

# INFRAESTRUCTURAS ELÉCTRICAS



## 1. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO

## 2. CENTRALES GENERADORAS Y ALTERNADORES

2.1. Centrales Generadoras

2.2. Alternadores

## 3. ESTACIONES Y SUBESTACIONES TRANSFORMADORAS

## 4. RED DE TRANSPORTE

## 5. RED DE DISTRIBUCIÓN

### 5.1. Redes eléctricas de Alta Tensión

5.1.1 Líneas Aéreas de AT

5.1.2 Líneas Subterráneas de AT

5.1.3 Cruzamientos

5.1.4 Aparamenta Eléctrica

### 5.2. Centros de Transformación

5.2.1 Componentes principales de un CT

5.2.2 Centro de Transformación moderno

5.2.3 Tipos de Centros de Transformación

### 5.3. Redes eléctricas de Baja Tensión

5.3.1 Líneas Aéreas de BT

5.3.2 Identificación de Redes de BT

5.3.3 Separación con otras instalaciones  
o infraestructuras

5.3.4 Redes Subterráneas para distribución en BT

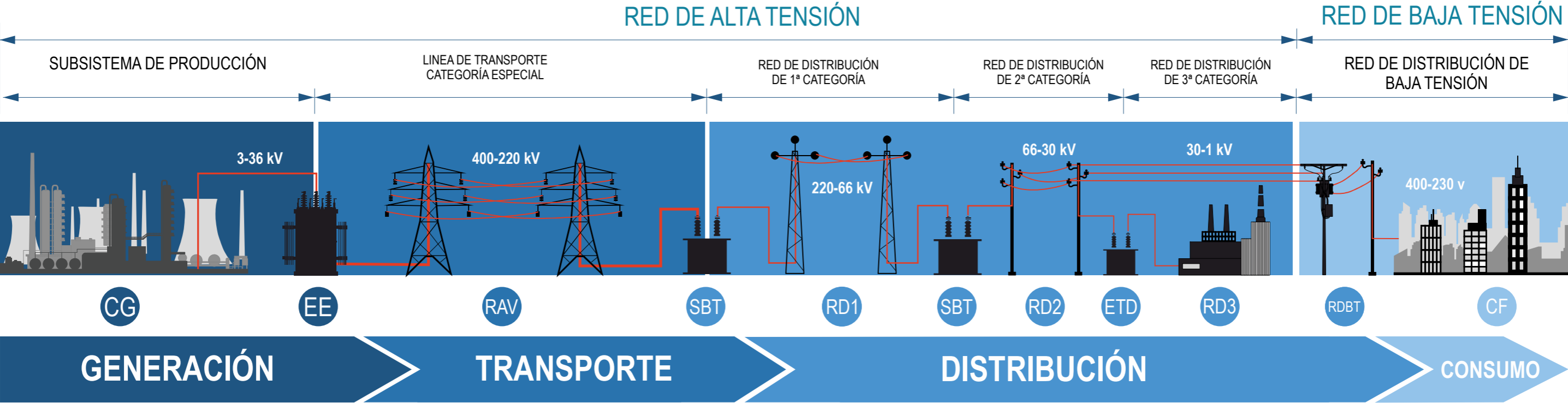
## 6. ALUMBRADO PÚBLICO

6.1. Tipología y distribución del Alumbrado Público

6.2. Centros de Mando del Alumbrado Público

6.3. Puntos de Luz

# 1. ESQUEMA GENERAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO



La electricidad se crea en centrales generadoras a partir de otras fuentes de energía. Una vez obtenida, esa electricidad se transfiere a las estaciones elevadoras donde, mediante uno o más transformadores estáticos, se aumenta el valor de la tensión hasta los valores característicos de la red de transporte. Las estaciones elevadoras se sitúan en las inmediaciones de las centrales generadoras y habitualmente alejadas de los núcleos urbanos.

**CG Central Generadora**  
Las tensiones más habituales de generación son entre 3 y 36 kV.

**EE Estación Elevadora**  
Recibe la electricidad de los generadores con una tensión comprendida entre los 3 y 36 kV y la eleva hasta una tensión de transporte de 220 a 400 kV.

El transporte de electricidad se efectúa a través de líneas aéreas que unen las estaciones elevadoras con las subestaciones que dan paso a la red de distribución. Para poder conducir la electricidad con las menores pérdidas de energía posible, se deberán mantener unos valores de tensión elevados durante todo su recorrido.

A lo largo de esta red de transporte también podemos encontrar una serie de subestaciones de maniobra conectadas entre sí formando una red mallada. Esta malla es alimentada a través de líneas procedentes de distintas centrales generadoras con el objetivo de asegurar el suministro eléctrico en caso de fallo de algún punto del sistema.

**RAV Red de Transporte**  
También conocida como línea de **categoría especial** cuya tensión será **igual o superior a 220 kV**. Se incluyen en esta categoría las de tensión inferior que formen parte de la red de transporte según la ley 24/2013, de 26 diciembre, del Sector Eléctrico.

**SBM Subestación de Maniobra**  
Se trata de subestaciones encargadas de realizar labores de interconexión entre dos o más circuitos de la red de transporte. En este tipo de subestaciones la tensión no se transforma, se mantiene constante y toman los valores de las líneas que concurren en ellas.

**SBT Subestación Transformadora**  
Reduce la tensión de transporte a unos valores aptos para el reparto en las cercanías de los núcleos de consumo.

La Distribución es la etapa final del sistema eléctrico y tiene como objetivo hacer llegar la energía desde las subestaciones transformadoras hasta los consumidores finales. Las líneas de distribución se dividen en tres categorías según su tensión nominal, pasando de una a otra mediante subestaciones y centros de transformación.

**RD1 Red de Distribución de 1ª Categoría**  
También conocida como Red de Reparto, forma la primera etapa de la red de distribución en los alrededores de los núcleos o centros de consumo. Como norma general se trata de redes aéreas, aunque en su paso a través de núcleos urbanos importantes estas redes podrán pasar a ser subterráneas. Comprende las líneas con valores de tensión nominal inferior a 220 kV y superior a 66 kV.

**ETD Subestaciones Transformadoras de Distribución**  
Se trata de estaciones transformadoras intercaladas en la red de distribución cuya función es reducir la tensión entre las redes de 1ª, 2ª y 3ª categoría. Las subestaciones que nos encontramos en el paso de las líneas de 2ª categoría a 3ª categoría son conocidas como **Subestaciones de Reparto**.

**RD2 Red de Distribución de 2ª Categoría**  
Está formada por aquellas líneas con tensión nominal **igual o inferior a 66 kV y superior a 30 kV** que ya una vez dentro de las ciudades alimentan a las subestaciones de reparto desde las subestaciones transformadoras.

**RD3 Red de Distribución de 3ª Categoría**  
Antiguamente conocida por las empresas distribuidoras como **Red de Media Tensión**. Incluye aquellas instalaciones de tensión nominal **igual o inferior a 30 kV y superior a 1 kV**. Las redes de 3ª categoría unen las subestaciones transformadoras de reparto con los centros de transformación o con aquellos grandes consumidores (industrias) que por su actividad necesiten de suministros elevados.

**CT Centros de Transformación**  
Transforman la Alta Tensión (normalmente con acometidas de 20 kV) en Baja Tensión (400/230 V).

