánico de Líneas

INSTITUTO ECUATORIANO DE ELECTRIFICACION -INECEL-,
Unidad Ejecutora del Programa Nacional de Electrificación Rural -UNEPER-

Agosto / 80

INDICE GENERAL

		Pág.
I.-	ALCANCE Y CAMPO DE APLICACION	1
II.-	REFERENCIAS Y DEFINICION DE TERMINOS ...	1
III.-	BASES PARA EL CALCULO.....	3
IV.-	CONDUCTORES: TENSIONES Y FLECHAS.....	7
V.-	CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DIMENSIONAMIENTO Y LA SELECCION DE LOS ELEMENTOS DE SOPORTE.....	9
VI.-	SELECCION DE LA CLASE DE POSTE.....	10
VII.-	SELECCION DE LOS ELEMENTOS PARA TENSORES Y ANCLAJES	12
VIII.-	FLECHAS Y TENSIONES PARA LOCALIZACION DE SOPORTES Y REGULACION DE CONDUCTORES.....	14
IX.-	ECUACIONES Y FORMULAS.....	17

APENDICES

APENDICE A:	CONDUCTORES, VALORES CARACTERISTICOS
APENDICE B:	GRAFICO DE TENSIONES Y FLECHAS, VALORES FINALES
APENDICE C:	SELECCION DE CLASE DE POSTE POR CARGA DE VIENTO
APENDICE D:	FLECHA Y PARAMETRO DE LOCALIZACION
APENDICE E:	TENSIONES Y FLECHAS INICIALES
APENDICE F:	ECUACIONES Y FORMULAS

I.- ALCANCE Y CAMPO DE APLICACION

1.1 Alcance y objeto:

En este Boletín se establecen los criterios básicos para la determinación de las fuerzas desarrolladas en los conductores, que a su vez se trasladan a los puntos de fijación de los mismos sobre la estructura determinando los esfuerzos de trabajo a los cuales estarán sujetos los elementos de soporte, que deben ser verificados por el proyectista con el propósito de no superar los límites admisibles característicos del material, a fin de asegurar la estabilidad mecánica y la permanencia de la instalación.

Por otra parte, se determinan los valores de tensiones y flechas a ser considerados por el proyectista y particularmente por el constructor, en el proceso de tendido y regulación de los conductores para no superar las tensiones admisibles y para asegurar el mantenimiento de las distancias de seguridad de la línea al terreno.

1.2 Campo de Aplicación:

Los valores, criterios y procedimientos contenidos en el presente Boletín, han sido desarrollados para las condiciones específicas de operación de líneas rurales de distribución y son válidos y de aplicación obligatoria para el proyectista en el diseño y dimensionamiento de los proyectos comprendidos en el Programa Nacional de Electrificación Rural.

II.- REFERENCIAS Y DEFINICION DE TERMINOS

2.1 Referencias:

En cuanto al material y tamaños de los conductores, disposición y dimensiones generales de las estructuras de soporte así como a los límites de utilización de las mismas, en función de los materiales

adoptados, constituyen referencias para el desarrollo del presente Boletín, el Volumen UNIDADES DE CONSTRUCCION y el Boletín - IP/01, Trazado y Distribución de Soportes.

2.2 Definición de términos:

Los términos específicos que se mencionan a continuación, relativos al tema tratado, tendrán en el texto, el significado que se define a continuación:

- Vano: La distancia, medida en sentido horizontal, que separa dos estructuras de soporte sucesivas.

- Vano Medio: Con relación a una estructura de soporte particular, es la semisuma de los vanos adyascentes a la misma.

- Vano Regulador (VR): En un tramo de línea entre estructuras de retención, constituido por mas de dos vanos, es el valor promedio de los mismos que determina las condiciones a ser consideradas en la regulación de los conductores por tensión y flecha, obtenido de la expresión:

$$VR = Vpr + 2/3\ (Vmax - Vpr)$$

siendo Vpr: el valor medio aritmético de los vanos correspondientes al tramo y Vmax: el vano de mayor longitud existente en el mismo.

- Angulo de Línea: En las posiciones de cambio de dirección del trazado, es el ángulo horizontal medido en el punto de deflexión, entre la dirección de la línea en uno de los tramos y la determinada por la prolongación del otro.

- Flecha: Es la distancia vertical, medida entre la línea que une los dos puntos de fijación del conductor a las estructuras de soporte adyascentes y una línea paralela a la anterior y tangente a la curva que determina el conductor en el punto mas alejado, de la primera.

- Tensión Unitaria: Es el esfuerzo horizontal por unidad de sección transversal del conductor, que se desarrolla en el mismo, para un determinado estado de temperatura y de presión de viento, expresado en Kg/mm2.

- Tensión total o tensión: Es la fuerza desarrollada en el conductor, correspondiente a la tensión unitaria considerada y ejercida sobre la sección total del mismo, expresada en Kg.

- Tensión y flecha inicial: Son los valores determinados para el conductor en la condición inicial, esto es, antes de ser sometido a la tensión máxima que origina su deformación permanente.

- Tensión y flecha final: Son valores determinados para el conductor en la condición final, esto es, después de ser sometido a la tensión máxima y a la ocurrencia de la deformación permanente.

III.- BASES PARA EL CALCULO

3.1 General:

Es el propósito de esta Sección, el establecer los estados ambientales que determinan las condiciones de carga sobre los conductores y por lo tanto los valores de las tensiones y flechas a ser considerados en el dimensionamiento de las estructuras de soporte y de sus elementos; por otra parte, se registran las características adoptadas previamente en el Volumen UNIDADES DE CONSTRUCCION para los conductores y, para los elementos de las estructuras cuya selección es dependiente de las tensiones desarrolladas en los conductores y transmitidas a los puntos de fijación sobre la estructura.

El conjunto de los datos mencionados que se presentan a continuación, constituyen las bases para el cómputo de los valores que se desarrollan en las Secciones siguientes.

3.2 Zonificación por temperatura ambiente:

De acuerdo a los valores estadísticos de temperaturas registradas en las diferentes estaciones del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, para propósitos de establecer las condiciones a ser consideradas en el cálculo de las tensiones y flechas de los conductores, se divide al país en dos zonas, que, de acuerdo a la altitud sobre el nivel del mar, determinan los valores característicos a adoptar y que corresponden a la siguiente clasificación:

Zona I: Las áreas del país que tengan una elevación con relación al nivel del mar inferior a 1.800 m.

Zona II: Las restantes áreas con una elevación superior al límite anterior de 1.800 m.

Para las áreas excepcionales localizadas sobre los 3.500 m. s.n.m. deberán considerarse condiciones particulares, de acuerdo a la información específica disponible.

