

Un caño 'compósito' para el pilar de la acometida aérea de un suministro eléctrico en baja tensión

Juan Carlos Arcioni
y Daniel Horacio Leuzzi
IRAM

Se estudia el ensayo de flexión del caño 'compósito' (plástico, acero, plástico) de la norma IRAM 2477 (en estudio en 2016 y 2017). Esta nota técnica puede servir para la elección de un acero al carbono (IRAM COPANT) que pueda ser apto para fabricar el alma de acero del caño compuesto ("caño pilar", según la jerga técnica).

Envolturas y canalizaciones de material aislante o aislados

La reglamentación de la Asociación Electrotécnica Argentina AEA 95150 para la ejecución de instalaciones eléctricas de suministro y medición en baja tensión especifica que el pilar de conexión no contenga partes metálicas sin aislar accesibles que

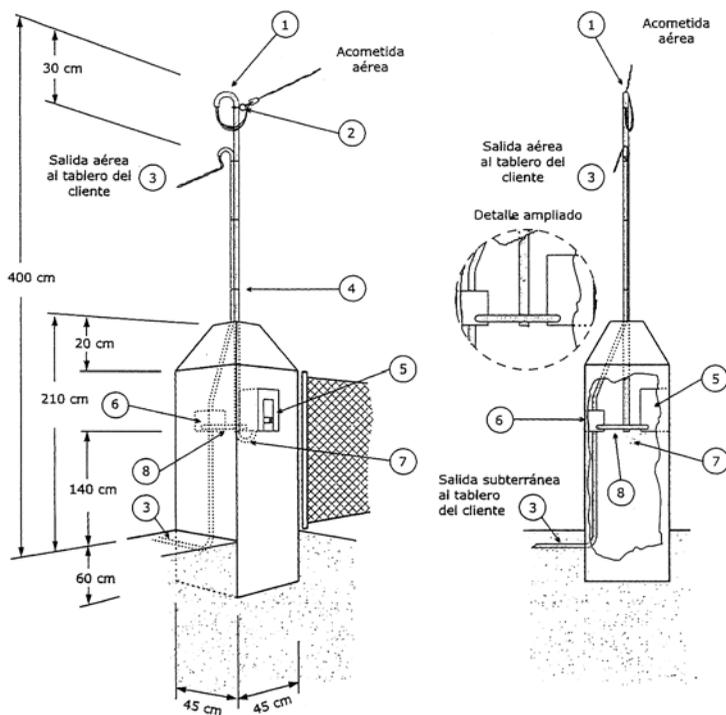


Figura 1. Acometida aérea, tarifa T1 de Edenor. Pilar de mampostería con el caño pilar

1. Caño cilíndrico de retención del tipo doblemente aislado (aislado interior- y exteriormente), de marcas homologadas. Con curva de 180 grados. Diámetro interior de 32 milímetros.
2. Grapa de sujeción
3. Salida del tablero principal al tablero seccional del cliente o alternativa aérea subterránea
4. Abrazadera
5. Caja de material sintético para alojar medidor trifásico y protección, de marcas homologadas.
6. Tablero principal del cliente de material sintético, ubicado a no más de dos metros de la caja de medidor y con las protecciones indicadas en esquema unifilar. En exterior o intemperie, con tapa externa que asegure el grado de protección mínimo IP 549, y contratapa interna que cubra bornes y conexionado.
7. Caño rígido de PVC, diámetro de 1,5 pulgadas (IRAM 62386-1 y -21) en forma de "U", más conector de entrada a caja para caño rígido de PVC de 1,5 pulgadas de diámetro.
8. Caño sintético para vincular la caja de medidor trifásico con el tablero principal. Diámetro exterior de veinticinco milímetros (IRAM 62386-1). Con cables (IRAM NM 247-3) a colocar por el cliente (dejar cincuenta centímetros de cable en la caja del medidor). Nota: el pilar deberá estar a una distancia mínima de treinta centímetros del gabinete de gas.

formen parte de la instalación de acometida y conexión eléctrica de baja tensión.

Es por ello que también dicha reglamentación indica que los alojamientos de los equipos de medición, seccionamiento y protección deberán estar contruidos con material sintético aislante autoextinguible, como así también que las cañerías a la vista deberán ser de material sintético aislante o metálicos aislados (exterior e interiormente) para una tensión nominal mínima de un kilovolt (1 kV).