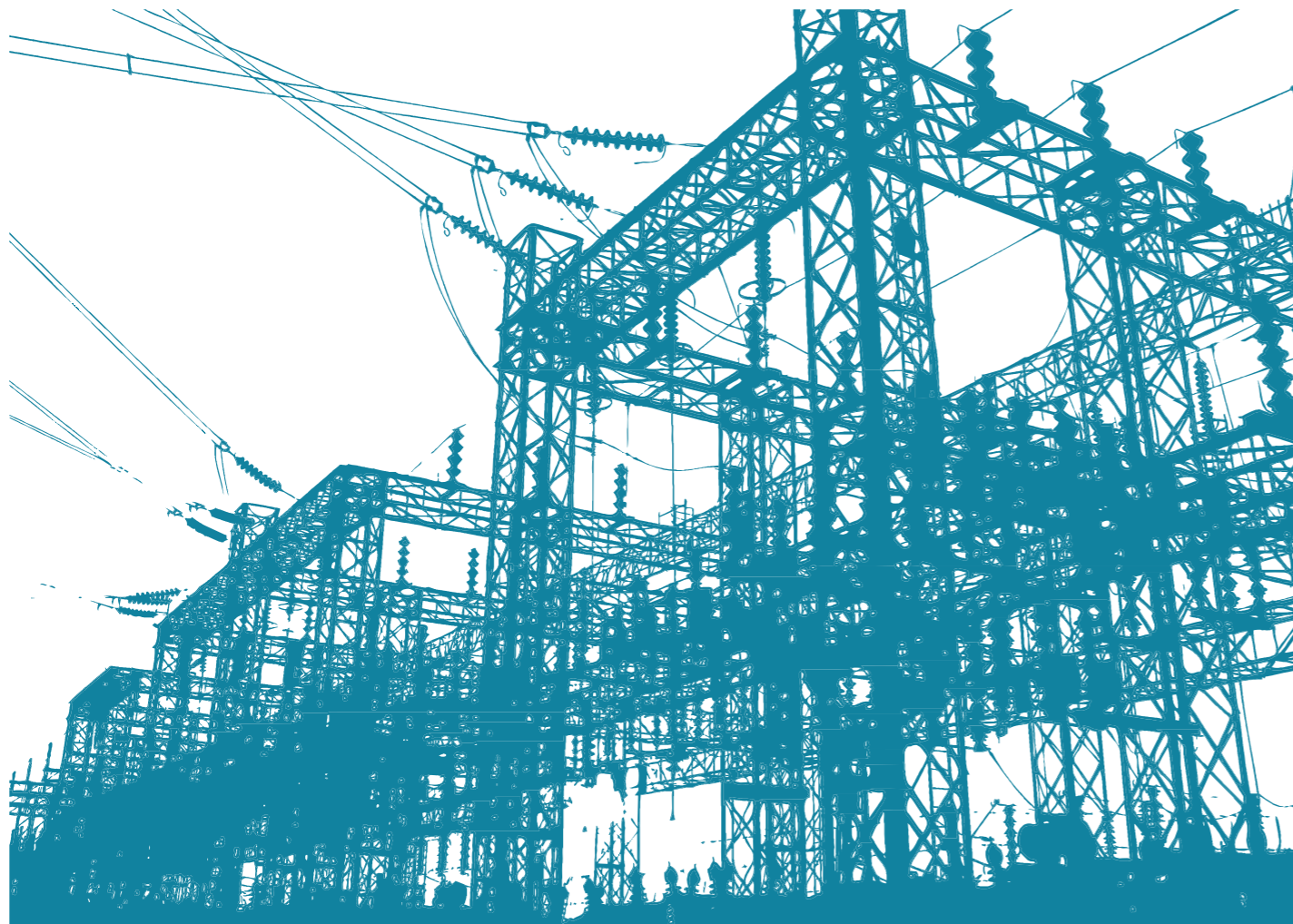
**RDBT Red de Distribución en Baja Tensión**  
Aquellas redes, en su mayoría subterráneas, que naciendo en los CT circulan por los núcleos urbanos suministrando la energía eléctrica a los abonados en BT. Dependiendo del CT en el que nacen, la distribución en BT se puede hacer en dos sistemas: el antiguo B1 de 3 conductores (230/125 V) y el B2, más moderno, de 4 conductores (400/230 V).

**CF Abonados**  
Son los consumidores finales de la energía eléctrica. Como veremos más adelante, estos suministros podrán realizarse tanto en AT como en BT, siendo cada vez más habituales los suministros en AT para edificios de viviendas. El suministro de BT podrá hacerse en un sistema trifásico de 400/230V o en un sistema monofásico de 230V para consumidores individuales de pequeña envergadura como por ejemplo casas unifamiliares.

## 2. CENTRALES GENERADORAS Y ALTERNADORES

### 2.1. CENTRALES GENERADORAS

Las centrales o plantas de generación eléctrica son instalaciones industriales cuyo objetivo es la producción de energía eléctrica (energía secundaria) a partir de una fuente de energía primaria.



Las fuentes de energía a partir de las cuales obtenemos la electricidad se pueden clasificar en renovables y no renovables. Las energías primarias **renovables** son aquellas fuentes de energía limpias e inagotables como el viento, la radiación solar o las hidráulicas. Por otro lado, las **no renovables** son aquellas energías limitadas y agotables que además generan emisiones y residuos en su explotación y aprovechamiento. Estas son: el carbón, el gas natural, el petróleo o las nucleares.

### 2.2. ALTERNADORES (Generadores de C.A.)

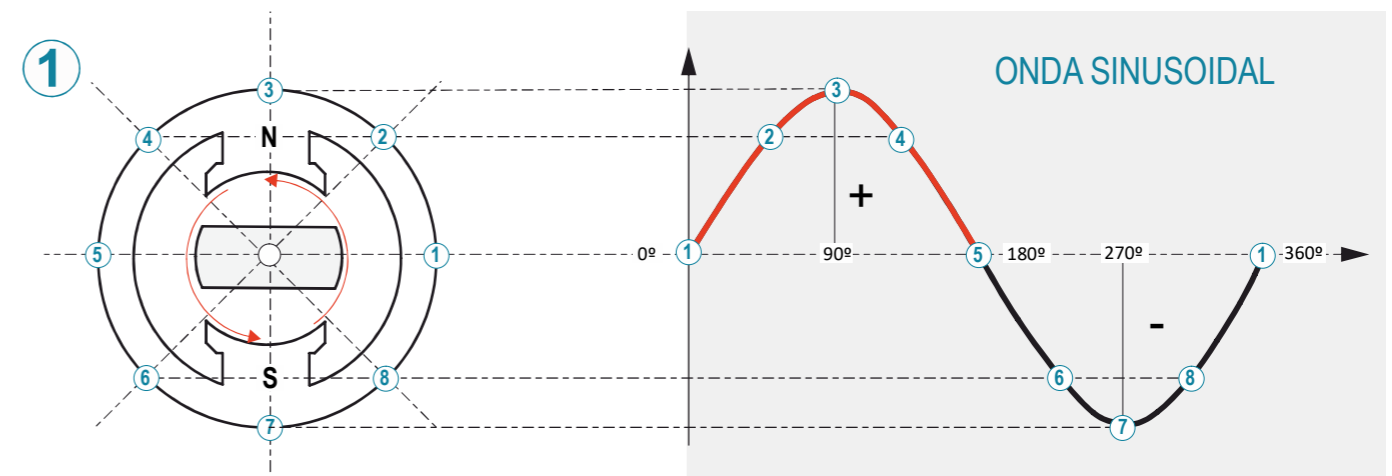
Las centrales generadoras cuentan con unos componentes dentro de sus instalaciones encargados de producir la electricidad, llamados **generadores eléctricos o alternadores**. Un alternador es una máquina capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica, generando una corriente alterna mediante inducción electromagnética.



Su funcionamiento se basa en la ley de Faraday, que dice que sobre un conductor sometido a un campo magnético variable se provoca una fuerza electromotriz inducida. El proceso más básico para generar corriente alterna es el que usó Faraday en sus experimentos, en los que hacía girar una espira de cobre entre los dos polos de un imán. Como podemos observar en el dibujo (1), cada vez que un punto de la bobina pasa por cada punto del campo magnético generado entre los imanes se crea una fuerza electromotriz representada en función del tiempo como una onda sinusoidal.

Las ondas magnéticas generadas por el polo positivo y negativo del imán provocan un movimiento de los electrones libres. Cuando los átomos de un punto de la bobina pasan por el polo positivo quedan cargados de forma positiva y al pasar por el negativo se provoca una fuerza que los repele generando ese movimiento. Los valores máximos de la f.e.m se alcanzan al coincidir con los ejes del imán, ya que es en ese punto donde el corte de líneas magnéticas es máximo. Como conclusión, el principio de funcionamiento de un alternador consiste en crear un campo magnético variable alrededor de una espira o bobina a una velocidad angular constante para dar lugar a una **tensión alterna senoidal**.

En las centrales generadoras de electricidad, la bobina no rota entre los dos polos del imán, es el imán el que gira a una velocidad angular constante entre las bobinas empujado por la energía mecánica generada en los distintos procesos. Lo que se consigue al hacer rotar el imán es cambiar constantemente la polaridad del campo e inducir en las bobinas esa corriente alterna que posteriormente se dirigirá a las estaciones transformadoras para iniciar su transporte a los núcleos de consumo.



#### PARTES DE UN ALTERNADOR

##### Rotor

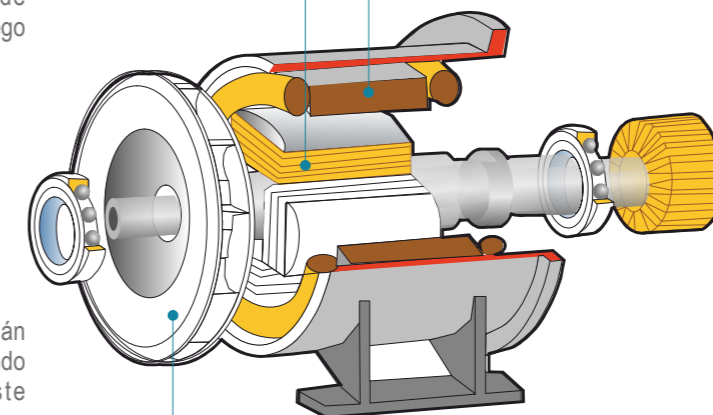
Parte móvil de la pareja inductor/rotor encargada de generar la electricidad que luego se almacenará y distribuirá.

##### Estator

Parte fija del alternador donde están alojadas las bobinas que generan la corriente.