3.3 Velocidad y presión del viento:

Para la velocidad de ráfaga, máxima del viento, se adopta el valor de 95 Km/hora, obtenido de la correlación con datos estadísticos de otros países de condiciones similares.

La presión correspondiente, será de 63 Kg/m2 sobre superficies planas y de 44 Kg/m2 sobre superficies cilíndricas.

3.4 Estados a considerar para el cómputo:

Para el cómputo de las tensiones y flechas de los conductores, se consideran los siguientes estados de temperatura y presión de viento.

ESTADO	Zona I Temperatura °C	Zona I Viento Kg/m2	Zona II Temperatura °C	Zona II Viento Kg/m2
I. Temperatura Mínima.....	5	- -	-5	- -
II Viento Máximo.....	15	44	5	44
III Temperatura Promedio...	25	- -	15	- -
IV Temperatura Máxima del conductor...	55	- -	45	- -

Para la determinación de la temperatura máxima del conductor se considera un incremento de 20°C sobre la máxima del ambiente, originado por el calentamiento de los conductores debido al efecto Joule.

3.5 Tensiones máximas admisibles:

Para tener en cuenta las limitaciones por fatiga del material debido a vibraciones y el factor de seguridad correspondiente, las tensiones desarrolladas sobre el conductor no deben exeder los siguientes porcentajes del valor de la tensión de rotura.

Estado III: Límite 20%
Estados I y II: Límite 50%

3.6 Conductores:

Los conductores adoptados para sistemas rurales serán de aluminio reforzado con núcleo de acero (ACSR) formación 6/1, de los siguientes tamaños:

CODIGO	TAMAÑO AWG
SWAN	4
SPARROW	2
RAVEN	1/0
QUAIL	2/0
PENGUIN	4/0

En el Apéndice A, se tabulan los valores característicos requeridos para el cómputo de las tensiones y flechas.

3.7 Postes para estructuras:

En función de los resultados del estudio del mercado para el suministro y de la evaluación económica realizada, se establece que en las obras del Programa de Electrificación Rural, se utilizarán preferentemente postes de madera tratada de sección circular.

Las características de los postes relevantes para el diseño de líneas son su "Clase" que determina la carga útil, por una parte, y su longitud total por otra.

Se define como "carga útil" del poste, el esfuerzo de trabajo admisible, equivalente a una carga horizontal expresada en kilogramos, aplicada a 60 cm. del extremo superior.

La clase y las longitudes normalizadas, para su utilización en líneas rurales son las siguientes:

CLASE	LONGITUD m.	CARGA UTIL Kg.
5	10; 11 y 12	430
6	10 y 11	340
7	8,50	270

3.8 Cable para tensores:

El cable para transmitir los esfuerzos al bloque de anclaje, adoptado, será de acero galvanizado de extra alta resistencia, de los siguientes diámetros y tensiones de rotura:

Diámetro	Tensión de Rotura (Kg)
1/4" (6mm)	3.023
5/16" (8mm)	5.091

3.9 Bloque de Anclaje:

El diseño adoptado para el bloque que será preferentemente de hormigón reforzado con acero, considera el dimensionamiento para las siguientes resistencias al arrancamiento: 4.000; 6.000 y 8.000 Kg.

IV.- CONDUCTORES: TENSIONES Y FLECHAS

4.1 General:

Dado que los valores característicos: peso específico (Kg/m. mm2), módulo de elasticidad y coeficiente de dilatación lineal, son comunes para el tipo y el rango de los conductores adoptados, los resultados del cómputo de tensiones y flechas son igualmente aplicables para todos los tamaños considerados, en consecuencia, para propósitos de cómputo se selecciona como conductor representativo el correspondiente al tamaño 1/0 AWG, designación RAVEN.

Por otra parte, dado que las diferencias de temperatura establecidas para los varios estados a considerar, son iguales tanto para la Zona I como para la Zona II, los resultados de los cómputos son aplicables indistintamente a las dos Zonas.

4.2 Estado Básico:

De las limitaciones para las tensiones establecidas en el Numeral 1.4, se determina que en todos los casos el Estado Básico, esto es aquel que impone la condición límite, corresponde al Estado III, - temperatura promedio y la tensión máxima admisible para esta condición no deberá superar el valor correspondiente al 20% del de rotura.

4.3 Tensiones y Flechas: valores finales:

En el Apéndice B, se representan los gráficos de los valores de tensiones unitarias (Kg/mm2) y de flechas en metros, para la condición final, en función del vano regulador del tramo entre retenciones, para un rango de 40 a 500 m. de longitud.

4.4 Tensiones unitarias máximas:

La tensión unitaria horizontal máxima desarrollada por los conductores sobre las estructuras de soporte en posiciones angulares y - terminales, de acuerdo a los valores representados en los gráficos del Apéndice B, es una función de la longitud del vano regulador.

En todo caso, para los estados atmosféricos y para el rango de vanos reguladores considerados, los valores máximos resultantes - son significativamente inferiores al máximo admisible y, para propósitos del cálculo de esfuerzos sobre las estructuras, se adoptan los siguientes valores:

- Para vanos reguladores de hasta 200 m. 11 Kg/mm2.
- Para vanos reguladores de 200 a 500 m. 13 Kg/mm2.

A continuación se tabulan los valores del tiro máximo de los conductores:

CONDUCTOR		TIRO MAXIMO (Kg)	
TAMAÑO	SECCION (mm2)	HASTA 200 m.	De 200 a 500 m.
4	24,71	272	321
2	39,23	431	510
1/0	62,38	686	811
2/0	78,64	865	1.022
4/0	125,10	1.376	1.626

V.- CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DIMENSIONAMIENTO Y LA SELECCION DE LOS ELEMENTOS DE SOPORTE

5.1 General:

La disposición, las dimensiones básicas y los elementos de fijación que conforman los ensamblajes de cada una de las unidades de construcción tipo, así como también los límites de utilización correspondientes se encuentran establecidos en el Volumen UNIDADES DE CONSTRUCCION.

Por otra parte, los diseños consideran que los esfuerzos sobre la estructura que superan los límites de la carga autosoportante del poste, serán trasladados al terreno, mediante la utilización de anclajes y tensores.

En consecuencia, los elementos de la estructura cuyo dimensionamiento y selección son dependientes de las tensiones desarrolladas por los conductores son básicamente el poste y los componentes del tensor: cable de acero y bloque de anclaje.

5.2 Definición de las fuerzas desarrolladas sobre las estructuras:

- Carga de viento: Es la fuerza en el sentido transversal a la línea, transmitida a los puntos de fijación de los conductores sobre la estructura, debida a la presión de viento sobre los mismos, en la longitud correspondiente al vano medio; a esta fuerza deberá sumarse la fuerza originada por la presión de viento actuante sobre la estructura, en sentido transversal. Las fuerzas componentes, en todo caso, deberán ser traladadas al punto de aplicación establecido para la carga útil que define la clase de poste.

