

U/H 22213  
011 p  
V

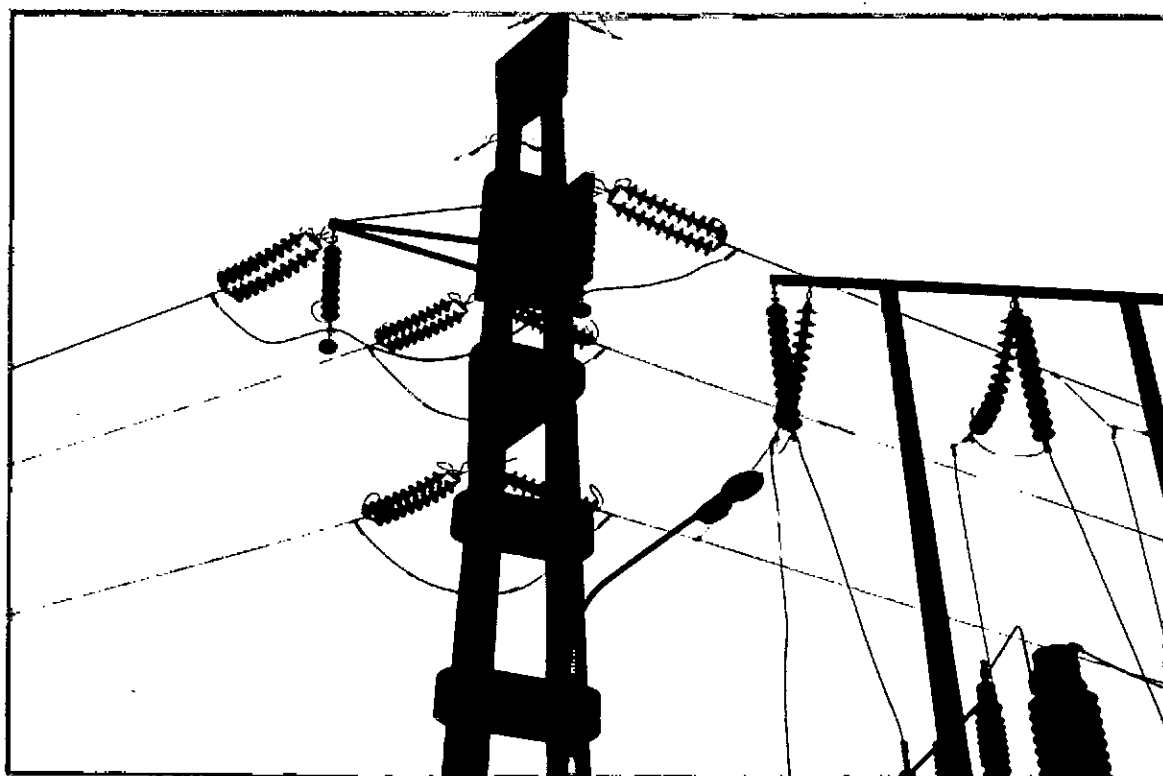
46665

IO FEDERAL DE INVERSIONES

# PLAN DE ELECTRIFICACION DE LA PROVINCIA DE LA RIOJA

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARTICULARES,

NORMAS



JUNIO 1993

**ESTUDIOS Y DISEÑOS PARTICULARES,  
NORMAS**

**JUNIO 1993**

## ESTUDIOS Y DISEÑOS PARTICULARES, NORMAS

### INTRODUCCION

El presente informe contiene la información de estudios, consideraciones y recomendaciones para los anteproyectos de las subestaciones de transformación del "Plan de Electrificación de la Provincia de La Rioja" que se indican a continuación:

Para el anteproyecto definitivo de Línea de Alta Tensión 132 kV Chamical-Chepes-Luján y Estaciones Transformadoras Chamical-Chepes.

- E.T. 132/33/13,2 kV en Chamical

- E.T. 132/33 kV en Chepes

Para el estudio de la expansión eléctrica urbana y rural de los principales asentamientos provinciales.

- E.T. 33/13,2 kV en Aimogasta (zona de Machigasta)

1.- Potencia nominal y conexión de los transformadores de las subestaciones.

- E.T. 132/33/13,2 kV en Chamical dispondrá un transformador de 7,5/5,5/5,5 MVA (a reciclar proveniente de la E.T. Aimogasta de 132 kV) con conexión: Estrella efectivamente puesta a tierra (rígida) en 132 kV - Triángulo en 33 kV - Estrella no efectivamente puesta a tierra (neutro artificial con reactor zig-zag) en 13,2 kV.

132/33 -----> Y d 11

132/13,2 -----> Y y 0

33/13,2 -----> D y 11

- E.T. 132/33 kV en Chepes dispondrá de un transformador de 7,5 MVA con conexionado: Estrella efectivamente puesta a tierra (rígida) en 132 kV - Triángulo en 33 kV.

132/33 -----> Y d 11

- E.T. 33/13,2 kV en Aimogasta dispondrá de un transformador de 3000 kVA con conexionado: Triángulo en 33 kV y Estrella no efectivamente puesta a tierra en 13,2 kV (en estrella).

33/13,2 -----> D y 11

## 2.- Nivel de cortocircuito.

Del análisis de fallas del cortocircuito con el objeto de permitir el dimensionamiento de equipos e instalaciones de las subestaciones efectos electrodinámicos y térmicos se han adoptado los siguientes niveles máximos para aportes de cortocircuito a nivel provincial.

Barras de 13,2 kV - Potencia de cc 250 MVA

Barras de 33 kV - Potencia de cc 350 MVA

Barras de 132 kV - Potencia de cc 2500 MVA

Los aportes en las barras para diseño se consideran en forma simultánea.

## 3.- Regulación de tensión.

Se fijaron los límites de los reguladores de tensión de los transformadores en las subestaciones en los siguientes valores:

- Reguladores bajo carga primarios : -5%, +15%
- Reguladores sin carga secundarios : +-2 x 2,5%
- Terciario : sin regulación

#### 4.- Normas de aplicación.

Aún en los casos en que no se las menciona explícitamente, se entienden que se deberán respetar en su oferta en un todo las normas IRAM, o en su efecto, las Especificaciones Técnicas de Agua y Energía Eléctrica tanto en lo referente a provisión de equipos como a su montaje.

A continuación se detallan dichas normas:

##### a.- Referente a Proyecto y Montaje

- . Especificación Técnica N° 78 de AyEE.

##### b.- Referente a Transformadores de Potencia

- . Especificación Técnica T-79 de AyEE.
- . Norma IRAM 2104-Relación de Transformación y de fase.
- . Norma IRAM 2106-Rendimiento y Regulación.
- . Norma IRAM 2018-Ensayo de Calentamiento.
- . Norma IRAM 2105-Rigidez de Transformadores.
- . Norma IRAM 2112-Verificación de Condiciones de Cortocircuito.
- . Norma IRAM 2099-Condiciones Generales.

##### c.- Referente a Protección contra Incendio

- . Especificación Técnica GI 52 de AyEE.
- . Norma IEC 76.

##### d.- Referente a Descargadores de Sobretensión

- . Norma IEC 71-Coordiación de la Aislación

- . Norma IRAM CEA F 23N-Descargadores de sobretensión.
- e.- Referente al Galvanizado de Partes y Equipos en General
  - . Norma VDE 0210/5.
  - . Especificación Técnica T 43 de AyEE.
- f.- Referente a Interruptores
  - . Especificación Técnica GI 62 de AyEE.
- g.- Referente a Seccionadores
  - . Norma IEC 129.
- h.- Referente a Transformadores de intensidad
  - . Norma IEC 185.
  - . Norma IRAM 2025.
- i.- Referente a Transformadores de Tensión
  - . Norma IEC 185.
  - . Norma IRAM 2025.
- j.- Referente a Celdas de 13,2 kV
  - . Norma VDE 0101-Distancias Eléctricas.
  - . Norma IRAM DEF/1054-Pintura de Paneles.
  - . Norma IRAM 2053-Pintura de Barras.
  - . Especificación Técnica T-62 de AyEE.

- k.- Referente a Transformador de Servicios Auxiliares
  - . Norma IRAM de Transformadores de Distribución 2250.
- l.- Referente a Cables de Media Tensión
  - . Norma IRAM 2160.
- m.- Referente a Cables de Baja Tensión
  - . Especificación Técnica T-61 de AyEE.
- n.- Referente a Canales para Cables de Comando y Medición
  - . Plano GC 5920/1 a 6 de AyEE.
- ñ.- Referente a Tablero de Comando
  - . Especificación Técnica T-61 de AyEE.
- o.- Referente a Bastidor de Protección y Mediciones
  - . Especificación Técnica T-61 de AyEE.
- p.- Referente a Puesta a Tierra
  - . Especificación Técnica T-75 de AyEE.
- q.- Referente a Edificio de Comando
  - . Reglamento Argentino de Hormigón Armado.
  - . Norma NAA 80 del Instituto Nacional de Previsión Sísmica.
- r.- Referente a Matafuegos
  - . Norma IRAM 3509.

s.- Referente a Estructura Soporte de Aparatos

. Norma IRAM 1603.

t.- Referente a Dimensiones de Planos a Presentar

. Norma IRAM 4505, serie A-1.

u.- Referente a Protección Atmosférica de Equipos en Playa de Intemperie

. Norma IRAM 722.