##### Turbina

Se encarga de girar el imán dentro de la bobina haciendo girar su eje interior. Este movimiento de rotación se transfiere al generador.

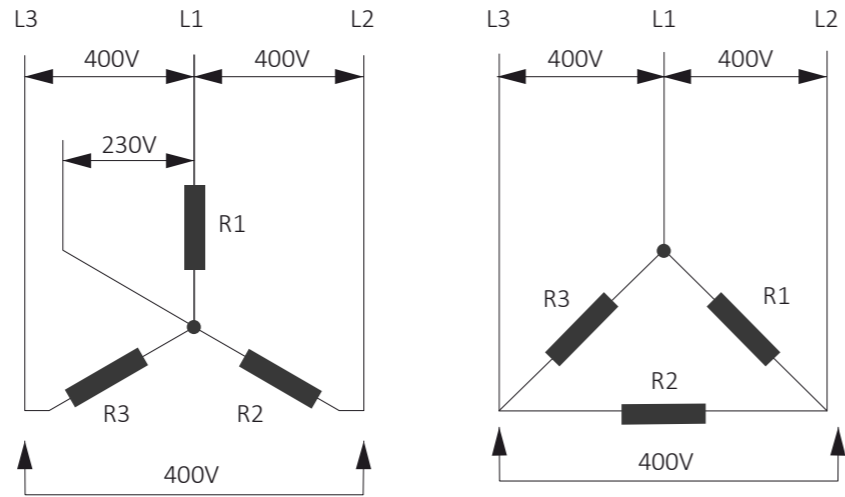


CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICA

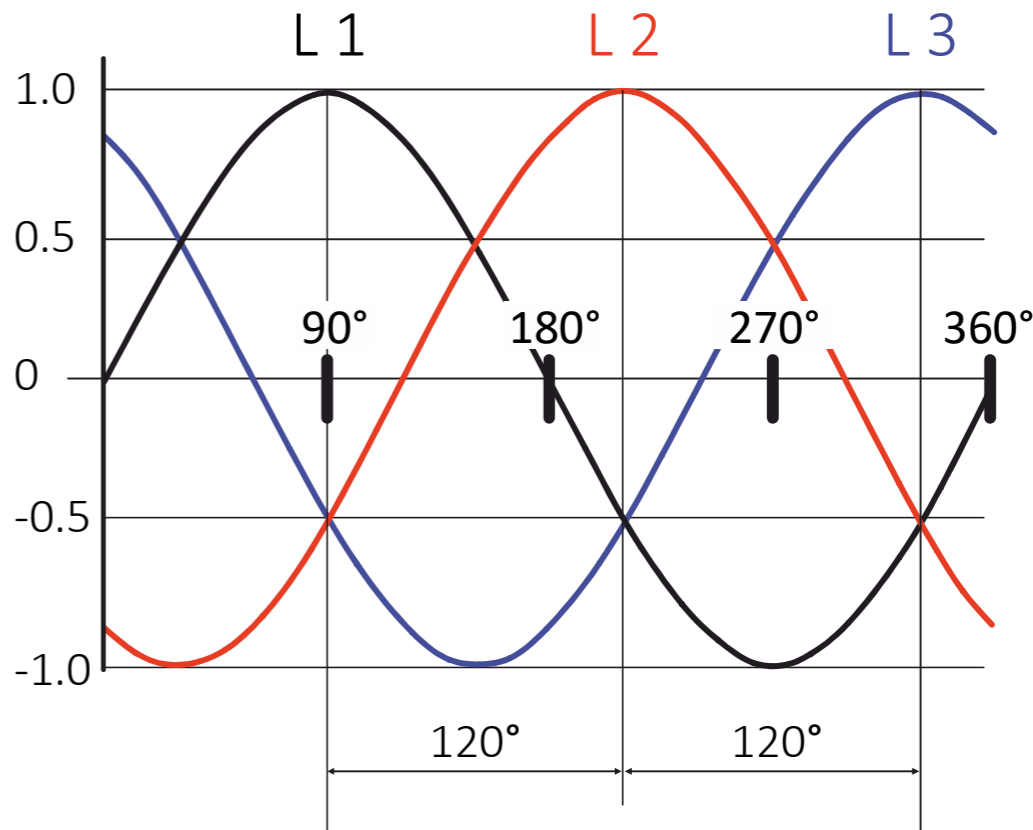
El sistema más eficiente para transportar energía eléctrica a lo largo de la red de transporte y distribución es la corriente alterna trifásica. Se denomina **corriente trifásica** a aquella formada por tres corrientes alternas monofásicas de la misma frecuencia y de los mismos valores eficaces (misma amplitud) desfasadas entre sí un mismo ángulo de 120°. Cada una de las corrientes monofásicas que forman el sistema se llama fase y se designan con las letras L1, L2 y L3 (1).

Ésta, es la corriente que se produce en los alternadores de las centrales eléctricas, donde se colocan 3 bobinas desfasadas 120° (2) e influenciadas por el campo magnético de un imán giratorio central. Esto produce en cada bobina una f.e.m alterna de igual frecuencia e igual valor eficaz pero adelantadas o retrasadas 120° una de otra, generándose así un **sistema trifásico equilibrado**. Cada bobina producirá una corriente independiente de 2 cables por bobina y, si unimos entre sí los principios de cada bobina y los llevamos a tierra obtenemos un sistema capaz de transportar la energía a distancia con tan solo 3 hilos. Esa conexión de bobinas puede llevarse acabo de dos formas distintas: en estrella o en triángulo (3).

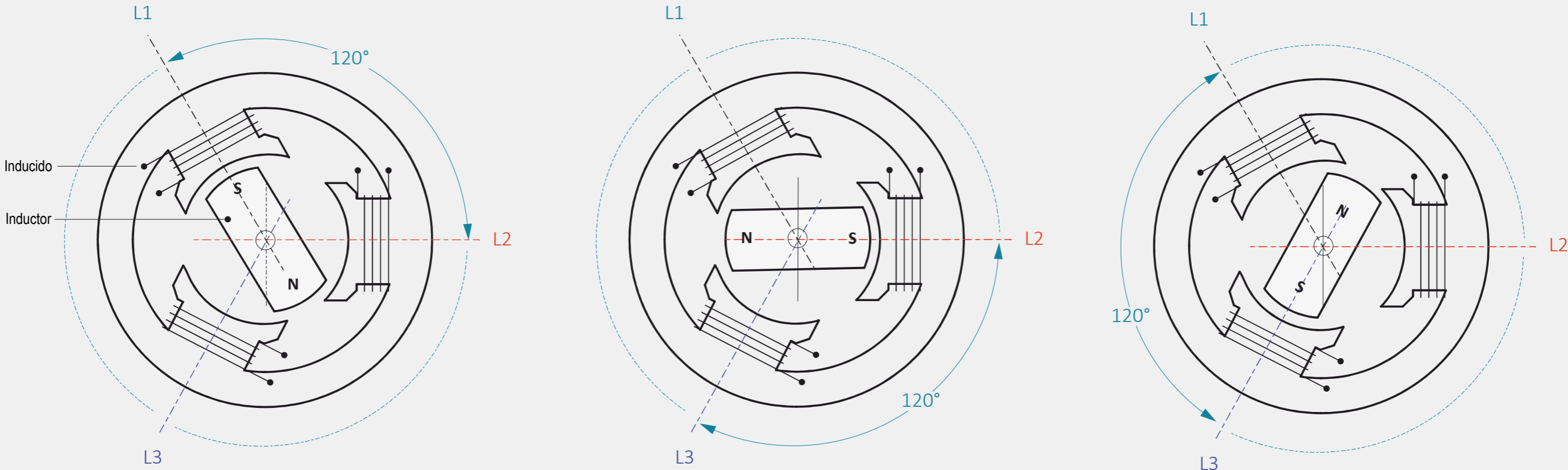
3 CONEXIÓN DE BOBINAS EN ESTRELLA Y TRIÁNGULO



1 DIAGRAMA DE FRECUENCIA DE CORRIENTE TRIFÁSICA



2 ESQUEMA DE DESFASE DE BOBINAS



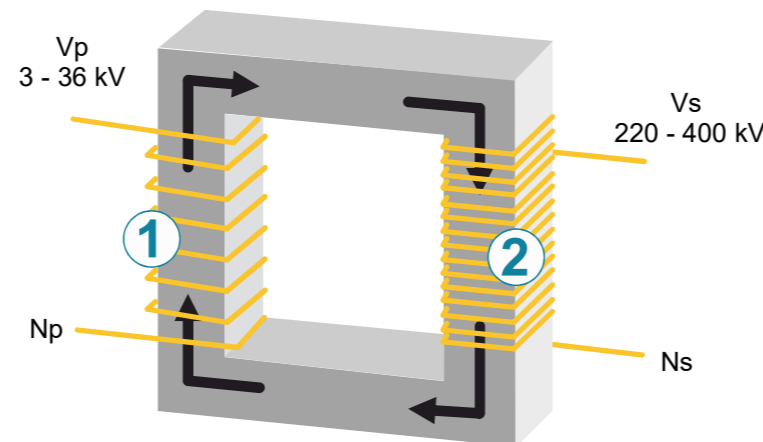
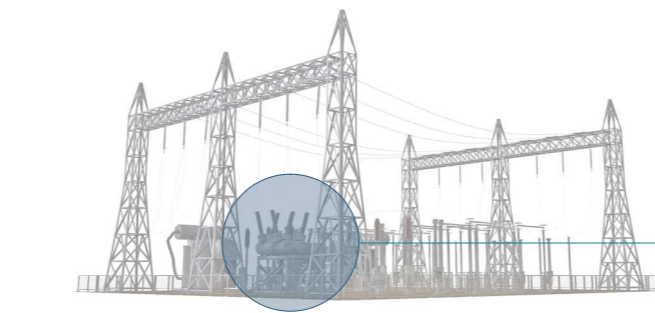
### 3. ESTACIONES Y SUBESTACIONES TRANSFORMADORAS