- Tiro Angular: Es la fuerza (Ta) originada por el efecto del cambio de dirección de la línea, actuante en el sentido normal a la bisectriz del ángulo; su magnitud está determinada por la expresión $Ta = 2Tm \text{ sen } \alpha/2$, siendo α el ángulo horizontal definido por cambio de dirección y Tm la tensión máxima desarrollada sobre el conductor.

- Tiro Longitudinal: En posiciones terminales, es la fuerza correspondiente al tiro máximo del conductor, cuyos valores se establecen en el Numeral 4.4, actuante en la dirección de la línea.

  En las posiciones de retención intermedia, el tiro longitudinal de los conductores sobre la estructura está determinado por la diferencia de las tensiones máximas correspondientes a los vanos reguladores de los tramos de línea adyascentes o en los puntos coincidentes con el cambio de tamaño de los conductores, - la diferencia de tiro resultante por la diferencia de las secciones transversales.

VI.- SELECCION DE LA CLASE DE POSTE

6.1 Factores a considerar:

Dado que los esfuerzos por el tiro angular y por el tiro longitudinal de los conductores serán absorbidos por el tensor y el anclaje, el

factor determinante para la selección del poste será la carga transversal originada por la presión del viento sobre el poste y sobre los conductores en la longitud correspondiente al vano medio.

En cuanto a la longitud del poste para cada una de las posiciones localizadas sobre el perfil del trazado de la línea, el proyectista deberá determinarla durante el proceso de estacamiento previa la verificación de los requerimientos para mantener las distancias mínimas de seguridad establecidas en el Boletín IP-01, Apéndice A.

6.2 Selección del poste por carga de viento:

En el Apéndice C, se tabulan los valores máximos del vano medio correspondientes a cada una de las Clases de poste adoptadas, para cada una de las combinaciones de número y tamaño de conductores consideradas.

Los valores máximos del vano medio tabulados, consideran las fuerzas equivalentes originadas por la presión del viento tanto sobre los conductores como sobre el poste.

El proceso de selección de la Clase de poste, consisten en la determinación del vano medio para cada una de las posiciones, a partir de la localización de las estructuras sobre el perfil y, dada la combinación del número y tamaño de los conductores, los valores tabulados en el Apéndice C, permiten la selección de la Clase aplicable a la posición considerada.

En la tabla I del Apéndice C, se presentan los valores correspondientes a las líneas de un conductor de fase y neutro que deberán ser utilizados exclusivamente para aquellos casos en los cuales el incremento previsto de la carga o sus requerimientos, eliminen la posibilidad de una futura conversión a la configuración trifásica.

En la tabla II del Apéndice C, se presentan los valores correspondientes a líneas de tres conductores de fase y neutro que son igualmente aplicables a aquellas conformadas inicialmente por dos conductores de fase, generalmente suceptibles de ser convertidas a trifásicas.

Debe señalarse que los valores de vano medio máximo marcados -- con un asterisco en las tablas del Apéndice C, superan aquellos establecidos como límites de utilización para las estructuras de soporte tipo por separación entre conductores y que, en estos casos, deben prevalecer.

Como recomendación de orden general, en aquellas posiciones que requieran dos tensores de 6mm de diámetro o un tensor de 8 mm. de diámetro, deberán utilizarse los postes de la Clase superior, - debido a la magnitud de la carga vertical.

VII.- SELECCION DE LOS ELEMENTOS PARA TENSORES Y ANCLAJES

7.1 Factores a considerar:

Los tensores compensan tanto el tiro angular actuante en sentido - transversal a la línea como los tiros longitudinales en posiciones - terminales y de retención intermedia tanto por cambio de vano regulador en los tramos adyascentes como por cambio de tamaño de conductores en los mismos. El ángulo formado por la dirección del cable tensor con la vertical al terreno en el punto de sujeción al poste deberá ser como mínimo de 45°.

Se considera para el cable tensor, un factor de seguridad definido - como la relación de la tensión de rotura a la máxima admisible de 1,15.

Los diseños de las estructuras de soporte, consideran para ángulos comprendidos entre 30° y 60° la disposición vertical de los conductores y dos cables tensores para compensar los esfuerzos distribui - dos en el poste; para ángulos comprendidos entre 60° y 90° se mantiene la disposición vertical pero se disponen los tensores en el sentido de la línea y, en consecuencia las fuerzas transmitidas a los - tensores equivalen a las desarrolladas en una posición terminal.

7.2 Selección del cable tensor: posiciones angulares y terminales:

En función de las fuerzas desarrolladas por los conductores y de -

las tensiones máximas admisibles de los cables adoptados, se determinan los siguientes límites de utilización:

- Líneas a un conductor de fase hasta 2/0 AWG y neutro: Un cable tensor de 6 mm de diámetro para todos los ángulos y para posiciones terminales.

- Líneas a tres conductores de fase hasta 2/0 AWG y neutro # 2 AWG: Un cable tensor de 6 mm para ángulos de hasta 30° y dos cables del mismo diámetro para ángulos de hasta 60°y terminales.

- Líneas a tres conductores de fase 4/0 AWG y neutro 1/0 AWG: Un cable tensor de 6 mm de diámetro para ángulos de hasta 20°, un cable de 8 mm de diámetro para ángulos comprendidos entre 20°y 30° y dos cables tensores de 8 mm de diámetro para ángulos de hasta 60° y terminales.

7.3 Selección del cable tensor: posiciones de retención intermedia:

Para las diferentes aplicaciones de las estructuras de retención en la línea, deberán considerarse los diámetros del cable tensor que se indican a continuación:

- Anclaje mecánico: Las estructuras de retención dispuestas con el propósito de seccionar mecánicamente tramos de línea, deberán llevar tensores longitudinales en ambos sentidos, con el número y diámetro del cable tensor correspondiente a la posición terminal establecido en el Numeral 7.2.

- Cambio de vano regulador: Las estructuras de retención dispuestas para absorver los esfuerzos longitudinales originados por la variación en la longitud del vano regulador en los tramos de línea adyascentes, que supere el 50% del vano regulador inferior, deberán llevar tensores longitudinales en ambos sentidos, con cable tensor de 6 mm de diámetro.

- Cambio de tamaño de conductor: Las estructuras dispuestas en las posiciones coincidentes con el cambio de tamaño de los con-

ductores, llevarán tensor longitudinal en el lado opuesto al tramo de mayor tamaño de conductor; el diámetro del cable tensor será de 6 mm. cuando la variación de la sección del conductor de fase sea igual o inferior a 50 mm2. Cuando la variación de la sección sea superior al límite señalado, el número y el diámetro del cable tensor deberá ser similar al determinado para la posición terminal correspondiente al conductor del tramo de mayor tamaño.