5.- Niveles de aislación.

Para todo el equipamiento los valores de máxima tensión de servicio y nivel de aislación (BIL) para cada nivel de tensión serán los normalizados por la IRAM 2211 e IEC 71.

5.1.- Equipamiento de 132 kV.

Para todo el equipamiento de 132 kV la tensión máxima de servicio será de 145 kV.

El BIL de transformadores de potencia, de medida, y equipos de maniobra será de 550 kV, de modo de aumentar la confiabilidad del equipamiento.

El nivel de aislación de seccionadores será de 630 kV entre contactos.

El neutro de los transformadores será conectado rígidamente a tierra debiendo asegurarse en todos los casos un coeficiente de puesta a tierra  $k \leq 0,8$  (factor de puesta a tierra  $3^{1/3} \leq 1,44$ ) de modo de permitir el uso de aislación reducida en los transformadores de potencia.



El  $k$  se define como la relación entre la máxima tensión a tierra y la tensión compuesta de fase anterior a la falla.

El nivel de cortocircuito para aparatos de maniobra se fija en 2500 MVA de acuerdo con lo indicado en punto 2.

#### 5.2.- Equipamiento de 33 kV.

Para todo el equipamiento de 33 kV la tensión máxima de servicio será de 36 kV y el nivel de aislación (BIL) para transformadores de potencia, de medida, y aparatos de maniobra será de 170 kV.

Para seccionadores abiertos, de 195 kV entre contactos.

Dado que no hay beneficio económico por utilizar aislación reducida se usará aislación completa en transformadores.

El nivel de cortocircuito en 33 kV será de 350 MVA de acuerdo con lo indicado en punto 2.

#### 5.3.- Equipamiento de 13,2 kV.

Para todo el equipamiento de 13,2 kV la tensión máxima de servicio será de 14,5 kV. Se utilizará aislación completa en todos los transformadores de potencia, con un nivel de aislación de 95 kV.

Para seccionadores abiertos dicho nivel será de 110 kV entre contactos.

Con el fin de asegurar un bajo coeficiente de puesta a tierra, los arrollamientos de 13,2 kV serán conectados en estrella no efectivamente puesta a tierra.

Se prevé la instalación de un neutro artificial para asegurar la detección de fallas y el funcionamiento selectivo de las protecciones. Esto permitirá además incorporar resistencia de puesta a tierra en aquellos casos en que se justifique técnicamente o trabajar inclusive con neutro aislado.

La potencia de cortocircuito para todas las subestaciones será de 250 MVA.

#### 6.- Criterios de diseño.

Se han definido los siguientes objetivos de diseño para el anteproyecto de las Estaciones Transformadoras concernientes al Plan de Electrificación Provincial.

- a) Mínima inversión inicial.
- b) Máxima seguridad de servicio.
- c) Mínimos costos operativos.
- d) Elasticidad de diseño.
- e) Posibilidades de ampliación.

#### 6.1.- Estaciones Transformadoras de Chamical, Aimogasta y Chepes.

Las características de diseño y nivel de equipamiento propuestos para estas Estaciones son las siguientes:

- 6.1.1.- Simple juego de barra de 132 kV en EE.TT. Chamical y Chepes y de 33 kV en E.T. Aimogasta.
- 6.1.2.- Capacidad de transformación inicial de 7,5 MVA (potencia comercial mínima), ampliable de 15 MVA mediante el agregado de un segundo transformador en EE.TT. Chamical y Chepes y de 3000 kVA en E.T. Aimogasta.
- 6.1.3.- Comunicación y coordinación de maniobras mediante equipo de onda portadora se excluye en E.T. Aimogasta.

6.1.4.- Campos de 132 kV tipo intemperie. Campos de 33 kV y 13,2 kV tipo interior, en celdas blindadas ubicadas en el edificio de comando para EE.TT. Chamical y Chepes.

6.1.5.- Campos de 33 kV tipo intemperie. Campos de 13,2 kV tipo interior, en celdas blindadas ubicadas en el edificio de comando para EE.TT. Aimogasta.

6.1.6.- Regulación automática bajo carga (+ 15, - 5%) en el arrollamiento primario y "taps" en el secundario.

6.1.7.- Bobinados de 132 kV conectados en estrella con neutro accesible puesto a tierra.

6.1.8.- Transformador de doble destino: neutro artificial y alimentación de servicios auxiliares en 13,2 kV para EE.TT. 132/33/13,2 kV Chamical y Chepes.

6.1.9.- Potencia de cada bobinado:

	Chamical	Chepes	Aimogasta
Primario	7,5	7,5	3
Secundario	5,5	7,5	3
Terciario	5,5	-	

Posibilidades de ampliación de la instalación civil para eventual futuro centro de distribución zonal (oficinas, taller de mantenimiento y depósito de materiales) con módulos de 3,5 m.

- 6.1.10.- Los cables de comando son alojados en canales contruidos para tal fin, realizados en hormigón variando sus dimensiones de acuerdo a la cantidad que deban conducir.
- 6.1.11.- La aislación de barras y aparatos constitutivos de la subestación se efectúa por medio de aisladores del tipo de suspensión a caperuza y vástago, o del tipo soporte según sea su uso.
- 6.1.12.- Los conductores para barras tipo intemperie serán del tipo flexible, mientras que las conexiones entre los aparatos se realizarán con conexiones rígidas tubulares.  
La morsetería se diseña y dimensiona para cada caso en particular, siendo del tipo bimetálico cuando se requiera realizar uniones de cobre - aluminio.  
Las partes ferrosas serán galvanizadas por inmersión en baño caliente.  
Las morsas de retención y de suspensión se realizan de material antimagnético.
- 6.1.13.- Para la puesta a tierra de la instalación, se realiza en el terreno de la subestación una malla de tierra dimensionada conforme a los valores de corriente de falla calculados y a la resistividad del terreno. En forma general la malla se ubica como mínimo a 0,50 m. de profundidad y estará constituida por cables de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección y jabalinas en forma de caño de copperweld o cobre preferentemente de 6 metros de longitud de diámetro 48/36 mm. Algunas de ella llevarán cámara de inspección.  
Las puestas a tierra de los descargadores serán independientes.

- 6.1.14.- La iluminación de las instalaciones se realiza por un sistema de alumbrado que puede ser de los siguientes tipos:

Playa a la intemperie

- Iluminación permanente

Los artefactos serán del tipo de iluminación extendida, aptos para intemperie, se preferirá los artefactos de sodio de alta presión completos con su ignitor. Los circuitos se distribuyen en las tres fases y se eligen de manera tal que por falla de una de ellas, no queden sectores sin iluminación.

El encendido de la iluminación es mediante células fotoeléctricas. Asimismo se realiza su encendido y apagado en forma manual desde la llave instalada en el tablero de servicios auxiliares de corriente alterna. El ángulo de enfoque es inferior a 50°.

Se requiere una iluminación media de 20 lux en la zona de equipos en un plano de trabajo de un metro del nivel del piso; con la totalidad de los artefactos encendidos.

Cuando este nivel no se logra con alumbrado normal, se dispondrán torres de iluminación, con escaleras marineras y guardahombres adosados.

La cantidad y dimensiones de las mismas surgen del proyecto ejecutivo.

- Iluminación de emergencia

Se instalan artefactos tipo tortuga herméticos para intemperie que contienen la iluminación de emergencia en 110 V - 100 V.

Se disponen además cajas de tomacorrientes, con llaves, accesorios para amarre de los artefactos y protecciones mecánicas.

Los tomas monofásicos y trifásicos con sus correspondientes accesorios se alimentan mediante circuitos independientes.

#### 6.1.15.- Cables de guardia.

Es el encargado de procurar protección contra golpes de rayos, se dispone de modo de cubrir todas las partes activas de la instalación.

Los equipos principales (transformadores) y las salidas de líneas disponen de descargadores del tipo de óxidos metálicos (óxido de zinc) para su protección contra sobretensiones de maniobra y atmosféricas.

Si bien es cierto que la vinculación por onda portadora propuesta, exigirá inversiones adicionales, el servicio se verá beneficiado por una vinculación telefónica eficiente con su centro de control y una sustancial disminución de los costos de personal de operación.

Además en el futuro la Provincia se vinculará al SIN, cuyo Despacho Unificado de Cargas requiere del telecomando, cuya incorporación se verá facilitada por la existencia del equipo de onda portadora.

La elección de celdas blindadas en las E.T. de 132 kV para los campos de 33 kV y 13,2 kV se justifica por el elevado número de salidas previsto en estas tensiones, por la característica polvorienta de los lugares de emplazamiento de las EE.TT. que exigirá multiplicar las operaciones de mantenimiento de instalaciones tipo intemperie y por el relativo bajo costo actual de las celdas frente a los campos para uso exterior.

#### 6.2.- Esquemas unifilares.

Se han adoptado los siguientes tipos de esquemas unifilares:

E.T. Chepes (la E.T. Chamical es similar), ver Plano Nº LAR-P-ET-2000.

E.T. Aimogasta, ver Plano AIM-P-500.