Las estaciones transformadoras son instalaciones de la red eléctrica destinadas a establecer los niveles de tensión adecuados para la transmisión y distribución de la energía eléctrica en cada caso. A lo largo de la red eléctrica nos podemos encontrar dos tipos de estaciones transformadoras: las elevadoras y las reductoras (Subestaciones). Estas modificaciones en los valores de tensión e intensidad de la corriente alterna se llevan a cabo en las estaciones eléctricas gracias a los transformadores.

#### ESTACIONES ELEVADORAS

En las inmediaciones de las centrales eléctricas se instalan las **estaciones elevadoras de tensión** encargadas de realizar la primera transformación de la corriente eléctrica. Estas estaciones reciben la energía eléctrica producida en los alternadores con unos valores de tensión de entre 3 y 36 kV los cuales se aumentan a unos valores del orden de 220 kV, pudiendo llegar hasta los 400 kV según las necesidades de la red de transporte.

En los transformadores que encontramos en estas estaciones el número de espiras del **devanado primario (1)** es menor a las del **devanado secundario (2)**, ya que se pretende aumentar el voltaje de salida en relación al de entrada.



#### ESTACIONES REDUCTORAS (SUBESTACIONES)

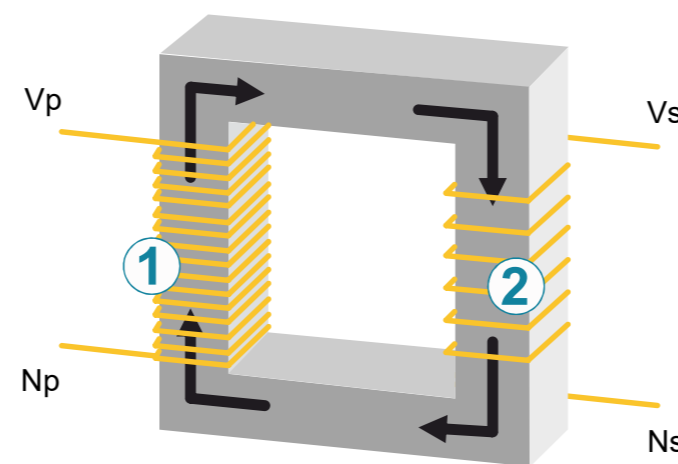
A lo largo de la Red de Transporte y Distribución la tensión se irá escalonando de manera descendente, adecuándose a las necesidades de la red según nos vamos acercando a las ciudades y a los puntos de consumo. Nos encontraremos subestaciones reductoras en el paso de la Red de Transporte a la de Distribución, así como en las conexiones entre las líneas de distintas categorías de la Red de Distribución.

Su principal objetivo es reducir la tensión con el fin de dirigir la energía eléctrica de la manera más eficiente y segura posible, pero también cumplen la misión de asegurar el suministro realizando funciones de interconexión entre líneas de distintas tensiones. Dependiendo de su ubicación y función podemos encontrarlos dos tipos de subestaciones:

– **Subestaciones transformadoras:** se encuentran al final de la línea de transporte y en el paso de las líneas de 1ª a 2ª categoría. Son instalaciones diseñadas para realizar una primera reducción de tensión que facilite la posterior distribución antes de la llegada a los centros de consumo. Se suelen alimentar con unas tensiones de entrada de 400, 220 o 132 kV y tras el paso por ellas se obtienen valores de 66, 45 o 30 kV.

– **Subestaciones transformadoras de reparto:** se encuentran al final de las líneas de 2ª categoría y de ellas parten las líneas de distribución de 3ª categoría que alimentan a los CT. Las reducciones de tensión más habituales son las que se producen en subestaciones con entradas de 66, 45 o 30 kV y salidas de 20, 15 u 11 kV.

En este caso el objetivo es el contrario al de las estaciones elevadoras, ahora se pretende disminuir la tensión, por lo que el devanado primario deberá contar con un número de espiras o vueltas superior (1) al del devanado secundario (2).



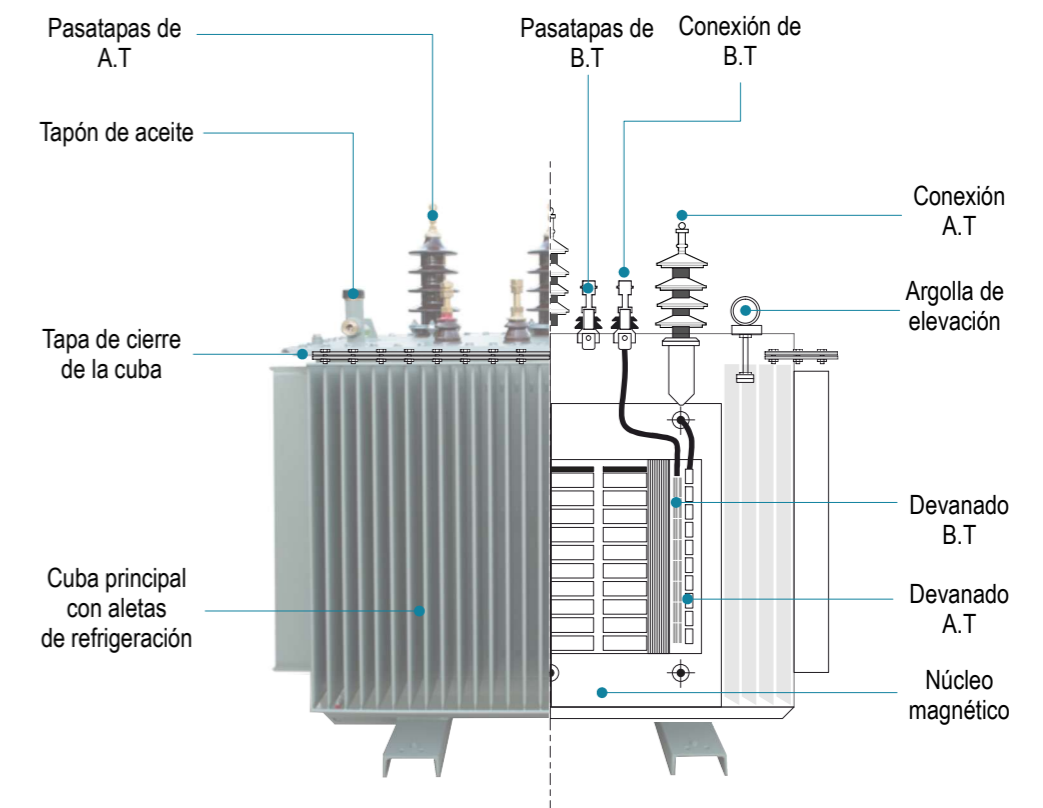
#### ¿QUÉ ES UN TRANSFORMADOR ELÉCTRICO?

Un transformador eléctrico es una máquina estática de corriente alterna que permite variar alguna función de la corriente como el voltaje o la intensidad, manteniendo la frecuencia y la potencia. Para lograrlo, transforma la electricidad que le llega al devanado de entrada en magnetismo para volver a transformarla en electricidad en las condiciones deseadas en el devanado secundario.

El núcleo de los transformadores está formado por chapas de acero al silicio aisladas entre ellas. Están compuestos por dos partes principales: las columnas, que es la parte donde se montan los devanados, y las culatas, que es la parte donde se realiza la unión entre las columnas. El núcleo se utiliza para conducir el flujo magnético, ya que es un gran conductor.

Por su parte, el devanado es un hilo de cobre enrollado a través del núcleo en uno de sus extremos y recubierto por una capa aislante que suele ser barniz. Está compuesto por dos bobinas, la primaria y la secundaria. La relación de vueltas del hilo de cobre entre el devanado primario y el secundario indicará la relación de transformación. El nombre de primario y secundario es algo simbólico: por definición allá donde apliquemos la tensión de entrada será el primario y donde obtengamos la tensión de salida será el secundario.