7.4 Selección del anclaje:

El bloque de anclaje dimensionado en el Volumen UNIDADES DE CONSTRUCCION, o el equivalente a utilizar de acuerdo a la disponibilidad de materiales, deberá corresponder al diámetro del cable tensor seleccionado, de acuerdo al valor de la resistencia mínima al arrancamiento, en la siguiente relación:

Resistencia del anclaje Kg.	Número de diámetro del cable tensor
4.000	1 x 6 mm
6.000	1 x 8 mm
8.000	2 x 6 mm

Los cables de 8 mm serán anclados independientemente a bloques separados de 6.000 Kg. de resistencia al arrancamiento.

VIII.- FLECHAS Y TENSIONES PARA LOCALIZACION DE SOPORTES Y REGULACION DE CONDUCTORES

8.1 Flechas y parámetros para la localización de soportes:

Para propósitos de localización de las estructuras de soporte sobre

el perfil del trazado, en el proceso de estacamiento, las distancias de seguridad al terreno deben ser verificadas para la temperatura máxima del conductor correspondiente al Estado IV en las condiciones finales.

En casos particulares en los cuales se presentan diferencias significativas de nivel entre los puntos de implantación de estructuras adyascentes, es necesario verificar para la temperatura mínima, Estado I, y condiciones finales, la dirección de los esfuerzos que se desarrollan sobre la estructura que eventualmente pueden determinar tiros verticales hacia arriba en los puntos de fijación del conductor.

Por otra parte, en tramos que presentan, para la localización de estructuras, un alto grado de dificultad debido a la presencia de obstáculos adyascentes o cruces sobre instalaciones existentes, el proyectista deberá utilizar una plantilla representativa de la posición del conductor entre los puntos de apoyo que determina aproximadamente una parábola simétrica y cuya función en un sistema de coordenadas rectangulares (X, Y), corresponde a la ecuación $Y = X^2/2C$, donde "C", es el parámetro caracterizado por el peso específico del conductor y la tensión unitaria para la condición considerada.

Para referencia del proyectista, en el Apéndice D, se tabulan los valores de las flechas a las temperaturas máxima. y mínima y del parámetro "C", para un rango de vanos reguladores comprendido entre 40 y 400 m.

8.2 Flechas y tensiones para regulación de conductores:

El valor de la tensión ejercida sobre los conductores durante las operaciones de tendido sobre poleas de apoyo, no supera el 20% de la tensión de rotura; en consecuencia, para la regulación de la tensión y la flecha correspondiente en el proceso de montaje, deben considerarse las condiciones iniciales del conductor con el propósito de asegurar que en las condiciones finales, se mantengan los valores de tensiones y flechas previstos en la fase de localización de las estructuras.

En el Apéndice E, se tabulan los valores de las tensiones y flechas a ser utilizados en la operación de regulación, para todos los conduc-

tores considerados y para vanos reguladores comprendidos entre 40 y 400 m., calculados para un intervalo de temperatura del conductor entre 20 y 38 grados centígrados para la Zona I, equivalente a un intervalo de 10 a 28 grados centígrados para la Zona II.

8.3 Procedimiento para la regulación:

Para la operación de regulación se recomienda el procedimiento siguiente:

a) Efectuar la regulación y la fijación de los conductores a los aisladores dentro de las 48 horas de terminada la operación de tendido sobre poleas.

b) Calcular el vano regulador por la apliación de la expresión dada en el Numeral 2.2.

c) Obtener de las tablas del Apéndice E, los valores de la tensión y la flecha para la temperatura del conductor establecida por medición en el momento de la operación.

d) Controlar la tensión mediante la utilización de un dinamómetro instalado en la estructura de retención o terminal del tramo, habiendo fijado previamente los conductores en el terminal opuesto.

e) Seleccionar por lo menos un vano intermedio para control de la flecha, que presente facilidad de acceso y en lo posible en el que las estructuras adyascentes se encuentren al mismo nivel.

f) Determinar la flecha en el vano de control, partiendo del valor de la flecha obtenida para el vano regulador (Apéndice E), de la siguiente expresión:

$$fc = fr\ (Vc/Vr)^2$$

Siendo fc, la flecha del vano de control; fr, la flecha del vano regulador: Vc y Vr, respectivamente la longitud del vano de control y del vano regulador.

g) Controlar, por medición aplicando los procedimientos convencionales, el valor obtenido para la flecha en el vano seleccionado.

IX.- ECUACIONES Y FORMULAS

La ecuación básica que determina el comportamiento del conductor en función de sus características mecánicas y de los estados ambientales, la Ecuación de cambio de Estado, así como las fórmulas usuales para el cálculo de tensiones y flechas, se presentan en el Apéndice "F" como referencia para el proyectista en el desarrollo de cómputos adicionales.

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA
E.P.N.
BIBLIOTECA
001230

INECEL UNEPER	NORMAS PARA DISTRIBUCION RURAL	DC/03
	APENDICE A: CONDUCTORES, VALORES CARACTERISTICOS	HOJA 1 DE 1
		FECHA: VIII/80

NOTAS Y REFERENCIAS

1) Material: Aluminio reforzado con núcleo de acero, ACSR, formación 6/1.