La AEA 95150 establece que las especificaciones técnicas que indican las dimensiones, características constructivas, prestaciones y los correspondientes ensayos de tipo a realizar estos elementos son potestad de las empresas distribuidoras de energía.

Dadas las propiedades intrínsecas de los materiales utilizados según este evolucionado criterio de seguridad eléctrica en vía pública, es imposible que ocurran contactos fortuitos con sus lamentables consecuencias, y esto sin necesidad de depender de la calidad de una puesta a tierra (no de la ejecución de sus permanentes controles para detectar el deterioro de esta puesta a tierra en función del tiempo).

Ensayo de flexión del caño compuesto (5.1.7 de IRAM 2477)

Procedimiento (5.1.7.1)

a) El caño se debe colocar en posición vertical, emprotrado a una base, de modo tal que queden 2,5 metros de altura libre del caño a ensayar (figura 2).

b) Mediante un mecanismo adecuado (figura 2a), se debe aplicar una carga de quinientos newtons (500 N) a cien milímetros (100 mm) por debajo de la cima o del borde superior del caño, en dirección horizontal, es decir, a noventa grados (90°) del eje vertical del caño. Dicha carga se debe aplicar en forma uniformemente creciente, hasta alcanzar los quinientos newtons en un tiempo de treinta más/menos tres segundos ($30 \text{ s} \pm 3$). La carga total se debe aplicar en incrementos sucesivos del veinte por ciento de la carga total, cada uno de

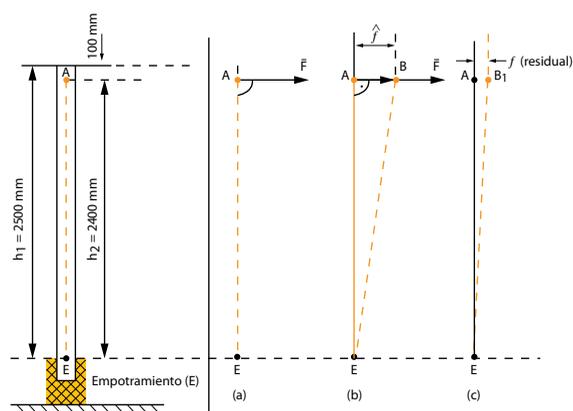


Figura 2. Ensayo de flexión del caño compuesto (IRAM 2477), siendo (a) aplicación en A de la fuerza flexora F, (b) en AB: la flecha máxima f con F aplicada, (c) en AB, la flecha residual con F igual a cero

esos incrementos debe durar seis más/menos 0,6 segundos ($6 \text{ s} \pm 0,6$). (Figura 3).

c) La carga máxima de quinientos newtons se debe aplicar durante un tiempo de dos minutos más/menos diez segundos ($2 \text{ min} \pm 10 \text{ s}$) y luego de transcurrido ese tiempo, se mide la flecha de la deformación en la cima. La lectura de esa flecha se debe efectuar después de transcurridos los dos minutos, como mínimo, que se alcanzó la carga máxima. La flecha máxima producida durante el tiempo de la aplicación de la carga de quinientos newtons debe ser como máximo del quince por ciento (15%) de la altura libre del caño ensayado (figuras 2 y 3).

d) Una vez retirada la carga, se mide la eventual flecha residual, quince minutos después de que se redujera a cero la carga aplicada (figura 2c).

Requisitos (5.1.7.2)

Una vez terminado el ensayo de flexión, se considera que el caño aprobó el ensayo, si no presentan roturas, fisuras, desprendimientos o daños de cualquier naturaleza.

Se debe comprobar que la deformación permanente del caño ensayado no produjo una flecha residual que exceda el cinco por ciento (5%) de la flecha máxima alcanzada durante el ensayo de flexión antes descripto.

Flexión del caño de acero en caso de que los datos sean D_e : 47 milímetros, D_i : 42 milímetros y e : 2,5 milímetros

Momento de inercia de la sección flexionada del caño de acero

$$J = \pi/64 (D_e^4 - D_i^4) = \pi/64 (47^4 - 42^4)$$

$$= \pi/64 (4.879.681 - 3.111.696)$$

$$= \pi/64 (1.767.985) = 86.786 \text{ mm}^4$$

Flecha máxima (f_{mx}): $l = h_2 = 2.400$ milímetros

$$f_{mx} = (F \cdot L^3)/3EJ = [500 \text{ N } (2.400 \text{ mm})^3]/[3 \times 210.000 \text{ (N/mm}^2) 86.786 \text{ mm}^4]$$

$$= [6,912 \times 1012]/[5,467518 \times 1010]$$

$$\therefore f_{mx} = 126,4 \text{ mm calculada } \{N \times \text{mm}^3 / [(N/\text{mm}^2) \text{mm}^4]\} = \text{mm}$$

f_{mx} referida al máximo admisible: $f_{mx} = (126,4 \text{ mm}/375 \text{ mm}) 100 = 33,7\%$

f_{mx} referida a 2.500 mm: $f_{mx} = (126,4 \text{ mm}/2.500 \text{ mm}) 100 \cong 5,1\%$