#### PARTES DE UN TRANSFORMADOR



## ¿CÓMO FUNCIONA UN TRANSFORMADOR ELÉCTRICO?

Los transformadores se basan en la inducción electromagnética. Al aplicar una fuerza electromotriz en el devanado primario (1), es decir, una tensión, se origina un flujo magnético en el núcleo de hierro (2). Este flujo viajará desde el devanado primario hasta el secundario. Con su movimiento originará una fuerza electromagnética en el devanado secundario (3).

La relación de transformación del transformador la definimos con la siguiente ecuación, donde:

**N<sub>p</sub>**: Número de vueltas del devanado del primario

**N<sub>s</sub>**: Número de vueltas del secundario

**V<sub>p</sub>**: Tensión aplicada en el primario

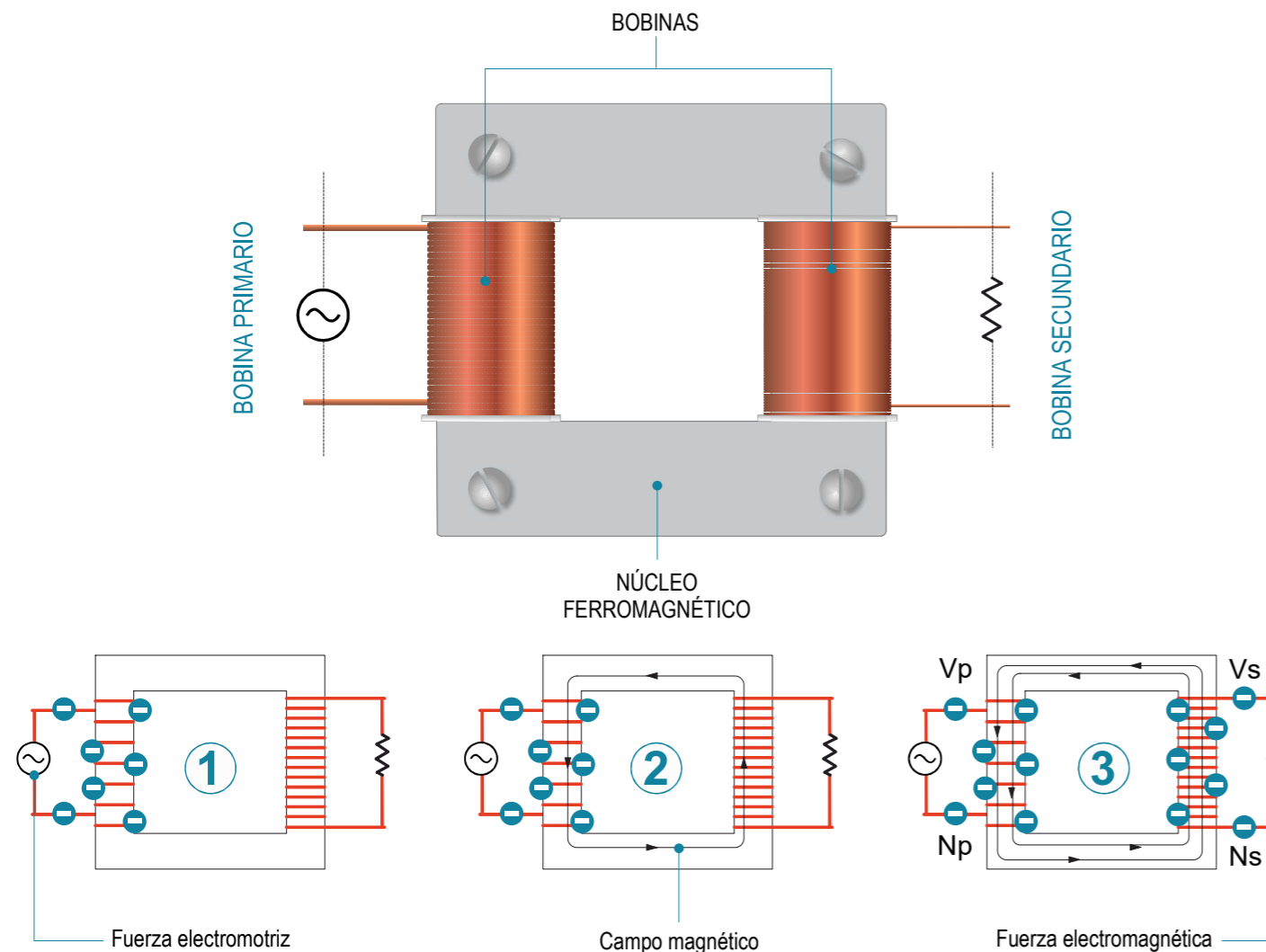
**V<sub>s</sub>**: Tensión obtenida en el secundario

**I<sub>s</sub>**: Intensidad generada por el secundario

**I<sub>p</sub>**: Intensidad que le llega al primario

**rt**: Relación de transformación

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = rt$$



Como se observa en este ejemplo, si queremos ampliar la tensión en el secundario tenemos que poner más vueltas en él (**N<sub>s</sub>**), pasa lo contrario si queremos reducir su tensión.

Esta tensión de entrada (**V<sub>p</sub>**) únicamente recorre un determinado número de espiras (**N<sub>p</sub>**), mientras que la tensión de salida (**V<sub>s</sub>**) tiene que recorrer la totalidad de las espiras (**N<sub>s</sub>**).

## 4. RED DE TRANSPORTE

La red de transporte está constituida por las líneas, parques, transformadores y otros elementos eléctricos encargados de transmitir la energía eléctrica desde las estaciones transformadoras elevadoras hasta las subestaciones transformadoras que reducen la tensión a los valores de distribución.

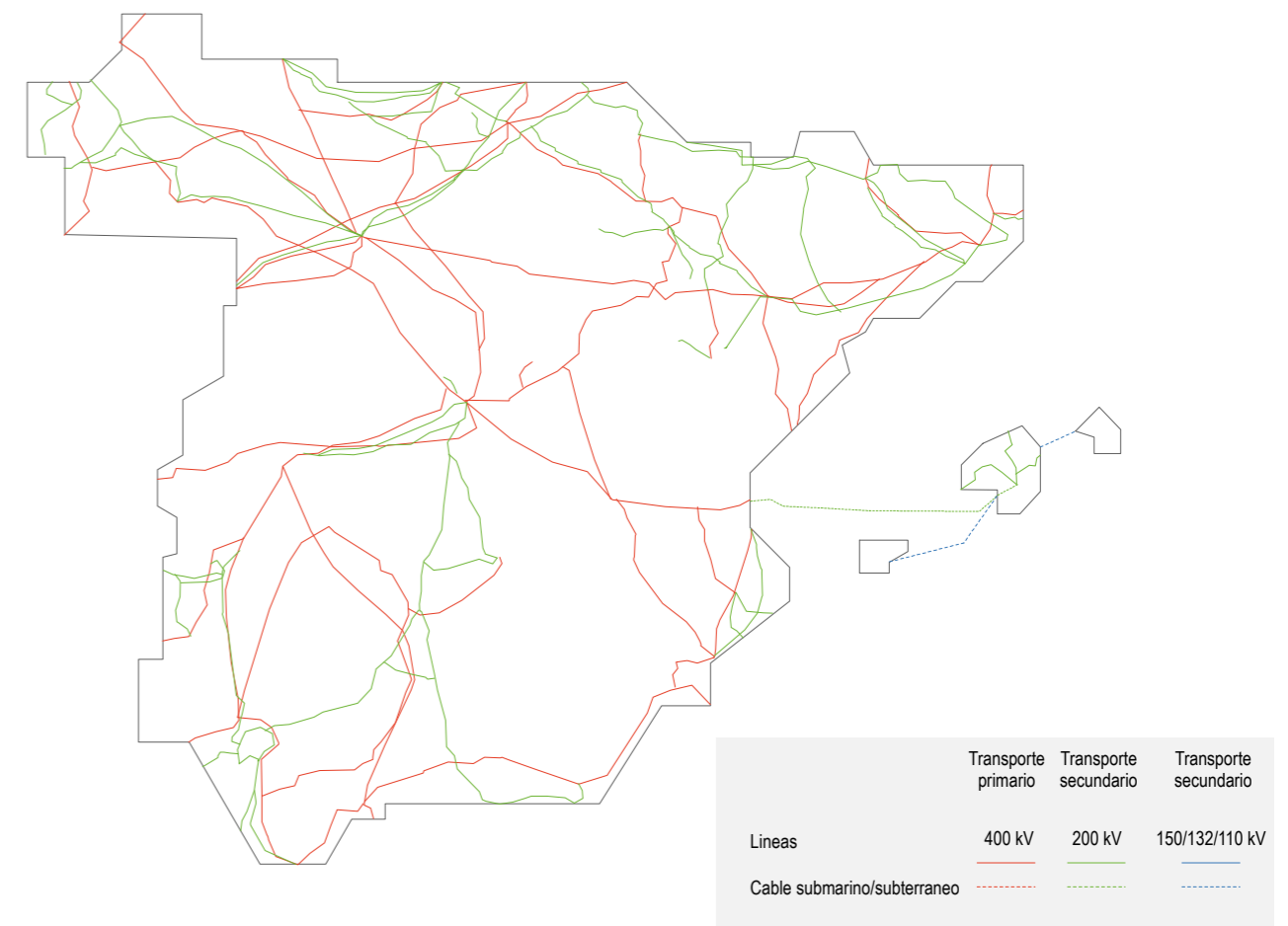
Según la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, la red de transporte está constituida por:

- La red de **transporte primario**: es aquella con tensión nominal igual o superior a **380 kV**. También forman parte de esta red primaria de transporte las instalaciones de conexión internacional y las interconexiones con los sistemas eléctricos de los territorios no peninsulares, independientemente de su tensión (por ejemplo las líneas submarinas que unen las islas con la península).
- La red de **transporte secundario**: comprende las líneas, instalaciones y elementos eléctricos con tensión nominal igual o superior a **220 kV**, no incluidas en la red de transporte primario, y aquellas otras que, con menores valores de tensión, cumplan funciones de transporte.