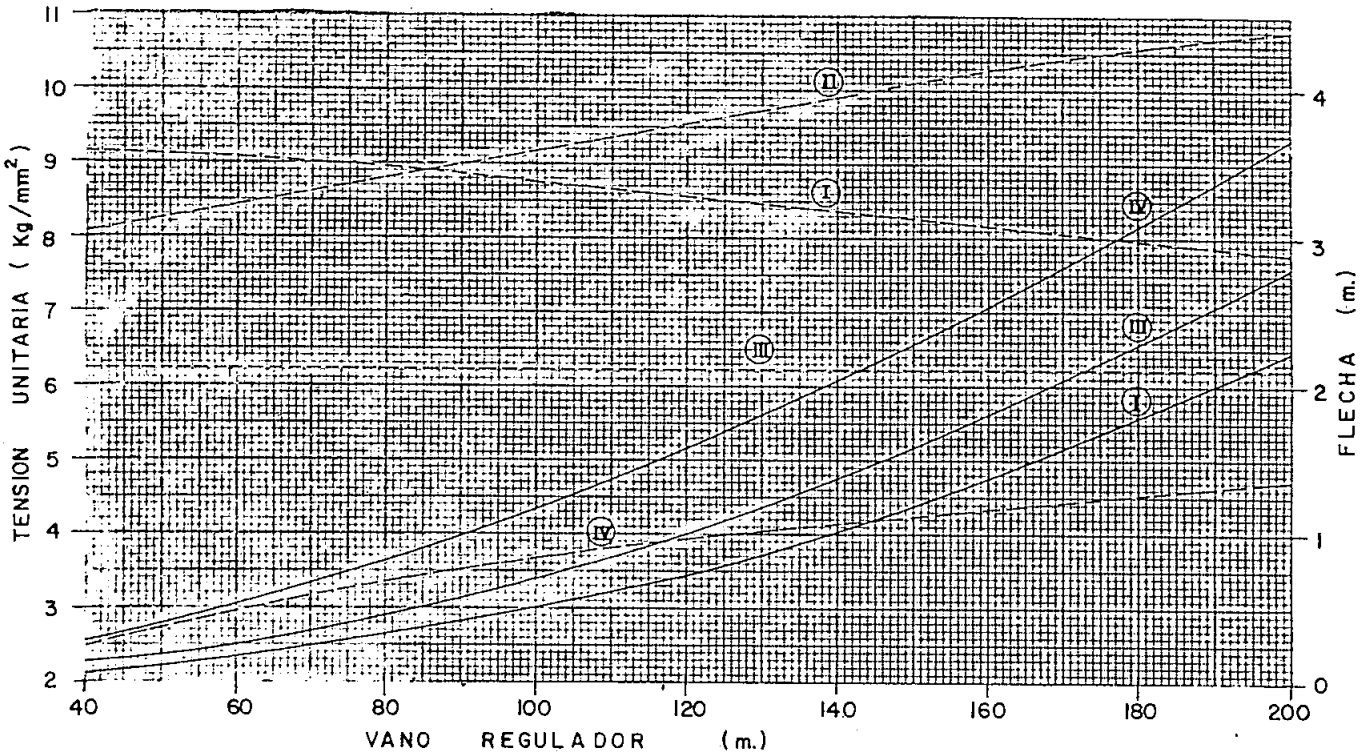
2) Presión de viento: 44 Kg/m2

3) Referencia: Tablas de características ALCAN

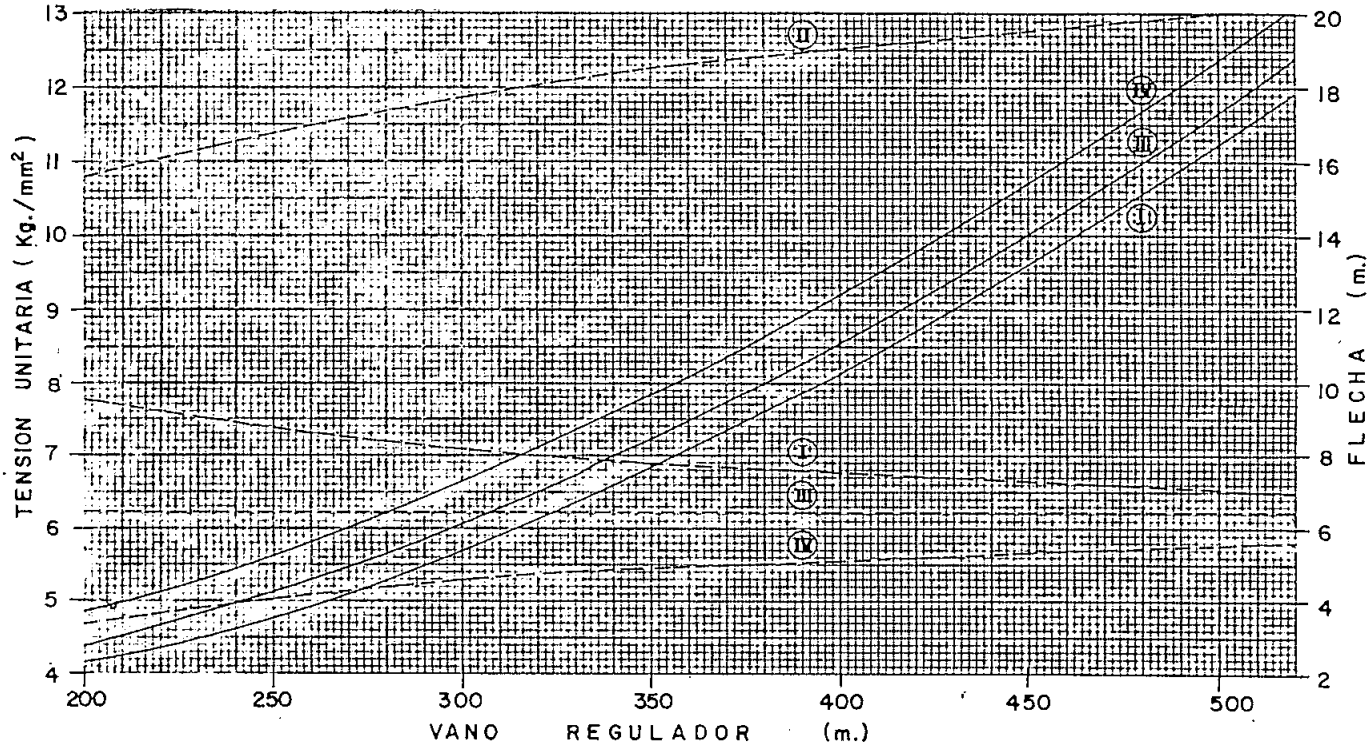
CARACTERISTICA	CONDUCTOR: CODIGO/TAMAÑO AWG				
	SWAN 4 AWG	SPARROW 2 AWG	RAVEN 1/0	QUAIL 2/0	PENGUIN 4/0
1.- Diámetro, mm	6,36	8,01	10,11	11,34	14,31
2.- Sección total, mm2	24,71	39,22	62,38	78,64	125,10
3.- Peso unitario, Kg/Km	85,30	135,60	215,90	272,10	432,5
4.- Peso específico, Kg/m. mm2 x 10^{-3}	3,452	3,457	3,461	3,460	3,457
5.- Tensión de rotura Kg.	830	1.265	1.940	2.425	3.820
6.- Carga unitaria de viento, Kg/Km.	280	352	445	499	630
7.- Módulo de Elasticidad - final, Kg/mm2.	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000
8.- Coeficiente de dilatación lineal por °C x 10^{-6}	19,1	19,1	19,1	19,1	19,1

INECEL UNEPER	NORMAS PARA DISTRIBUCION RURAL	DC/03
	APENDICE B: GRAFICO DE TENSIONES Y FLECHAS, VALORES FINALES	HOJA 1 DE 1
		FECHA: VIII/80

ESTADO BASICO III — TENSION 20% T.R.