Flecha residual teórica (f_{res})

$$f_{res} = 5\% \times 126,4 \text{ mm} = 6,32 \text{ mm}$$

Esfuerzo cortante máximo del caño de acero por flexión (σ_{fmx}) con la carga $F = 500$ N flexora cuando está aplicada en A (figura 2)

$$\sigma_{fmx} \cong (10 Mf_{mx} \times De)/(D_e^4 - D_i^4)$$

siendo $Mf_{mx} = F \times l = F \times h_2 = 500 \text{ N} \times 2.400 \text{ mm}$
 $= 1200.000$
 $= 1,2 \times 10^6 \text{ Nmm}$

$D_e = 47 \text{ mm}; D_i = 42 \text{ mm}$
 $D_e^4 - D_i^4 = 1.767.985 \text{ mm}^4$
 $\sigma_{fmx} = [10 \times (1,2 \times 10^6 \text{ Nmm}) \times 47 \text{ mm}]/1.767.985$
 $\text{mm}^4 = 319 \text{ (N/mm}^2)$

Este esfuerzo ocurre en la sección transversal del caño de acero correspondiente al punto E del emprotramiento (ver figura 2).

Elección de un acero IRAM al carbono para el alma de acero del caño compuesto

En la tabla A1 del anexo A hemos tabulado los aceros IRAM 1020, 1030, 1035 y 1038 con sus contenidos de carbono y sus características mecánicas $R_{p0,2}$ y R_m . Hemos realizado el análisis matemático de regresión lineal (ADRL) de los ocho pares de valores ($x = R_{p0,2}$; $y = R_m$) de la tabla A1. Así obtuvimos la función:

$$R_m = f(R_{p0,2}) \cong 1,714 R_{p0,2} - 33$$

con un coeficiente de regresión lineal $r = 0,995$. En la figura A1 representamos $R_m = f(R_{p0,2})$. Antes ya calculamos el esfuerzo cortante máximo en el caño de acero (del caño compuesto CC) que ocurre en la sección transversal del caño de acero que pasa por

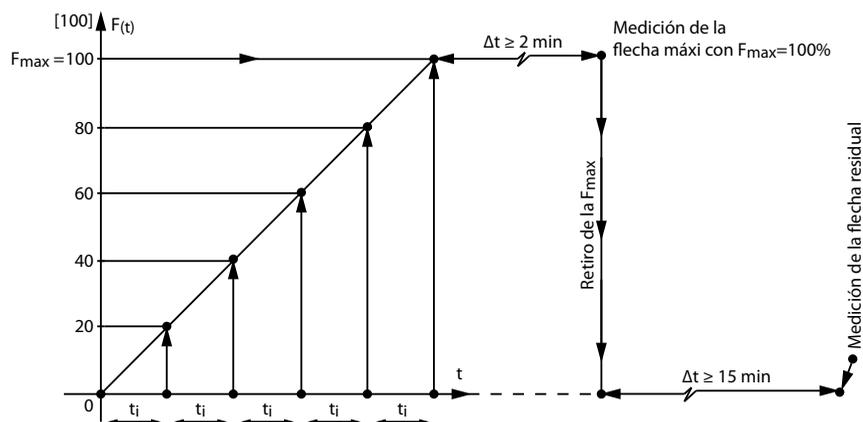


Figura 3. Función $f(t)$ de la carga mecánica flexora F del caño compuesto, siendo t_i el tiempo de aumento de la carga para alcanzar cada incremento del veinte por ciento de F_{max} igual a cien por ciento