No se considerará red de transporte a:

- Las centrales de generación de energía eléctrica.
- Las conexiones de las centrales generadoras con la red de transporte (las estaciones elevadoras).
- Las líneas directas a consumidores o instalaciones de consumidores especiales desde esas estaciones elevadoras.

La encargada de gestionar esta red de transporte será Red Eléctrica de España S.A. la cual actuará como transportista único. Será esta empresa con la que tendremos que contactar en caso de actuaciones del Cuerpo de Bomberos en alguna de sus líneas a través de nuestra Central de Comunicaciones.



# 5. RED DE DISTRIBUCIÓN

La actividad de distribución de energía eléctrica es aquella que tiene por objeto la transmisión de energía eléctrica desde las subestaciones transformadoras que nos encontramos al final de la red de transporte, hasta los consumidores finales. La distribución será gestionada por las empresas distribuidoras como Iberdrola o Unión Fenosa entre otras.

No formarán parte de las redes de distribución los transformadores de grupos de generación, los elementos de conexión de dichos grupos a las redes de distribución, las instalaciones de consumidores para su uso exclusivo, ni las líneas directas.

La Ley del Sector Eléctrico no contempla ninguna subdivisión oficial de la red de distribución, pero sí estipula que se considerarán líneas de distribución aquellas que tengan una tensión inferior a 220 kV y no queden integradas dentro de la red de transporte. El RAT (Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de Alta Tensión) por su parte, únicamente divide las líneas de AT en función de su tensión nominal clasificándolas en cuatro categorías (la categoría especial y la 1ª, 2ª y 3ª categoría).

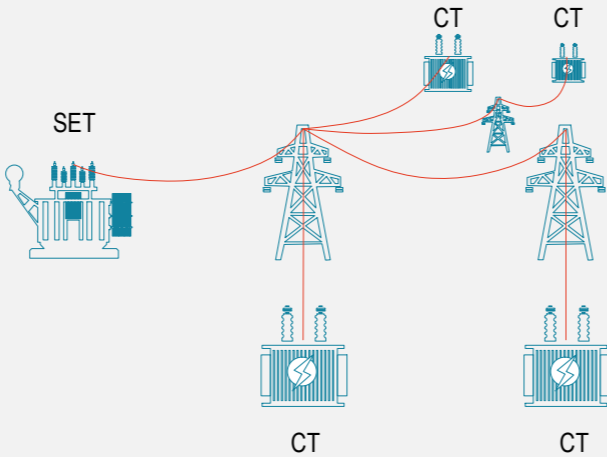
Por lo tanto, estudiando ambas leyes en su conjunto, podemos asignar la categoría especial a la red de transporte con su tensión nominal igual o superior a 220 kV y entender la red de distribución como el conjunto de todas las líneas de distribución en BT y aquellas de AT que abarquen los valores inferiores a 220 kV y superiores a 1 kV (primera, segunda y tercera categoría de AT).

## TIPOLOGÍA DE REDES ELÉCTRICAS DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN

Las redes eléctricas podrán adoptar diversas morfologías en función de las necesidades de cada zona. Se clasifican en líneas abiertas o cerradas atendiendo al número de lados por el que reciben la tensión. A su vez, las líneas cerradas se subdividen según su forma, su fuente de alimentación y a las interconexiones que se realicen entre ellas.

### LÍNEAS ABIERTAS O EN ANTENA

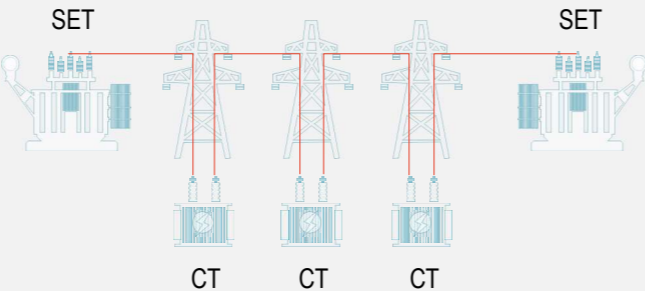
Son aquellas líneas alimentadas únicamente por uno de sus extremos, lo que las convierte en redes susceptibles de dejar sin suministro a sus puntos de consumo en caso de avería. Las redes formadas por líneas en antena son conocidas como **redes radiales**. Este tipo de red se utiliza principalmente en áreas rurales ya que es menor el coste de suministro al tratarse de grandes áreas geográficas con cargas dispersas y baja densidad.



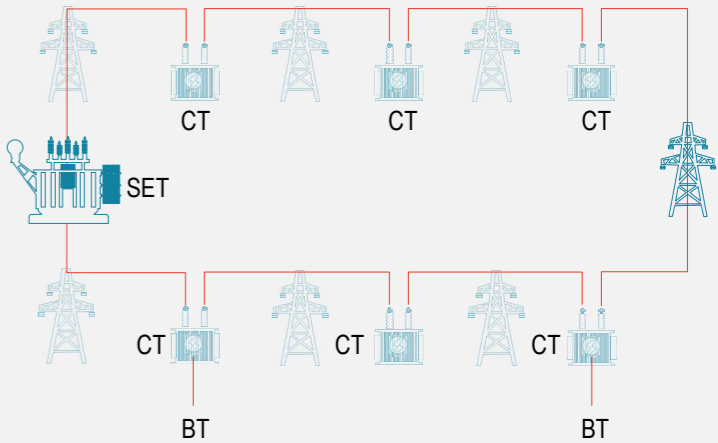
### LÍNEAS CERRADAS

Son líneas que reciben corriente eléctrica por dos o más puntos, asegurándose de esta manera el suministro eléctrico en caso de avería o disrupción en la red. Por esta razón son las más habituales en los núcleos urbanos y en zonas con numerosos puntos de consumo. Existen diferentes tipos de redes cerradas:

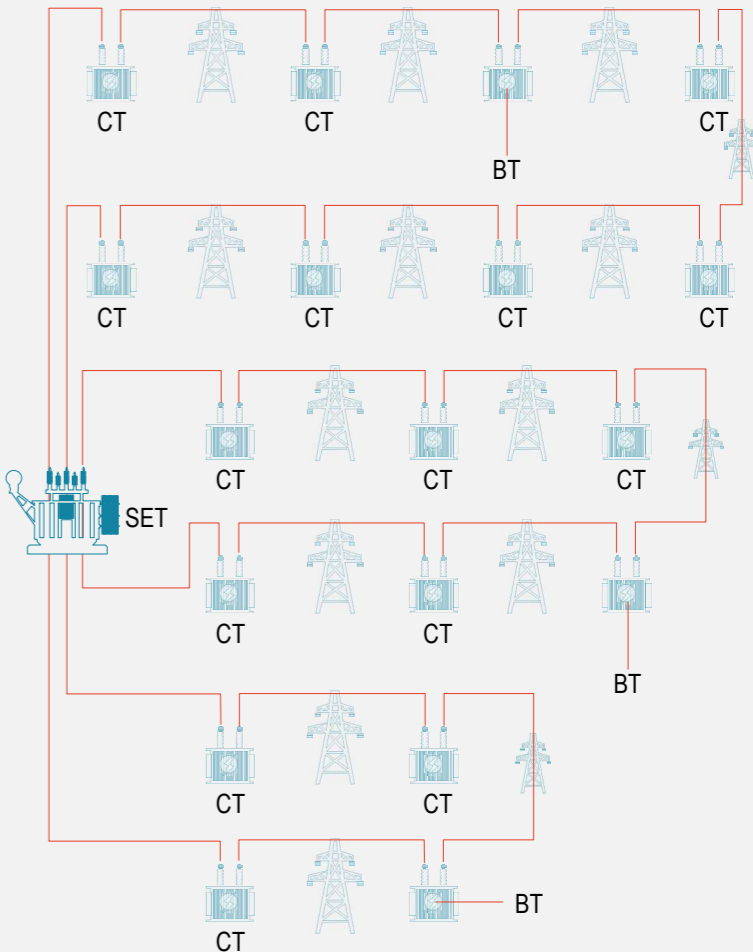
**LCR1 Red Lineal:** similar a la red radial pero alimentada por ambos extremos. Sobre la línea de distribución nos encontraremos los CT conectados entre sí en serie.