Se dejará previsto el espacio para la ampliación de la EE.TT. con una segunda salida de línea y un segundo transformador, cuando las necesidades del servicio lo exijan.

El esquema final será el de una E.T. convencional con interruptores de entrada de líneas y transformadores, y simple juego de barras.

En línea de trazos se indican los equipos que deberían instalarse en el futuro.

### 6.3.- Emplazamiento.

La ubicación de las estaciones transformadoras fue definida conjuntamente con E.P.E.L.A.R. en ocasión de los relevamientos de campaña realizados. Los criterios generales seguidos para la selección de los terrenos son los que a continuación se detallan:

- a) Fácil acceso desde rutas pavimentadas.
- b) Posibilidad de realizar acometidas de línea de alta y media tensión sin mayores dificultades.
- c) Máximo aprovechamiento de la red actual de M.T. como futura red de subtransmisión y distribución.
- d) Mínimas tareas de nivelación y desmonte.
- e) Mínima área inundable y buen drenaje.
- f) Dimensiones compatibles con las necesidades del equipamiento actual y futuro.
- g) Facilidad legal de obtención o expropiación.
- h) Baja resistividad del terreno.

Las mediciones de resistividad practicadas durante las tareas de campaña indicaron que sólo en Aimogasta el valor de resistividad es elevado. Durante la etapa de ejecución se realizarán nuevas mediciones y propondrán soluciones.

En el resto de los terrenos seleccionados, los valores de resistividad del suelo se encuentran dentro de rangos normales.

- La E.T. Chepes se emplazará a 200 m. del cruce de las rutas Nacional Nº 20 y Provincial Nº 79 en el punto denominado "El 14" con el portón de acceso sobre la ruta Nacional Nº 20.
- La E.T. Chamical se emplazará sobre la ruta Nacional Nº 38 próximo a la base aeronaval del Chamical en el terreno lindante a la Sociedad Rural de Chamical.
- La E.T. Aimogasta se ubicará en el terreno de la escuela Agrotécnica de Machigasta próxima a la intersección de la calle Nº 25 y la calle principal de Machigasta. Ver Plano MAC-P-0354 frente al poste de suspensión Nº 47.

#### 6.4.- Dimensionamiento de mallas de puesta a tierra.

##### 6.4.1.- General.

Con el objeto de predimensionar las mallas de puesta a tierra en estaciones transformadoras y verificar su funcionamiento, se adoptaron los valores de mediciones de resistividad en los terrenos seleccionados para emplazar las EE.TT., en distintas profundidades y épocas del año. Los valores promediados pueden observarse en el cuadro correspondiente.

Posteriormente, siguiendo los lineamientos de cálculo de la Especificación Técnica Nº 75 de AyEE, se dimensionó para cada E.T. una malla capaz de drenar a tierra la corriente de cortocircuito máxima estimada (punto 2) sin permitir que las tensiones de paso, contorno y el gradiente periférico superen los límites especificados (en normas VDE).



#### 6.4.2.- Procedimiento de cálculo.

El cálculo se realizó como se indica a continuación, con los siguientes valores para cada estación:

- Resistividad promedio del terreno ( $R_o$ ).
- Dimensiones de la malla (ancho, largo y superficie).
- Profundidad de implantación de la malla.
- Corriente a dispersar por la red de tierra.
- Tiempo de duración de la falla.
- Temperatura máxima final del conductor de la malla.
- Características de las jabalinas.

Se calcularon los siguientes valores:

- Sección mínima del conductor de malla.
- Longitud del conductor enterrado.
- Resistencia de malla, jabalina y compuesta.
- Corriente dispersada por la malla y por las jabalinas.
- Tensión de paso, de contacto y gradiente de potencial en la periferia (verificación).

Resistividad promedio del terreno de estaciones transformadoras

Estación transformadora	Resistencia (ohm)	Resistividad (ohm . m)
Chamical	0,75	100
Aimogasta	11,00	345
Chepes	0,50	16

### Cálculo de Puesta a Tierra - E.T. Chepes

Corriente de cortocircuito en 132 kV =

$$2500 \text{ MVA} / 3^{(1/3)} * 132 \text{ kV} = 10,9 \text{ kA}$$

Sección del conductor 50 mm<sup>2</sup>.

Longitud de la malla de tierra = 990 m; 55 x 55

Superficie = 3025 m<sup>2</sup>

Ro resistividad del terreno = 16 rm

$$V_c = 0,7 * R_o * I_m / L \quad V_c \leq 125 \text{ V (tensión de contacto)}$$

$$I_m = 125 * 990 \text{ m} / 0,7 * 16 \text{ rm} = 11049 \text{ A (corriente de malla)}$$

$$V_p = 0,16 * R_o * I_m * l_m / L * h = 0,16 * 16 * 11049 / 990 * 0,6$$

$$= 47,6 \text{ V} \leq 125 \text{ (tensión de paso)}$$

$$G_p = R_o * I_m / (D/2)^2 = 16 * 11049 / (77/2)^2 = 16 * 11049 / 1508$$

$$= 117 \text{ V/m} \leq 125 \text{ (gradiente de potencial)}$$

$$D' = ((55)^2 + (55)^2)^{(1/2)} = 77$$

Verifica.

$$R_{j1} = (R_o / (2 * \pi * l)) * (\ln (8l/d) - 1)$$

$$= (R_o / (2 * \pi * l)) * (2,3 * \log (8l/d) - 1)$$

l = longitud de la jabalina.

d = diámetro de la jabalina.

Se eligen jabalinas de 1 1/2" de diámetro exterior (4,82 cm) y longitud de 6 m.

$$R_j = (16 / 2 * \pi * 6) * (2,3 * \log (8600/4,82) - 1) = 2,50 \text{ r}$$

$$R_{j100} = 2,50 / 100 = 0,025$$

$$R_m = 16 \text{ rm} / 2D = 16 \text{ rm} / 62 = 0,257$$

$$D = (4 * 3025 / \pi)^{(1/2)} = 62,06$$

$$I_j * R_j = I_m * R_m$$

$$I_j = I_m * R_m / R_j = 11049 * 0,257 / 0,0250 = 11358 \text{ A}$$

Dispersión de la malla 11049 A.

Dispersión de las jabalinas 11358 A.

Verifican.

### Cálculo de Puesta a Tierra - E.T. Chamical

Corriente de cortocircuito en 132 kV =

$$2500 \text{ MVA} / 3^{(1/3)} * 132 \text{ kV} = 10,9 \text{ kA}$$

Sección del conductor 50 mm<sup>2</sup>.

Longitud de la malla de tierra: 33 x 60 = 798 m

Paso de la malla 5,50

Superficie de la malla = 1980 m<sup>2</sup>

Ro resistividad del terreno = 100 rm

$$V_c = 0,7 * R_o * I_m / L \quad V_c \leq 125 \text{ V (tensión de contacto)}$$

$$I_m = 125 * 798 \text{ m} / 0,7 * 100 \text{ rm} = 1425 \text{ A (corriente de malla)}$$

$$V_p = 0,16 * R_o * I_m * l_m / L * h = 0,16 * 100 * 1425 / 1980 * 0,6$$

$$= 19,19 \text{ V} \leq 125 \text{ (tensión de paso)}$$

$$G_p = R_o * I_m / (D/2)^2 = 100 * 1425 / (68/2)^2 = 100 * 1425 / 1170,9$$

$$= 121 \text{ V/m} \leq 125 \text{ (gradiente de potencial)}$$

$$D' = ((33)^2 + (60)^2)^{(1/2)} = 68 \text{ m}$$

Verifica.

$$R_{j1} = (R_o / (2 * \pi * l)) * (\ln (8l/d) - 1)$$

$$= (R_o / (2 * \pi * l)) * (2,3 * \log (8l/d) - 1)$$

l = longitud de la jabalina.

d = diámetro de la jabalina.

Se eligen jabalinas de 1 1/2" de diámetro exterior (4,82 cm) y longitud de 6 m.

$$R_j = (100 / 2\pi \cdot 6) * (2,3 \cdot \log (8600/4,82) - 1) = 15,62 \text{ r}$$

$$R_{j100} = 15,62 / 90 = 0,142$$

$$R_m = 100 / 2D = 100 / 100 = 1$$

$$D = (4 \cdot 1980 / \pi)^{1/2} = 50,2$$

$$I_j * R_j = I_m * R_m$$

$$I_j = I_m * R_m / R_j = 1425 * 1 / 0,142 = 10035 \text{ A}$$

Dispersión de la malla 1425 A.

Dispersión de las jabalinas 10035 A.

Verifican.

### Cálculo de Puesta a Tierra - E.T. Aimogasta

Corriente de cortocircuito en 33 kV =

$$350 \text{ MVA} / 3^{(1/3)} * 33 \text{ kV} = 6,12 \text{ kA}$$

Sección del conductor 50 mm<sup>2</sup>.