------	TENSION UNITARIA (Kg./mm²)
———	FLECHA (m.)
(I)	ESTADO ATMOSFERICO



INECEL UNEPER	NORMAS PARA DISTRIBUCION RURAL	DC/03
	APENDICE C: SELECCION DE CLASE DE POSTE POR CARGA DE VIENTO	HOJA 1 DE 1
		FECHA: VIII/80

TABLA I: LINEAS A UNA FASE Y NEUTRO

CONDUCTOR TAMAÑO AWG		VANO MEDIO MAXIMO (m)		
		POSTE CLASE		
FASE	NEUTRO	5	6	7
4	4	680*	560*	400*
2	4	600*	490*	350*
1/0	4	520*	425*	305*
2/0	2	445*	365*	260

TABLA II: LINEAS A TRES FASES Y NEUTRO

CONDUCTOR TAMAÑO AWG		VANO MEDIO MAXIMO (m)			
		ESTRUCTURA SIMPLE		ESTRUCTURA EN H.	
		CLASE DE POSTE		CLASE DE POSTE	
FASE	NEUTRO	5	6	5	6
4	4	340	275	725*	595*
2	4	280	230	605*	495*
1/0	4	230	190	500*	405*
2/0	2	200	165	435*	355*
4/0	1/0	175	140	345*	280

* IMPORTANTE: VERIFICAR LOS LIMITES ESTABLECIDOS POR SEPARACION ENTRE CONDUCTORES.

[redacted]

APENDICE D: FLECHA Y PARAMETRO DE - LOCALIZACION

1) CONDICIONES FINALES

2) TEMPERATURA MINIMA, ESTADO I

3) TEMPERATURA MAXIMA, ESTADO IV

VANO REGULADOR (m)	FLECHA (m)		PARAMETRO (m)	
	ESTADO I	ESTADO IV	ESTADO I	ESTADO IV
40	0,08	0,28	2.500	1.300
60	0,17	0,53		
80	0,31	0,84		
100	0,49	1,19		
120	0,73	1,59		
140	1,01	2,04		
160	1,36	2,54		
180	1,76	3,08		
200	2,22	3,67		
220	2,75	4,32		
250	3,66	5,37	2.100	1.600
300	5,48	7,38		
350	7,68	9,72		
400	10,24	12,39		

INECEL UNEPER	NORMAS PARA DISTRIBUCION RURAL	DC/03
	APENDICE E: TENSIONES Y FLECHAS INI - CIALES	HOJA 1 DE 9
		FECHA: VIII/80

VANO REGULADOR 40 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	268	262	256	250	244	238	232	226	220	213
2	425	416	406	396	387	377	368	358	348	339
1/0	677	661	646	631	615	600	585	569	554	539
2/0	853	834	814	795	776	756	737	718	699	679
4/0	1.357	1.326	1.296	1.265	1.234	1.203	1.173	1.142	1.111	1.081
FLECHA (m.)	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08

VANO REGULADOR 50 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	267	261	255	249	243	237	231	225	219	213
2	423	414	404	395	385	375	366	356	347	337
1/0	674	658	643	628	613	597	582	567	552	537
2/0	849	830	811	791	772	753	734	715	696	677
4/0	1.351	1.320	1.290	1.259	1.228	1.197	1.167	1.137	1.107	1.076
FLECHA (m.)	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,13

VANO REGULADOR 60 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	265	259	253	247	241	235	229	223	217	211
2	421	411	402	392	383	373	364	355	345	336
1/0	670	655	639	624	609	594	579	564	549	534
2/0	844	825	806	787	768	749	730	711	692	673
4/0	1.343	1.313	1.282	1.252	1.221	1.191	1.161	1.131	1.100	1.070
FLECHA (m.)	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17	0,18	0,18

NORMAS PARA DISTRIBUCION RURAL

APENDICE E: TENSIONES Y FLECHAS INI - CIALES

INECEL
UNEPER

VANO REGULADOR 70 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	264	258	252	246	240	234	228	222	216	210
2	418	409	399	390	381	371	362	352	343	334
1/0	665	650	635	620	605	590	575	560	546	531
2/0	839	820	801	782	763	744	725	707	688	669
4/0	1.334	1.304	1.274	1.244	1.214	1.184	1.154	1.124	1.094	1.064
FLECHA (m.)	0,20	0,20	0,21	0,21	0,22	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25

VANO REGULADOR 80 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	262	256	250	244	238	232	226	220	215	209
2	415	406	396	387	378	368	359	350	340	332
1/0	660	645	631	616	601	586	571	557	542	528
2/0	832	814	795	776	757	739	720	702	683	665
4/0	1.324	1.294	1.265	1.235	1.205	1.175	1.146	1.116	1.087	1.058
FLECHA (m.)	0,26	0,27	0,28	0,29	0,29	0,30	0,30	0,31	0,32	0,33

VANO REGULADOR 90 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	259	253	248	242	236	230	225	219	213	207
2	412	402	393	384	375	366	356	347	338	329
1/0	655	640	625	611	596	582	567	552	538	524
2/0	825	807	788	770	751	733	715	696	679	660
4/0	1.313	1.283	1.254	1.224	1.195	1.166	1.137	1.108	1.079	1.050
FLECHA (m.)	0,33	0,34	0,35	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42

VANO REGULADOR 100 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	257	251	245	240	234	228	223	217	211	206
2	408	399	390	380	371	362	353	344	335	327
1/0	649	634	620	605	591	576	562	548	534	520
2/0	818	799	781	763	745	726	708	690	673	655
4/0	1.301	1.271	1.242	1.213	1.184	1.155	1.127	1.098	1.070	1.042
FLECHA (m.)	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,51	0,52

VANO REGULADOR 110 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	254	249	243	237	232	226	221	215	210	204
2	404	395	386	377	368	359	350	341	333	324
1/0	642	628	613	599	585	571	557	543	529	516
2/0	809	791	773	755	737	720	702	684	667	650
4/0	1.288	1.259	1.230	1.201	1.173	1.145	1.117	1.089	1.061	1.034
FLECHA (m.)	0,51	0,52	0,53	0,55	0,56	0,57	0,59	0,60	0,62	0,63

VANO REGULADOR 120 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	252	246	240	235	229	224	218	213	208	202
2	399	390	381	373	363	355	346	338	330	321
1/0	635	621	607	593	579	565	551	538	524	511
2/0	801	783	765	748	730	712	695	678	661	644
4/0	1.273	1.245	1.217	1.189	1.161	1.133	1.105	1.079	1.051	1.025
FLECHA (m.)	0,61	0,63	0,64	0,66	0,67	0,69	0,71	0,72	0,74	0,76

NORMAS PARA DISTRIBUCION RURAL

APENDICE E: TENSIONES Y FLECHAS INI - CIALES

INECEL
UNEPER

VANO REGULADOR 130 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	249	243	238	232	227	221	216	211	206	201
2	395	386	377	368	360	351	343	335	327	318
1/0	628	614	600	586	573	559	545	532	520	507
2/0	791	774	756	739	722	705	688	671	655	639
4/0	1.259	1.231	1.203	1.175	1.148	1.121	1.094	1.068	1.042	1.016
FLECHA (m.)	0,73	0,74	0,76	0,78	0,80	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90