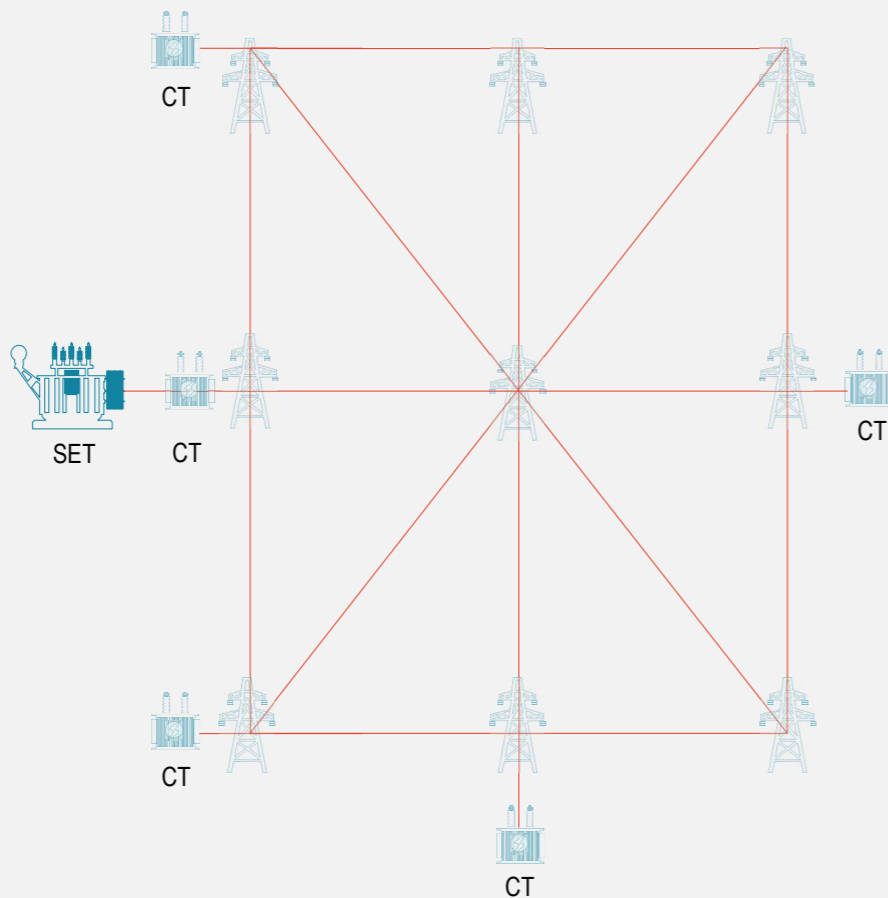
**LCR2 Red en Anillo o Anillada:** está formada por una línea de distribución que se cierra sobre sí misma formando un anillo. Puede estar alimentada por una misma fuente de alimentación (subestación o CT) o por dos diferentes con el objetivo de duplicar la seguridad. Sobre la red se instalan diferentes CT desde los que partirán las redes de BT.



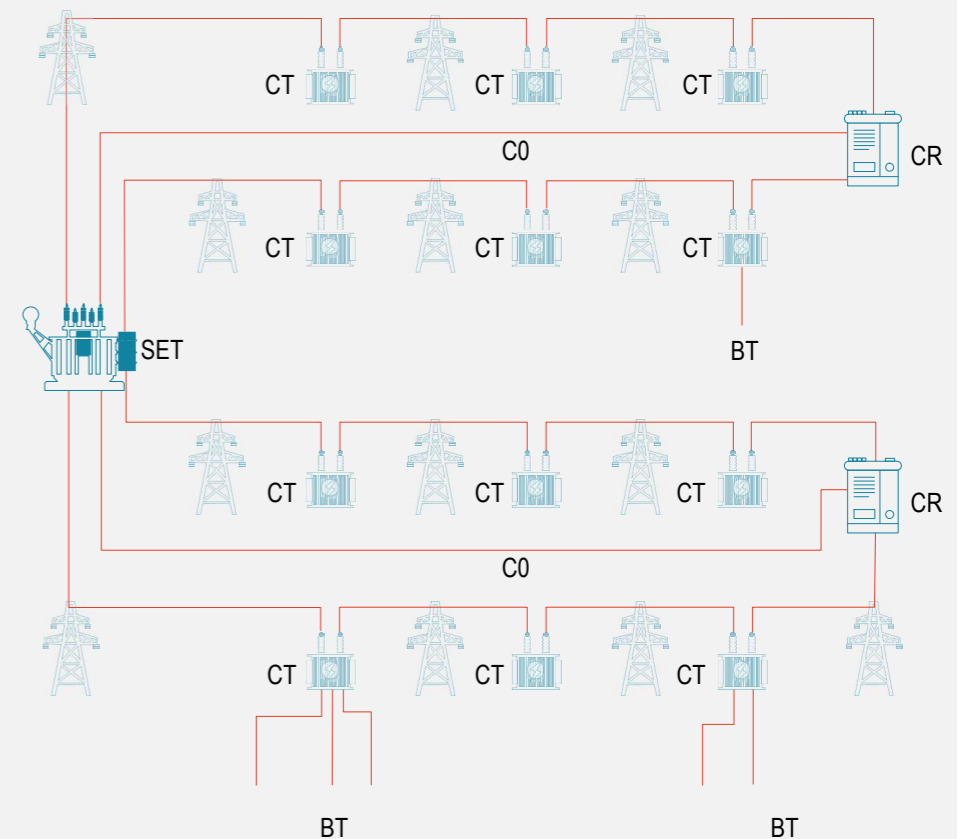
**LCR3 Red en Anillos Múltiples:** es una variante de la anterior y está formada por varias redes en anillo conectadas a una misma subestación o centro de reparto. Cada anillo a su vez, dispondrá de CT con sus correspondientes líneas de distribución BT.



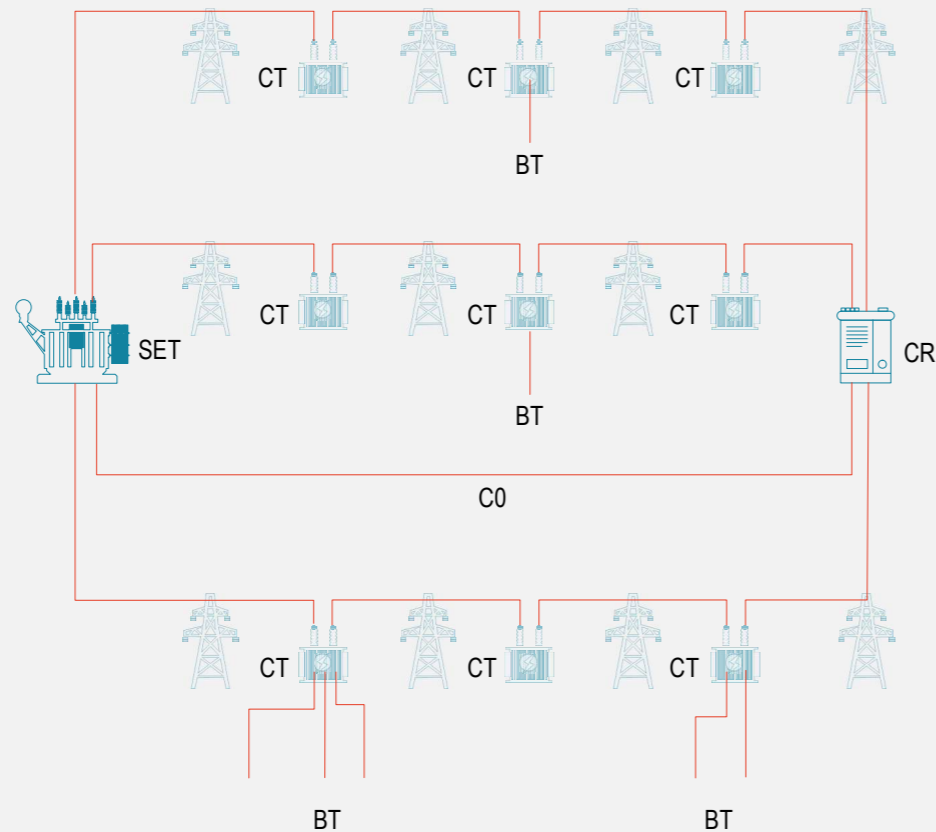
**LCR4 Red Mallada:** surgen al conectar entre sí redes en anillo con redes abiertas para formar una malla. Es el sistema más extendido en la red de transporte y distribución debido a su seguridad de suministro. Además, en este tipo de redes se reducen las caídas de tensión y presentan una gran facilidad para hacer frente a picos de demanda. Como inconveniente podemos destacar una mayor complejidad en el diseño y en las protecciones de la red, así como la posibilidad de tensiones de cortocircuito elevadas.