Longitud de la malla de tierra: 24 x 24 = 288 m

Paso de la malla 4 m

Superficie de la malla = 576 m<sup>2</sup>

Ro resistividad del terreno = 345 rm

$$V_c = 0,7 * R_o * I_m / L \quad V_c \leq 125 \text{ V (tensión de contacto)}$$

$$I_m = 125 * 288 \text{ m} / 0,7 * 345 \text{ rm} = 150 \text{ A (corriente de malla)}$$

$$V_p = 0,16 * R_o * I_m * l_m / L * h = 0,16 * 345 * 150 / 288 * 0,6$$

$$= 47,91 \text{ V} \leq 125 \text{ (tensión de paso)}$$

$$G_p = R_o * I_m / (D/2)^2 = 345 * 150 / (34/2)^2 = 345 * 103 / 288$$

$$= 123 \text{ V/m} \leq 125 \text{ (gradiente de potencial)}$$

$$D' = ((24)^2 + (24)^2)^{(1/2)} = 34 \text{ m}$$

Verifica.

$$R_{j1} = (R_o / (2 * \pi * l)) * (\ln (8l/d) - 1)$$

$$= (R_o / (2 * \pi * l)) * (2,3 * \log (8l/d) - 1)$$

l = longitud de la jabalina.

d = diámetro de la jabalina.

Se eligen jabalinas de 1 1/2" de diámetro exterior (4,82 cm) y longitud de 6 m.

$$R_j = (345 / 2 * \pi * 6) * (2,3 * \log (8600 / 4,82) - 1) = 53,9 \text{ r}$$

$$R_{j100} = 53,9 / 180 = 0,3$$

$$R_m = 345 / 2D = 345 / 27 = 12,77$$

$$D = (4 * 576 / \pi)^{(1/2)} = 27$$

$$I_j * R_j = I_m * R_m$$

$$I_j = I_m * R_m / R_j = 150 * 12,77 / 0,3 = 6000 \text{ A}$$

Dispersión de la malla 150 A.

Dispersión de las jabalinas 6000 A.

Verifican.

### Verificación de la sección del conductor

(vale para todas las estaciones)

$$v = (k / q^2) * Id^2 * (t + \Delta t)$$

$v$  = calentamiento en  $^{\circ}\text{C}$  (adoptamos  $75^{\circ}\text{C}$  para  $\text{Cu}$ )

$q$  = sección del conductor en  $\text{mm}^2$

$k$  = constante del material, para  $\text{Cu}$  :  $k = 0,0058$

$Id$  = corriente de cortocircuito; en nuestro caso

132 kV    10600 A

33 kV    6000 A

tiempo de duración del cortocircuito : 1 sg.

$\Delta t = 0$  para nuestro caso

$$q = ((k / v)^{(1/2)}) * \sqrt{t} * (t^{(1/2)})$$

$$= (0,058/75)^{(1/2)} * 10600 * 1^{(1/2)} = 20,99 \quad q \geq 20,99$$

$\text{mm}^2$

adoptamos 50  $\text{mm}^2$  para 132 kV; ídem para 33 kV.



## 6.5.- Verificación de cables subterráneos

Los cables subterráneos de 13,2 y 33 kV especificados para la vinculación del transformador de potencia con las barras correspondientes fueron verificados conforme a las recomendaciones de la Norma VDE 0103.5.74.

### a) Caída de tensión máxima.

El cálculo se realizó por medio de la expresión:

$$\Delta U \text{ (V)} = k * I * L (R \cos \phi_i + X \sin \phi_i)$$

donde:

$\Delta U$ : caída de tensión en voltios

R : constante que en nuestro caso (cable trifásico) adopta el valor  $k = 2$

I : corriente a transmitir en ampere

L : longitud del cable en km

R y X : resistencia y reactancia por fase de los conductores a la frecuencia de 50 Hz y a la temperatura de servicio.

Para el cable de Cu 3 x 50 mm<sup>2</sup> de 33 kV, suponiendo que la máxima potencia de carga (7,5 MVA) atraviesa uno sólo de los dos cables en paralelo, y considerando que su longitud máxima es de 100 m, se obtiene una  $\Delta V = 20V$ , muy inferior al valor de 660 V (2%) admitido.

Para el cable de Cu 3 x 95 mm<sup>2</sup> de 13,2 kV, transportando una potencia de 5 MVA, se obtiene una  $\Delta V = 12V$ , también muy inferior a los 264 V (2%) admitidos.

b) Intensidad admisible en cortocircuito

Se verificó que las corrientes que circulan por los conductores en los casos de máxima falla no superan los valores recomendados por los fabricantes, coincidentes con lo especificado por la Norma VDE 0103.

Los valores máximos admitidos según catálogo vienen dados por la expresión:

$$I_{th} (A) = k * S / (t^{(1/2)})$$

donde:

I = intensidad admisible de cortocircuito

k = coeficiente que depende del material del conductor y de su máxima temperatura admisible, si se encuentra inicialmente a la temperatura máxima de régimen continuo (en nuestro caso R = 95 para conductor de Cu y R = 63 para conductor de aluminio).

S = sección del conductor en mm<sup>2</sup>

t = duración del cortocircuito en segundos

La comparación entre los valores admitidos y las máximas corrientes de falla en 13,2 y 33 kV permite asegurar que los cables especificados son adecuados:

Tensión (kV)	Sección (mm <sup>2</sup> )	I <sub>th</sub> (A)	Máx. Cte. de Falla (A)
33 kV	3x50 Cu	4750	1888
13,2 kV	3x95 Cu	9025	3381

## 6.6.- Verificación de iluminación exterior

### 6.6.1.- General

Con el objeto de predimensionar la iluminación exterior descripta según las pautas del ítem 6.1.14 en estaciones transformadoras y verificar su funcionamiento, se adoptaron los siguientes valores de iluminación para la playa y frente de interruptores:

E medio: 20 lux factor de uniformidad

$E_{\min} / E_{\text{med}} \geq 0,4$  para mejorar la seguridad de percepción y

$E_{\min} / E_{\max} \geq 0,3$  para permitir la facilidad de percepción.

En los terrenos seleccionados para emplazar las EE.TT. la ubicación final de las columnas de alumbrado y sus luminarias deben verificar las distancias eléctricas del anexo IX de los pliegos licitatorios.

Posteriormente siguiendo los lineamientos de la "IES Lighting handbook", del Manual de Alumbrado de Philips y de las recomendaciones de las normas IRAM - AADL, se desarrollan los siguientes lineamientos de cálculo que nos permiten predimensionar las columnas, artefactos y tipos de lámparas.

Corresponde al Contratista ejecutar el cálculo final en función de la ubicación definitiva de luminaria y grado de inclinación adoptado, el cual será aprobado por la E.P.E.L.A.R. dado que artefactos de diversas marcas comerciales tienen curvas diferentes que serán certificadas por un laboratorio lumino-técnico independiente reconocido por su prestigio a juicio de E.P.E.L.A.R.

#### 6.6.2.- Método de cálculo

- 19) El método de cálculo empleado es el de trazar el diagrama isolux mediante el método "punto por punto" al efecto se verifica la factibilidad de lograr los valores requeridos en puntos específicos con la solución propuesta.

Se debe recordar que el valor de la iluminancia en un punto de la superficie de la playa de la subestación, es la suma de todas las iluminancias parciales producidas por las luminarias en este punto.

Considerada una fuente de luz puntual

$$E_p = I_a * \cos^3 \text{Alfa} / h_m^2$$

$I_a$  = intensidad luminosa en un ángulo Alfa

$h_m$  = altura de montaje

Se considera el valor dado en la tabla de intensidades luminosas de la luminaria definida.

Se determina la distancia  $a$  de la fuente de luz a cada punto aplicando la fórmula:

$$a = h_m * \text{tg Alfa}$$

(para los valores de  $\cos^3 \text{Alfa}$  y  $\text{tg Alfa}$  precalculados se puede consultar tabla del apéndice del Manual de Alumbrado Philips).

- 29) Se dibujaron los valores de  $E$  y  $a$ , y partiendo de estos esquemas anexos, para tipos de artefactos con lámparas de sodio de alta presión de 400 W, se obtuvieron los valores de iluminación en lux en cada punto. Se considera el proceso en cada cuadrante.

39) Se define el aporte de obras luminarias sobre la considerada.

49) Este valor es el referido a 1000 lúmenes por luminaria. El valor real de iluminación en este punto se obtiene con:

$$E_p = F_l * n * E / 1000$$

$F_l$  = flujo luminoso por lámpara (48000 lm; 120 lm/W)

$n$  = número de lámparas por luminaria (2 \* 400)

$E$  = valor de las luminarias en el ítem anterior

Para evitar deslumbramiento se ha previsto ángulos de inclinación  $\leq (90^\circ - 30^\circ) = 60^\circ$ .

### **Subestación Chepes**

Se definen columnas de 18,5 m de altura libre y ángulo de inclinación del proyector entre 50º y 60º.

Proyector tipo SICOMPACT 5NA 717 o similar DIFUSO con dos lámparas de sodio de alta presión cada una.

Se instalarán 4 proyectores en cada torre con ángulo de aproximadamente 20º cada uno.

## Subestación Chamical

Se definen columnas de 18,5 m de altura libre y ángulo de inclinación del proyector entre 50º y 60º:

Proyector tipo SICOMPACT 5NA 717 o similar DIFUSO con dos lámparas de sodio de alta presión cada una.