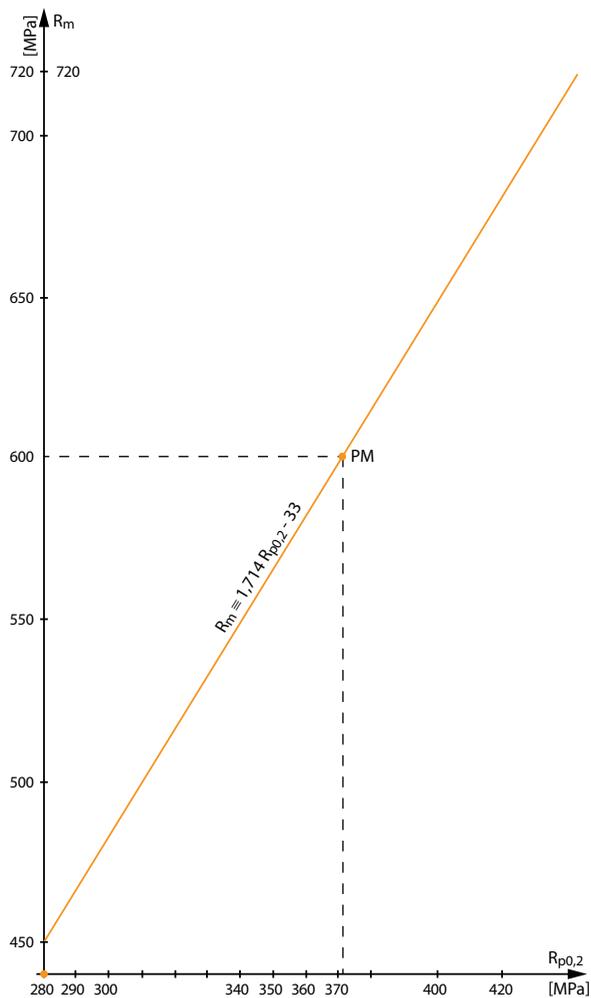


Figura A1 del Anexo A.
 $R_m = f(R_{p0,2})$ para los aceros al carbono IRAM 1020 a 1038

el punto E del empotramiento (figura 2). Obtuvimos el valor

$$\sigma_{fmx} = 319 \text{ N/mm}^2 = 319 \text{ MP}_a$$

Entonces, el acero al carbono del caño de acero del CC tendrá que ser el acero IRAM COPANT 1035 con un tratamiento tal que sean $R_{p0,2} = 400 \text{ MP}_a$ (mínimo) y $R_m = 650 \text{ MP}_a$ (mínimo).

De esta manera, podremos estimar que se tiene un cierto coeficiente de seguridad k, que es:

$$k = R_{p0,2} / \sigma_{fmx} = 400 \text{ MP}_a / 319 \text{ MP}_a = 1,25$$

para prever que el esfuerzo cortante máximo σ_{fmx} no produzca un posible comienzo de fluencia del caño en el punto E (figura 2).

Anexo A

Estudio de los aceros al carbono IRAM para caño de acero del CC (aceros IRAM COPANT).

Bibliografía

- [1] Arcioni, Juan Carlos, Memorandum de estudio técnico del esquema A de la norma IRAM 2477:2016, "Caño compósito para el pilar de conexión eléctrica domiciliar de baja tensión (3 x 380/220 V, 50 Hz)", IRAM, Buenos Aires, 2017
- [2] González Arias, Antonio, Laboratorio de ensayos industriales, metales, Buenos Aires, Litenia, 1997
- [3] IRAM. *Aceros para construcciones mecánicas – Hojas de características*, Buenos Aires, Circa, 1981
- [4] Montenegro, Ricardo, "Evolución del criterio de seguridad en instalaciones eléctricas", en *Ingeniería Eléctrica*, Editores, Buenos Aires, octubre 2015

Tabla A1. Aceros al carbono IRAM 1020, 1030, 1035 y 1038 para construcciones mecánicas

Acero IRAM COPANT	Carbono	Tratamiento	Rp 0,2* MPa	Rm* MPa
1020	0,18-0,23% [0,21%]	Laminado en caliente	280-350	450-550
1020	0,18-0,23% [0,21%]	Normalizado	280-350	450-550
1030	0,28-0,34% [0,31%]	Laminado en caliente	340-400	550-650
1030	0,28-0,34% [0,31%]	Normalizado	340-400	550-650
1035	0,32-0,38% [0,35%]	Laminado en caliente	360-420	590-690
1035	0,32-0,38% [0,35%]	Normalizado	360-420	570-690
1038	0,35-0,42% [0,39%]	Laminado en caliente	370-440	610-720
1038	0,35-0,42% [0,39%]	Normalizado	370-440	610-720

* Rp0,2: tensión de tracción correspondiente al alargamiento no proporcional del 0,2% (por fluencia)

* Rm: resistencia a la tracción (estática)