VANO REGULADOR 140 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	246	240	235	230	224	219	214	209	204	199
2	390	381	373	364	356	347	339	331	323	315
1/0	620	606	593	579	566	553	540	527	514	502
2/0	782	764	747	730	713	697	680	664	648	633
4/0	1.243	1.216	1.189	1.162	1.135	1.108	1.082	1.057	1.031	1.006
FLECHA (m.)	0,85	0,87	0,89	0,91	0,93	0,96	0,98	1,00	1,03	1,05

VANO REGULADOR 150 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	242	237	232	227	222	216	211	207	202	197
2	385	376	368	360	352	344	336	328	320	312
1/0	612	599	585	572	559	546	534	521	509	497
2/0	771	755	738	721	705	689	673	657	642	626
4/0	1.227	1.200	1.174	1.147	1.122	1.096	1.071	1.046	1.021	996
FLECHA (m.)	0,99	1,01	1,04	1,06	1,08	1,11	1,14	1,16	1,19	1,22

VANO REGULADOR 160 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.)									
	TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	239	234	229	224	219	214	209	204	200	195
2	380	371	363	355	347	340	332	324	317	309
1/0	604	591	578	565	553	540	528	516	504	492
2/0	761	745	728	712	697	681	666	650	635	620
4/0	1.211	1.185	1.159	1.133	1.108	1.083	1.059	1.034	1.011	987
FLECHA (m.)	1,14	1,17	1,20	1,22	1,25	1,28	1,31	1,34	1,37	1,40

VANO REGULADOR 170 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.)									
	TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	236	231	225	221	216	211	207	202	198	193
2	374	366	358	351	343	335	328	321	314	306
1/0	595	583	570	558	546	533	522	510	499	487
2/0	750	735	719	703	688	672	658	643	629	614
4/0	1.194	1.169	1.143	1.119	1.094	1.070	1.046	1.023	1.000	978
FLECHA (m.)	1,31	1,34	1,37	1,40	1,43	1,46	1,49	1,53	1,56	1,60

VANO REGULADOR 180 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.)									
	TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	232	228	223	218	213	209	204	200	196	191
2	369	361	354	346	339	331	324	317	310	304
1/0	587	575	562	551	539	527	516	505	494	483
2/0	740	724	709	694	679	665	650	636	622	609
4/0	1.177	1.152	1.128	1.104	1.081	1.057	1.034	1.012	990	969
FLECHA (m.)	1,49	1,52	1,55	1,59	1,62	1,66	1,70	1,73	1,77	1,81

NORMAS PARA DISTRIBUCION RURAL

APENDICE E: TENSIONES Y FLECHAS INICIALES

INECEL
UNEPER

VANO REGULADOR 200 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	226	221	217	212	208	204	200	196	192	188
2	358	351	344	337	330	324	317	311	304	298
1/0	570	558	547	536	525	515	504	494	484	474
2/0	719	704	690	676	662	649	635	623	610	598
4/0	1.143	1.120	1.097	1.075	1.053	1.032	1.011	991	970	951
FLECHA (m.)	1,89	1,93	1,97	2,01	2,06	2,10	2,14	2,18	2,23	2,28

VANO REGULADOR 220 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	219	215	211	207	203	199	195	192	188	184
2	348	341	335	328	322	316	310	304	298	293
1/0	553	543	533	522	513	503	493	484	475	466
2/0	698	684	671	658	646	634	621	610	598	587
4/0	1.110	1.089	1.068	1.047	1.028	1.008	989	970	952	934
FLECHA (m.)	2,36	2,41	2,45	2,50	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	2,80

VANO REGULADOR 240 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	213	209	205	202	198	195	191	188	185	181
2	338	332	326	320	315	309	303	298	293	288
1/0	538	528	519	509	500	491	483	474	466	458
2/0	678	666	654	642	631	620	609	598	588	577
4/0	1.078	1.059	1.040	1.022	1.004	986	968	951	935	918
FLECHA (m.)	2,89	2,94	3,00	3,05	3,11	3,16	3,22	3,28	3,33	3,39

INECEL UNEPER	NORMAS PARA DISTRIBUCION RURAL	DC/03
	APENDICE E: TENSIONES Y FLECHAS INI - CIALES	HOJA 7 DE 9
		FECHA: VIII/80

VANO REGULADOR 260 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.)									
	TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	207	204	200	197	194	191	187	184	182	179
2	329	323	318	313	308	303	298	293	288	284
1/0	523	514	506	497	489	481	473	466	458	451
2/0	660	648	638	627	617	607	597	587	578	569
4/0	1.049	1.032	1.014	997	981	965	949	934	919	904
FLECHA (m.)	3,49	3,55	3,61	3,67	3,73	3,79	3,85	3,92	3,98	4,04

VANO REGULADOR 280 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.)									
	TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	202	199	196	193	190	187	184	181	179	176
2	320	315	311	306	301	297	292	288	284	280
1/0	510	502	494	486	479	472	465	458	451	445
2/0	643	633	623	613	604	595	586	577	569	561
4/0	1.022	1.006	991	976	961	947	933	918	905	892
FLECHA (m.)	4,15	4,22	4,28	4,35	4,42	4,48	4,55	4,62	4,69	4,76

VANO REGULADOR 300 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.)									
	TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	197	194	192	189	186	184	181	179	176	174
2	313	308	304	300	296	292	288	284	280	276
1/0	498	491	484	477	470	464	457	451	445	439
2/0	627	618	610	601	593	585	577	569	561	554
4/0	998	984	970	957	943	930	917	905	892	881
FLECHA (m.)	4,88	4,95	5,02	5,09	5,17	5,24	5,31	5,38	5,46	5,53

NORMAS PARA DISTRIBUCION RURAL

APENDICE E: TENSIONES Y FLECHAS INICIALES

INECEL
UNEPER

VANO REGULADOR 320 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C) I) 20 / II) 10	22 / 12	24 / 14	26 / 16	28 / 18	30 / 20	32 / 22	34 / 24	36 / 26	38 / 28
4	193	190	188	185	183	181	178	176	174	172
2	306	302	298	294	291	287	283	280	276	273
1/0	487	480	474	468	462	457	451	445	440	434
2/0	614	606	598	590	583	576	568	561	554	548
4/0	976	964	951	939	927	916	903	892	882	871
FLECHA (m.)	5,68	5,75	5,83	5,90	5,98	6,05	6,13	6,21	6,28	6,36