Se instalarán 6 proyectores en cada torre con ángulo de aproximadamente 20º cada uno.

## Subestación Aimogasta

Se define la altura de artefacto en 7 m de altura luminaria tipo alumbrado público.

Luminaria tipo 5NA 352 o similar de radiación ancha, preparada para pescante mcon lámparas de 400 W a vapor de sodio de alta presión.

Se instalan con ángulos inferiores a 15° (se sugiere 10° para mejorar la luminaria media).

Se definen 8 artefactos, 4 de ellos con inclinación de 45° respecto del eje del campo de la E.T. según Plano AIM-P-501. Los artefactos que iluminan instalaciones futuras podrán ser desarrolladas en la primera etapa a sólo juicio de E.P.E.L.A.R., con el correspondiente proyecto del Contratista a ser aprobado por esta.

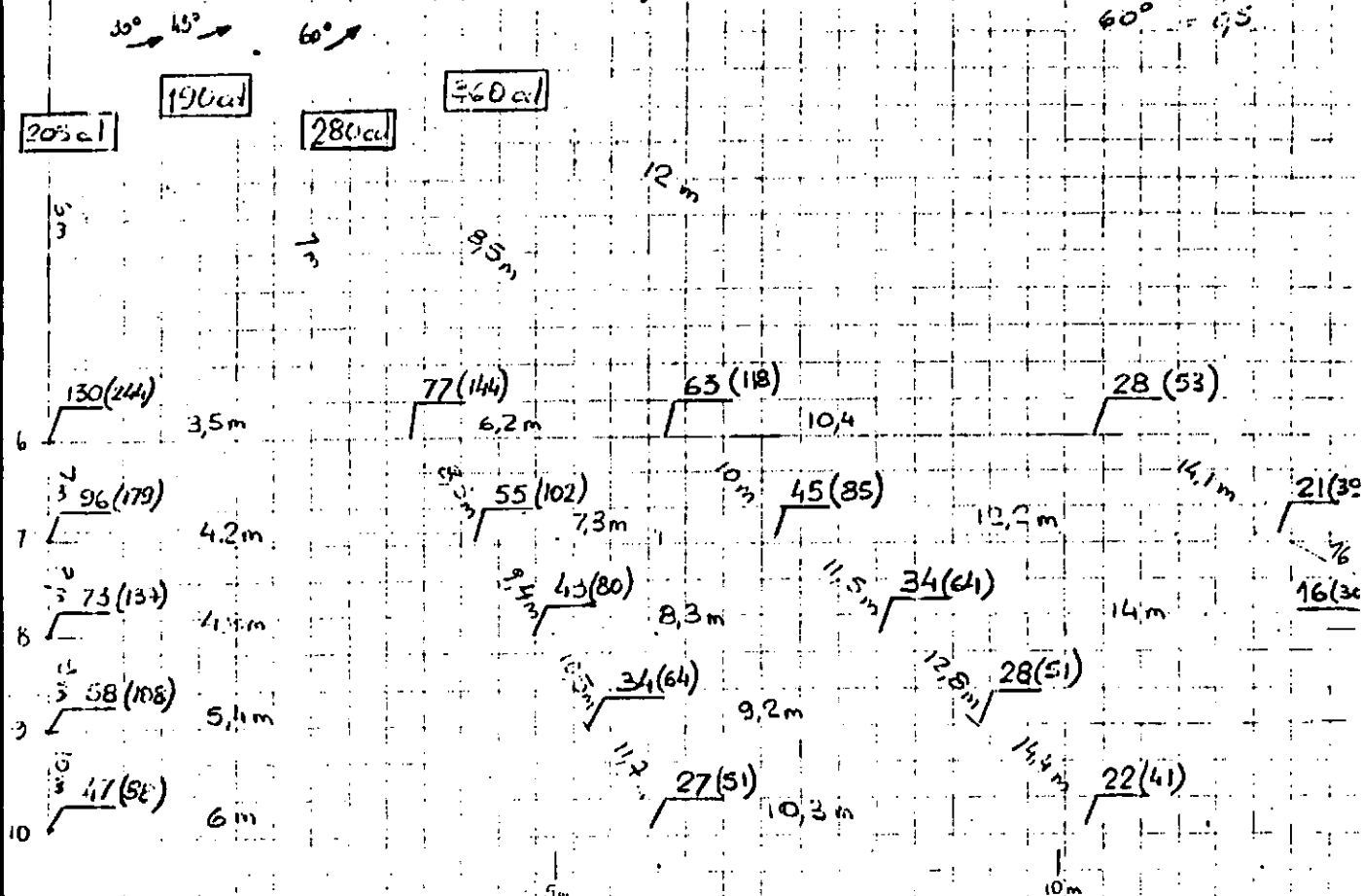
Ver anexo curvas de iluminación punto por punto para cálculo de iluminación sobre planos de planta y cortes.



LUMINARIA SIEMENS PARA ALUMBRADO PUBLICO SNA 352  
PARA LAMPARAS DE ALTA PRESION 250 - 400 W.

$\cos \phi$

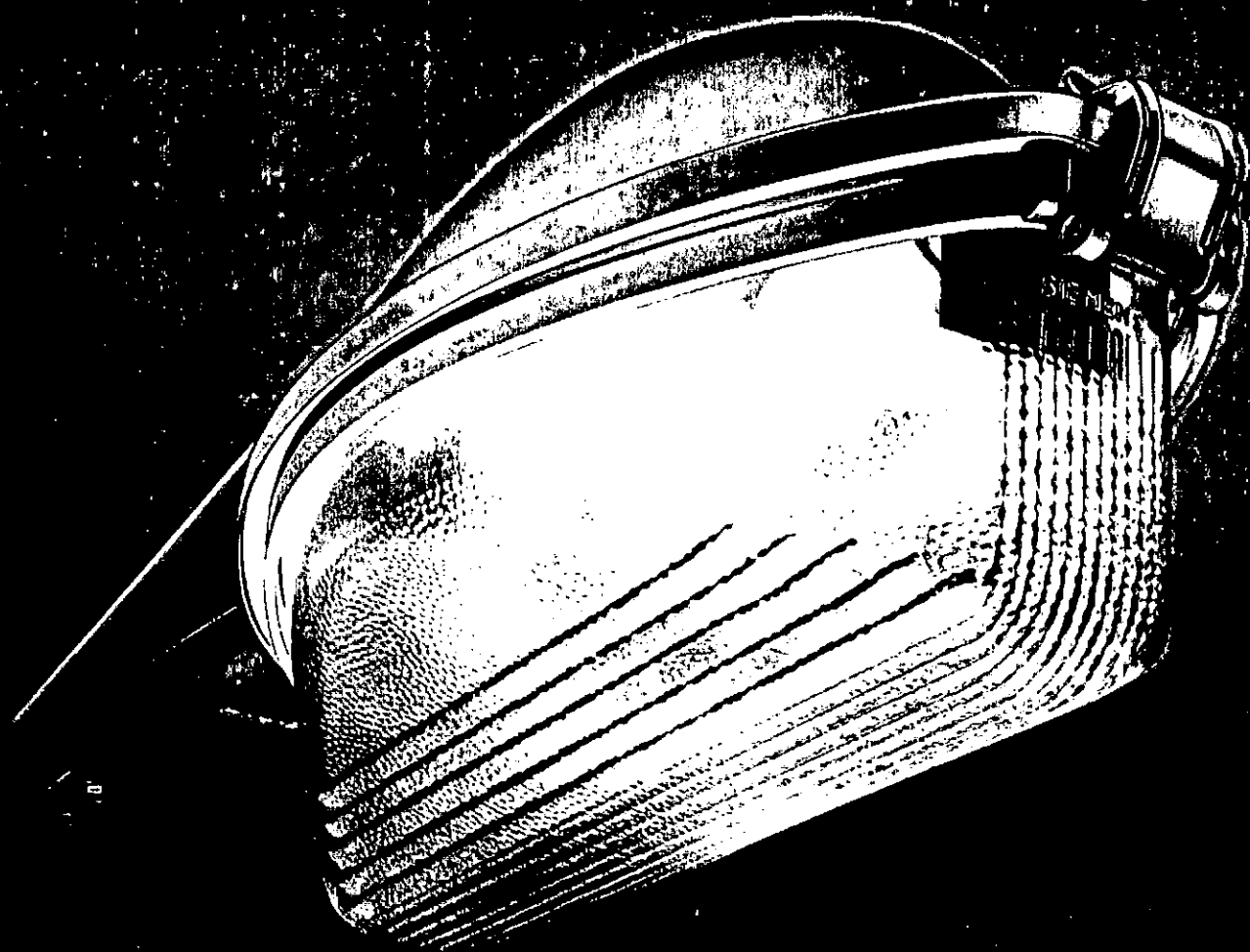
$0^\circ = 1$   
 $30^\circ = 0,866$   
 $45^\circ = 0,707$   
 $60^\circ = 0,5$



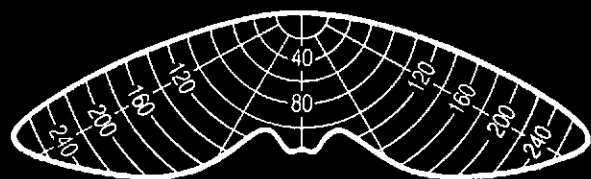
LOS NÚM. ENTRE PARENTESIS SON LOS NIVELES DE ILUMINACION EN LUX PARA EL MISMO ARTEFACTO CON LAMPARA DE 400 W (43 000 lm)