VANO REGULADOR 340 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C) I) 20 / II) 10	22 / 12	24 / 14	26 / 16	28 / 18	30 / 20	32 / 22	34 / 24	36 / 26	38 / 28
4	189	187	185	182	180	178	176	174	172	170
2	300	296	293	290	286	283	280	277	273	270
1/0	477	472	466	461	455	450	445	440	435	430
2/0	602	594	587	581	574	567	561	555	548	542
4/0	957	946	934	924	913	902	892	882	872	863
FLECHA (m.)	6,54	6,61	6,69	6,77	6,85	6,93	7,01	7,09	7,17	7,25

VANO REGULADOR 360 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.) TEMPERATURA (°C) I) 20 / II) 10	22 / 12	24 / 14	26 / 16	28 / 18	30 / 20	32 / 22	34 / 24	36 / 26	38 / 28
4	186	184	182	180	178	176	174	172	171	169
2	295	291	288	285	282	279	276	273	271	268
1/0	469	464	459	454	449	444	440	435	431	426
2/0	591	584	578	572	566	560	554	548	543	537
4/0	940	930	920	910	900	891	882	872	863	855
FLECHA (m.)	7,46	7,54	7,62	7,71	7,79	7,87	7,95	8,04	8,12	8,20

INECEL UNEPER	NORMAS PARA DISTRIBUCION RURAL	DC/03
	APENDICE E: TENSIONES Y FLECHAS INI - CIALES	HOJA 9 DE 9
		FECHA: VIII/80

VANO REGULADOR 380 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.)									
	TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	183	181	179	177	176	174	172	171	169	169
2	290	287	284	281	279	276	273	271	268	266
1/0	461	457	452	448	443	439	435	431	427	423
2/0	582	576	570	564	559	554	548	543	538	533
4/0	925	916	907	898	889	881	872	864	856	848
FLECHA (m.)	8,45	8,53	8,62	8,70	8,79	8,87	8,96	9,05	9,13	9,21

VANO REGULADOR 400 m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.)									
	TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4	180	178	176	175	174	172	171	169	168	166
2	286	283	281	278	276	273	271	269	266	264
1/0	455	451	446	442	438	435	431	427	424	420
2/0	573	568	563	558	553	548	543	538	534	529
4/0	912	904	895	887	879	871	864	857	850	842
FLECHA (m.)	9,49	9,58	9,67	9,76	9,85	9,93	10,02	10,11	10,19	10,28

VANO REGULADOR m.

CONDUCTOR TAMAÑO AWG	TENSION (Kg.)									
	TEMPERATURA (°C)									
	I) 20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
	II) 10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
4										
2										
1/0										
2/0										
4/0										
FLECHA (m.)										

ECUACION DE ESTADO:

La ecuación permite la determinación de la tensión desarrollada en el conductor para las condiciones dadas (subindice 2): temperatura, y sobrecarga, partiendo de las condiciones de referencia (subindice 1): tensión, temperatura y sobrecarga, de la siguiente relación:

$$\boxed{\sigma_2^2 \, (\sigma_2 + M) = N}$$

Donde:

$$M = A \left(\frac{S \, Z_1}{\sigma_1} \right)^2 - \sigma_1 + B (\theta_2 - \theta_1)$$

$$N = A \, (S \, Z_2)^2$$

$$A = \frac{\gamma^2 E}{24}$$

$$B = E \alpha$$

Siendo:

σ_2 = Tensión unitaria, condición dada, Kg/mm2

σ_1 = Tensión unitaria, condición de referencia, Kg/mm2

θ_2 = Temperatura, condición dada, °C

θ_1 = Temperatura, condición de referencia, °C

Z_2 = Coeficiente de sobrecarga, Tabla 1, condición dada.

Z_1 = Coeficiente de sobrecarga, Tabla 1, condición de referencia.

S = Vano horizontal, m.

γ = Peso específico, Apéndice A, Kg/m. mm2

E = Módulo de Elasticidad, Apéndice A, Kg/mm2

α = Coeficiente de dilatación lineal, Apéndice A, 1/°C

PARAMETRO DE LA PARABOLA (C)

$$C(m) = \frac{\sigma}{\gamma}$$

TENSION TOTAL (T)

$$T(Kg.) = \sigma \times a$$

Siendo "a" la Sección transversal total del conductor en mm2

FLECHA (f)

$$f(m) = \frac{S^2}{8\ C}$$

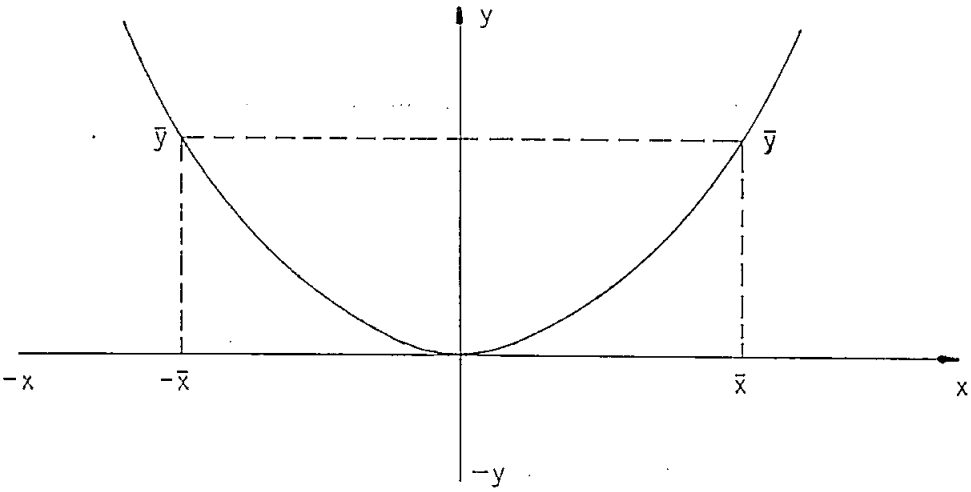
$$f(m) = \frac{S^2 W}{8\ T}$$

Siendo "W" el peso del conductor en Kg/m

$$f_2 = f_1 \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2$$

ECUACION DE LA PARABOLA

$$\bar{y} = \frac{\bar{X}^2}{2C}$$



$$X = \frac{S}{2} \qquad y = f$$

Para elaborar la plantilla, considerar las escalas horizontal y vertical correspondientes adoptadas para la representación del perfil - longitudinal de la línea.

TABLA Nº 1

CONDICION *	COEFICIENTE DE SOBRECARGA Z				
	CONDUCTOR TAMAÑO AWG				
	4	2	1/0	2/0	4/0
ESTADOS I, III, y IV.	1	1	1	1	1
ESTADO II	3,43	2,78	2,29	2,09	1,77

* Definición de Estados, Ver Numeral 3.4.