$\phi$	$h = 6m$	$h = 7m$	$h = 8m$	$h = 9m$	$h = 10m$
$0^\circ$	$E = \frac{43715 \times 1}{6^2} = 130$	$\frac{43715}{7^2} = 96$	$\frac{43715}{8^2} = 73$	$\frac{43715}{9^2} = 58$	$\frac{43715}{10^2} = 47$
$30^\circ$	$E = \frac{43715 \times 0,866}{7^2} = 77$	$\frac{3784}{8,3^2} = 55$	$\frac{3784}{9,7^2} = 43$	$\frac{3784}{10,5^2} = 34$	$\frac{3784}{11,7^2} = 27$
$45^\circ$	$E = \frac{43715 \times 0,707}{8,5^2} = 63$	$\frac{4553}{10^2} = 45$	$\frac{4553}{11,5^2} = 34$	$\frac{4553}{12,8^2} = 28$	$\frac{4553}{14,1^2} = 22$
$60^\circ$	$E = \frac{43715 \times 0,5}{12^2} = 28$	$\frac{4140}{14,1^2} = 21$	$\frac{4140}{16^2} = 16$		

# SIEMENS



## Luminaria para alumbrado público 5NA 352



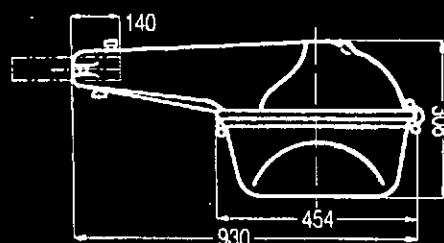
- ★ Distribución luminosa para 1.000 lm.
- ★ perpendicular al eje longitudinal
- ★ valores en candelas (cd)
- ★ radiación ancha

Las luminarias 5NA 352 satisfacen todas las exigencias que demanda el alumbrado público, y lo ha demostrado con una permanencia de más de 25 años en el mercado mundial, que se traduce en las siguientes ventajas:

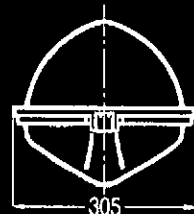
### Iluminación

- ★ Alta luminancia
- ★ Muy buena uniformidad
- ★ Prevención del deslumbramiento

Para extremo del pescante de 42/60



Medidas en mm.



Vista de frente

Hermeticidad  
Recinto lámpara; IP44  
Recinto equipo; IP23

## Luminarias 5NA 352

para el alumbrado público  
para lámparas de 125, 250 y 400 W a vapor de mercurio córregido  
para lámparas de 150, 200 y 400 W a vapor de sodio de alta presión

### Hermeticidad

- ★ Cierre mediante un filtro impregnado que permite el intercambio de aire, evitando así la condensación de humedad y la entrada de polvo.

### Limpeza

- ★ Tulipa de borosilicato con diseño a doble bisel, con prismas interiores. Su forma permite que el agua de lluvia escurra con fuerza por sus laterales y la mantenga siempre limpia.

### Temperatura

- ★ Brazo con equipo auxiliar funcionando a baja temperatura, debido a la aislación térmica entre éste y el cuerpo de la luminaria y a la ventilación por efecto chimenea debido a su diseño.

### Construcción:

El espejo parabólico de aluminio anodizado brillante es a la vez casco de la luminaria, que se vincula a un brazo de fundición Silumin, que contiene el equipo auxiliar. Un aro de acero inoxidable, de fijación sencilla, sujeta a la tulipa firmemente contra el fieltro. El portalámpara de porcelana presenta sistemas elásticos que sujetan a la lámpara por su zócalo, tanto en la rosca como en el contacto central. El equipo auxiliar va montado sobre una placa extraíble aflojando un solo tornillo imperdible.

### Montaje:

En brazo de columna con manguito de 0,44 a 60 mm. y 140 mm. de largo. Inclínación aconsejada 15°. Alturas de montaje varían entre 7 a 10 m.

### Distribución luminosa:

Tipo asimétrico para iluminar desde los laterales, con radiación ancha, pero limitada en ángulo superiores a 75° para prevenir el deslumbramiento. Tipo semiapantallado según CIE.

### Uso:

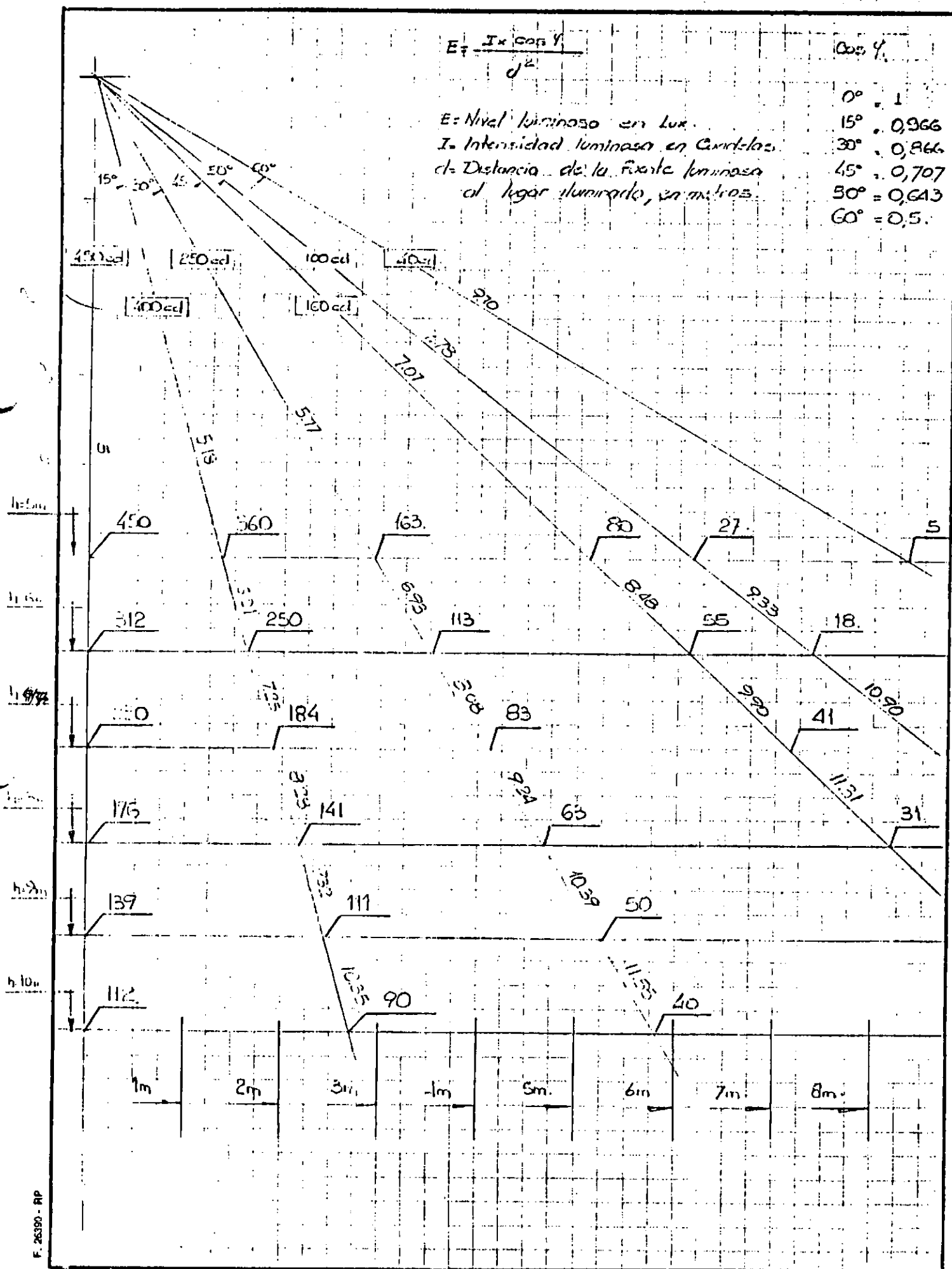
Para calles urbanas y suburbanas, de tipo colectoras y residenciales, con tránsito mezclado. También para parques y paseos, exteriores de fábricas, zonas portuarias y ferroviarias etc.

Para 1 lámpara OSRAM			
Tipo	Modelo	Nº de código	Peso Neto Kg
	Con Equipo aux.		
HQL 125 W	5NA 352 2-1D	242 112	0,8
250 W	5NA 352 2-1E	242 113	11,5
400 W	5NA 352 2-1F	242 114	12,5
NaVTE150 W	5NA 352 2-1DV	242 122	13,2
250 W	5NA 352 2-1FV	242 123	14,4
400 W	5NA 352 2-1FV	242 124	15,8
	Sin Equipo aux. (s/Tulipa)		
	5NA 352 0-1F	400025	5,4

### Accesorios

Tulipa	5Na 150 0-0XG	401001	3,6
Aro de cierre	5NA 352 0-0XR	405000	-
Portalámparas	5NY 302 - 6	405015	-
Base portaequipo	5NA 352 - B	405003	-

ARTEFACTO PROYECTOR SIEMENS SICOMPACT SNA 717  
CON LAMPARAS OSRAM NBT 400 (HASTA DOS LAMPARAS TUBULARES)



$$E = \frac{I \cdot \cos \varphi}{d^2}$$

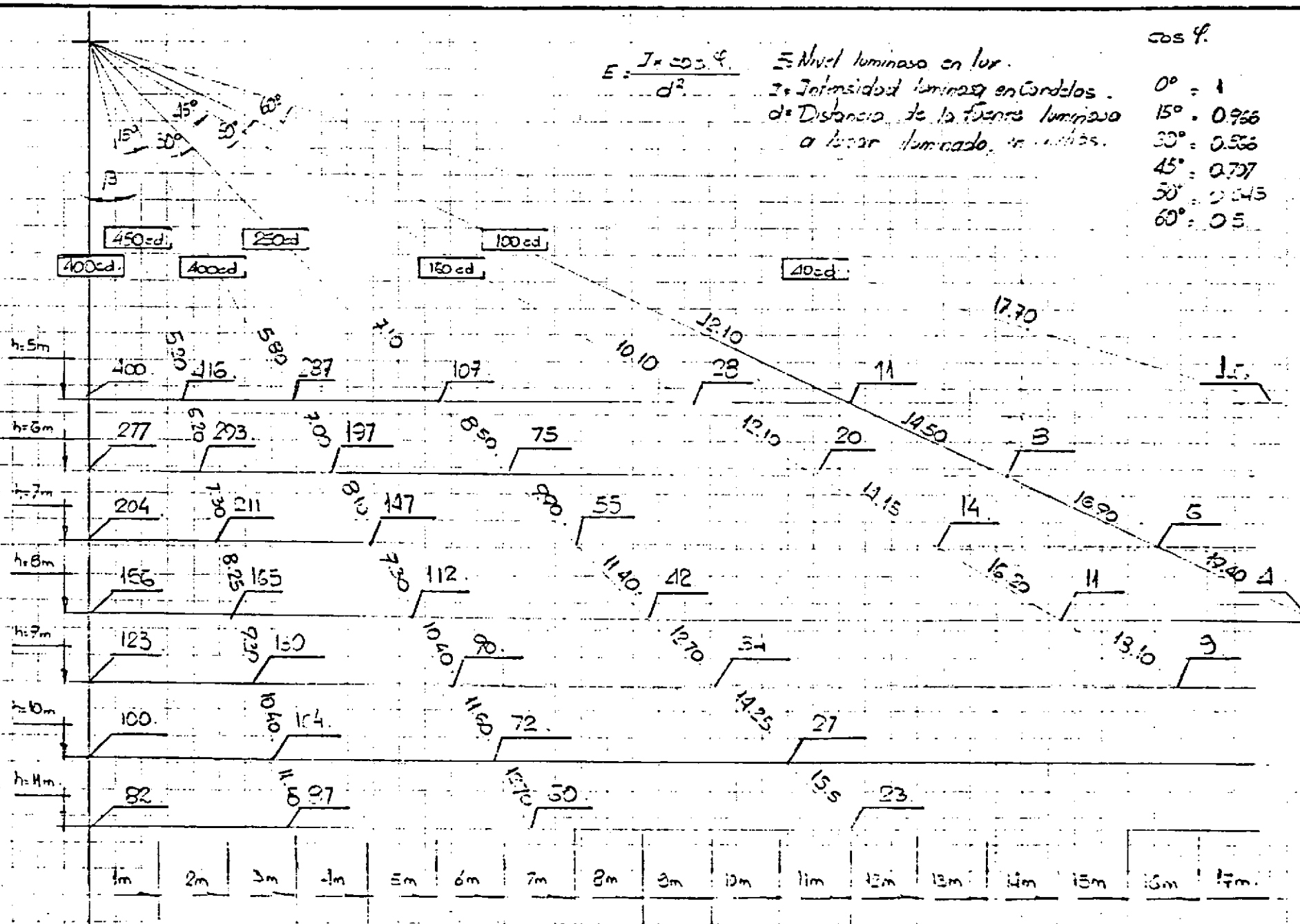
$E$  = Nivel luminoso en lux.

$I$  = Intensidad luminosa en Candelas.

$d$  = Distancia de la fuente luminosa a lugar iluminado, en metros.

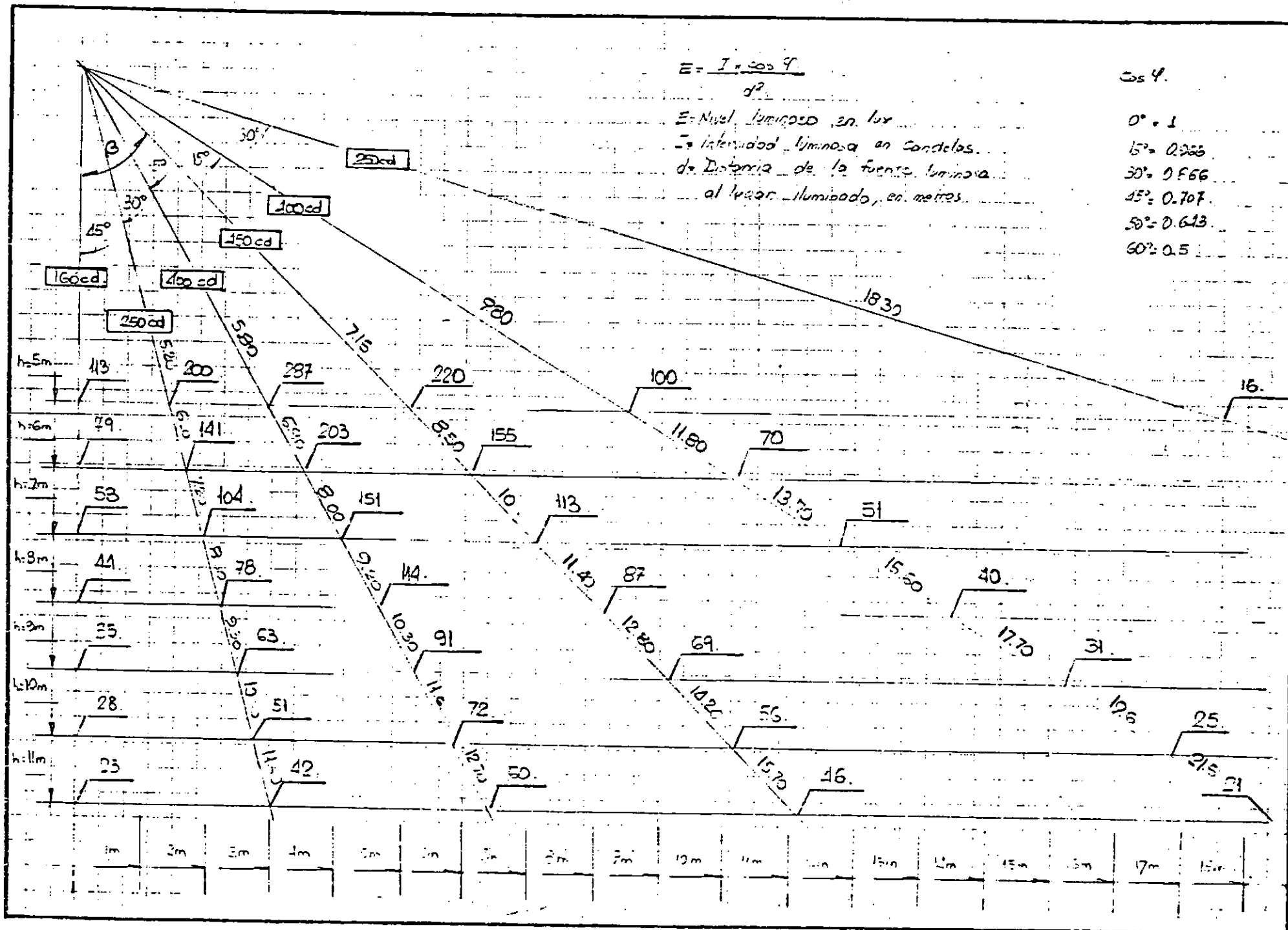
$\cos \varphi$

$0^\circ$	= 1
$15^\circ$	= 0.966
$30^\circ$	= 0.866
$45^\circ$	= 0.707
$50^\circ$	= 0.643
$60^\circ$	= 0.5

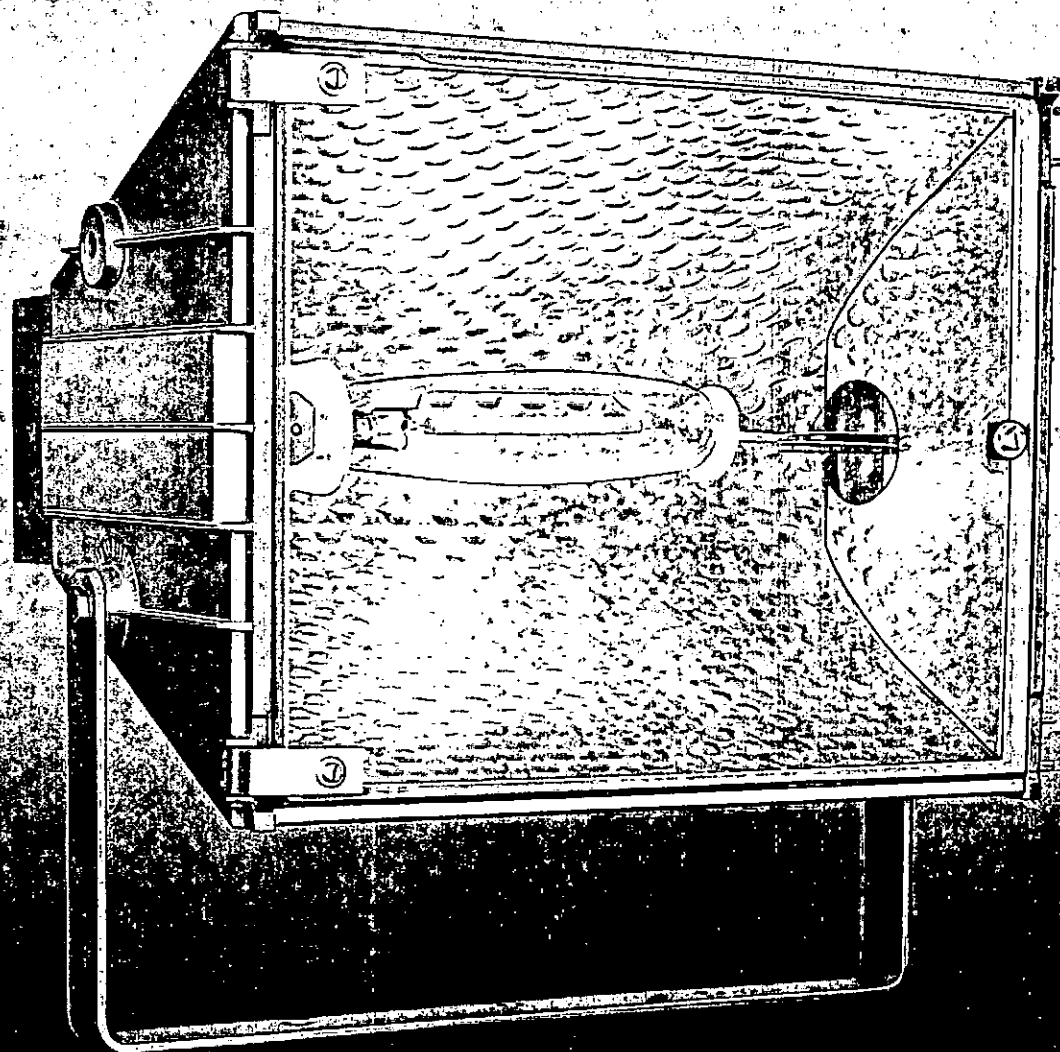


$\beta$  = ángulo de inclinación del Arretrador  $\approx 15^\circ$  respecto de la normal.

ARREFACTO PROYECTOR SIEMENS SIEMPACT SVA 717  
CON LAMPARAS OSRAM NE VT 400. DIFUSO  
MONTADO A  $15^\circ$  DE INCLINACION. HASTA DOS LAMPARAS TURBOLAREJ



ARTEFACTO PROYECTOR SIEMENS SICOMPACT SNA 717  
 CON LAMPARAS OSRAM NUT 400. DIFUSO  
 MONTADO A 45° DE INCLINACION. HASTA DOS LAMPARAS TUBULARES.

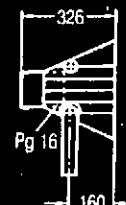
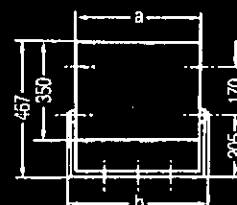


## Proyector SiCOMPACT 5NA 717

	1 Lámp.	2 Lámp.
a	432	760
b	464	792
c	447	775

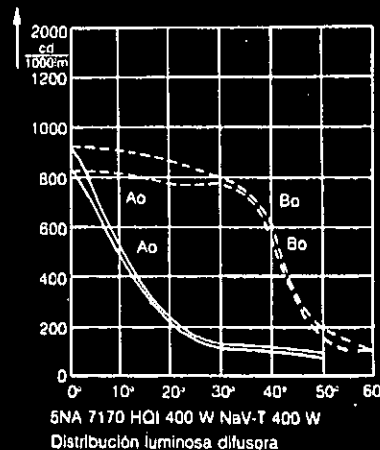
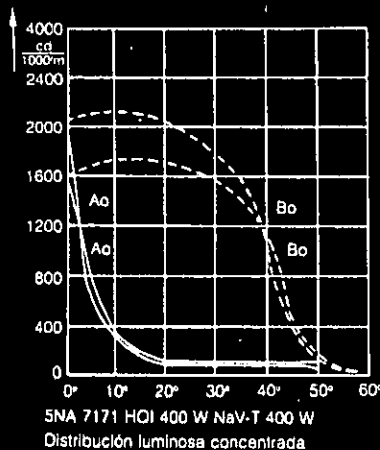


Medidas en mm.



### Aspectos destacables:

- ★ Dos ópticas distintas para optar, de haz concentrado o difuso.
- ★ Equipo auxiliar incorporado, asegura pleno efecto de ignición.
- ★ Rendimiento óptimo con buen factor de utilización.
- ★ Admite temperaturas ambientes de hasta 40° C.
- ★ Montaje sencillo y fácil mantenimiento, el equipo auxiliar se halla montado sobre una placa de extracción sencilla.
- ★ Buena resistencia a las vibraciones, protege a las lámparas.



Grado de protección  
Recinto de lámpara IP54  
Recinto de equipo aux. IP23

# Proyector SiCOMPACT 5NA 717

Para una o dos lámparas a descarga tubulares de 250/400 W

**Empleo:**  
Iluminación de grandes áreas, instalaciones deportivas, vías de tránsito, exposiciones, carteles publicitarios, monumentos, fachadas, etc.

**Construcción:**  
Cuerpo de aluminio con espejos central y laterales de aluminio brillante anodizado de superficie lisa (haz concentrado) o martillada (haz difuso).  
Cierre mediante una vitrea templada inastillable, resistente a golpes y al impacto térmico, hermético mediante junta de goma silicona.  
Caja portaequipo de acero inoxidable aislada térmicamente del proyector, sujeto por su parte posterior, ventilada, entrada de cables por prensacables Pg16.  
Contiene bornes de conexión, tornillo de puesta a tierra y cables de goma silicona de 200 C y 5000 V. Laterales con marcaje del ángulo de inclinación y horquilla sostén de acero zincado a fuego, que toma al proyector por su parte inferior, o si se quiere montar colgante, de su parte superior.  
La lámpara se sujeta por su otro extremo por un anillo de amianto, para su centrado y protección contra vibraciones.

**Adicionales:**  
Celosías interiores de aluminio y techo antigranizo.

**Luminaria, con equipo auxiliar compensado incorporado**

Para lámparas OSRAM					
Cant.	Tipo	Luminaria	Nº de Código	Haz Luminoso	Peso Neto Kg.
1	HQIT 400	5NA717 0-1FR	248.302	Concentrado	13.5
1	NaVT 250	5NA717 0-1EV	248.305	Concentrado	12.5
1	400	5NA717 0-1FV	248.306	Concentrado	13.5
1	HQIT 400	5NA717 1-1FR	248.312	Difuso	13.5
1	NaVT 250	5NA717 1-1EV	248.315	Difuso	12.5
1	400	5NA717 1-1FV	248.316	Difuso	13.5
2	HQIT 400	5NA717 0-2FR	248.322	Concentrado	25.5
2	NaVT 400	5NA717 0-2FV	248.326	Concentrado	25
2	HQIT 400	5NA717 1-2FR	248.332	Difuso	25
2	HQIT 400	5NA717 1-2FR	248.332	Difuso	25
2	NaVT 400	5NA717 1-2FV	248.336	Difuso	25

**Sin equipo auxiliar**

1	5NA717 0-1	400.080	Concentrado	6.5
1	5NA717 1-1	400.085	Difuso	6.5
1	5NA717 0-2	400.082	Concentrado	11
1	5NA717 1-2	400.087	Difuso	11

**Equipo auxiliar sobre placa**

1	NaVT 250	5NZ 212-4	402.437	6
1	NaVT 400	5NZ 213-5	402.447	7
1	HQIT 400	5NZ 113-6	402.446	7

**Accesorios y repuestos**

1	5NA717 0-OXG	401.080	Vidrio
2	5NA717 1-OXG	401.082	Vidrio
1	5NA717 1-OXB	401.084	Celosía
1	5NA717 1-OXH	401.085	Prot. c/granizo
1	5NA717 B	405.007	Placa portaequipo

**Haz luminoso**

Luminaria	Plano	Apertura (1)
5NA717 0	Vertical	2 x 4°
	Horizontal	2 x 43°
5NA717 1	Vertical	2 x 13°
	Horizontal	2 x 45°

(1) a l = 1/2 l máx.