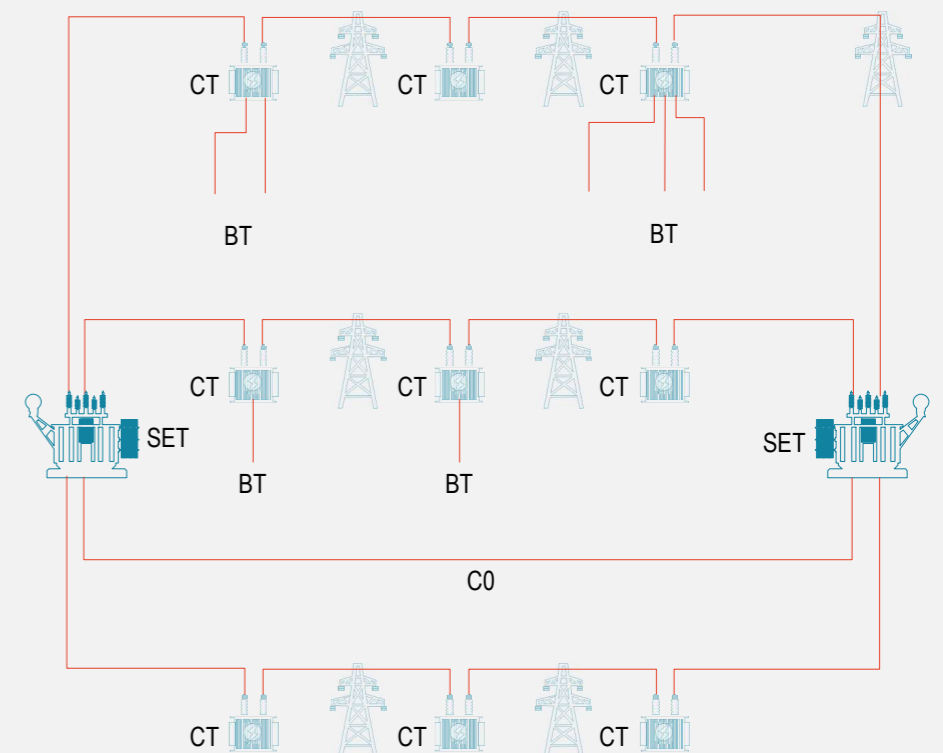
**LCR6 Red en Huso Normal Múltiple:** es una variante del caso anterior, formada por dos o más husos normales conectados por un extremo a una subestación o centro de reparto, y por el otro u otros, a centros de reflexión.



**LCR5 Red en Huso Normal:** se trata de una red formada por varias líneas conectadas entre una subestación por uno de sus lados y un centro de reflexión por el otro. Estos **centros de reflexión** actúan como un espejo de la energía procedente de la subestación. Las redes en huso están provistas de uno o dos **circuitos cero** (también denominados líneas de socorro o interconexión), los cuales unen directamente ambos extremos para aportar un grado más de seguridad al sistema en caso de avería de la red.



**LCR7 Red en Huso Apoyado:** se trata del caso más complejo de la distribución, este tipo de redes están formados por líneas conectadas a dos subestaciones o a dos centros de reparto en sus extremos y unidas entre sí por un circuito cero.



## 5.1. REDES ELÉCTRICAS DE ALTA TENSIÓN

El transporte, la distribución y la generación de energía eléctrica en alta tensión requiere de instalaciones singulares como centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación que se unen entre sí mediante líneas eléctricas de alta tensión, considerándose estas aquellas que portan corriente alterna trifásica a 50 Hz de frecuencia con una tensión nominal eficaz entre fases superior a 1 kV (1.000 V).

La Alta Tensión (en adelante AT) viene definida por el Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, que aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de AT (RAT) y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC-RAT 01 a 23). Por otro lado, las condiciones técnicas más específicas dirigidas a garantizar la seguridad de cualquier línea de alta tensión, ya sea aérea o subterránea, quedan recogidas y reguladas por el RD 223/2008 de 15 de febrero, que aprueba el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en Líneas eléctricas de AT (LAT) y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC-LAT 01 a 09).

Es en estos reglamentos donde se clasifican las líneas de AT en las siguientes categorías:

**La categoría especial:** correspondiente a la red de transporte, incluye las instalaciones de tensión nominal igual o superior a 220 kV y las de tensión inferior que formen parte de la misma.

- **1ª categoría:** de tensión nominal inferior a 220 kV y superior a 66 kV.
- **2ª categoría:** de tensión nominal igual o inferior a 66 kV y superior a 30 kV.
- **3ª categoría:** de tensión nominal igual o inferior a 30 kV y superior a 1 kV.

Asimismo, aunque estos reglamentos abarcan unos amplios rangos de tensiones para cada categoría de transporte y distribución, se determina de uso preferente en redes de AT las tensiones de 20, 66, 132, 220 y 380 KV.

### 5.1.1. LÍNEAS AÉREAS DE AT

Las líneas aéreas de AT se utilizan para el transporte y distribución de energía eléctrica a grandes distancias por su mejor eficiencia y menor coste frente a las líneas subterráneas. El tendido de este tipo de redes circula generalmente por zonas despobladas o con muy poco tránsito. Aparte de su coste y eficiencia, estas líneas tienen un mantenimiento relativamente sencillo, ofrecen menores pérdidas de carga y sus cables generalmente no necesitan de aislamiento. En contrapartida, este tipo de redes sufren un mayor deterioro debido a su exposición a las condiciones climáticas y a la polución, producen un impacto visual en terrenos naturales o históricos y pueden suponer graves riesgos para la avifauna y los bosques forestales que atraviesan.

Las condiciones técnicas que regulan las líneas aéreas de alta tensión vienen recogidas en el reglamento por la **ITC- LAT 07** (líneas aéreas con conductores desnudos) y la **ITC- LAT 08** (Líneas aéreas con cables unipolares aislados reunidos en haz o con conductores recubiertos). Las primeras son las infraestructuras más habituales, ya que es el aire el que hace la función de aislante natural y sus cables pueden mantenerse desnudos siempre y cuando se garanticen las distancias y elementos de seguridad correspondientes. El aire, además de actuar como aislante, disipa el calor producido por el efecto Joule, refrigerando los cables y facilitando su conductividad.

Por otro lado, las líneas aéreas de alta tensión con **conductores recubiertos** se emplearán preferentemente como alternativa a los conductores desnudos cuando estos transcurran por zonas de arbolado, zonas con fuertes vientos o zonas de protección especial de la avifauna. A su vez, los tendidos de líneas aéreas de alta tensión con **cables unipolares aislados reunidos en haz** podrán emplearse cuando no sea posible técnicamente, resulte económicamente desproporcionada la construcción de líneas subterráneas, o bien en aquellos casos que, por antiguos condicionantes locales o circunstancias particulares, se demuestre el interés de su utilización (por ejemplo: zonas de bosques, instalaciones provisionales de obras con proximidad de maquinaria móvil, entrada en núcleos urbanos, etc.).

### ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA LÍNEA AÉREA

#### Conductor

Pueden estar formados por varios cables para cada fase (dobles, triples o cuádruples) y suelen ser de cobre, aluminio o aleaciones de estos con acero para aumentar su resistencia mecánica.

Debido a los altos niveles de voltaje que circulan por ellos, los conductores de alta tensión provocan una ionización del aire que los rodea. Este fenómeno, conocido como el efecto corona, da como resultado una gran pérdida de carga y se manifiesta con un zumbido característico en forma de pequeñas chispas o halo luminoso alrededor de los cables. No representa ningún peligro para la salud y puede verse acusado en días de lluvia o niebla a consecuencia de una mayor humedad relativa del aire.

#### Cruceta

Las crucetas son las encargadas de sostener los aisladores y el conductor de la línea aérea.

#### Estructuras de apoyo

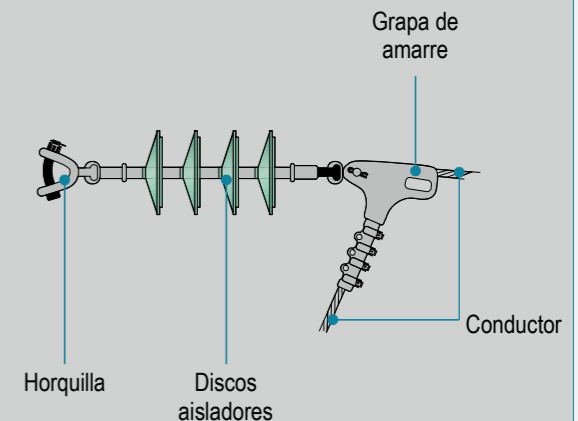
Estructuras que podrán ser metálicas, de hormigón o madera. Se deberán encontrar convenientemente puestas a tierra y suelen contar con barreras físicas que garantizan la protección frente a riesgo eléctrico.

#### Cable de guarda

Sirve para proteger las torres contra las descargas eléctricas atmosféricas.

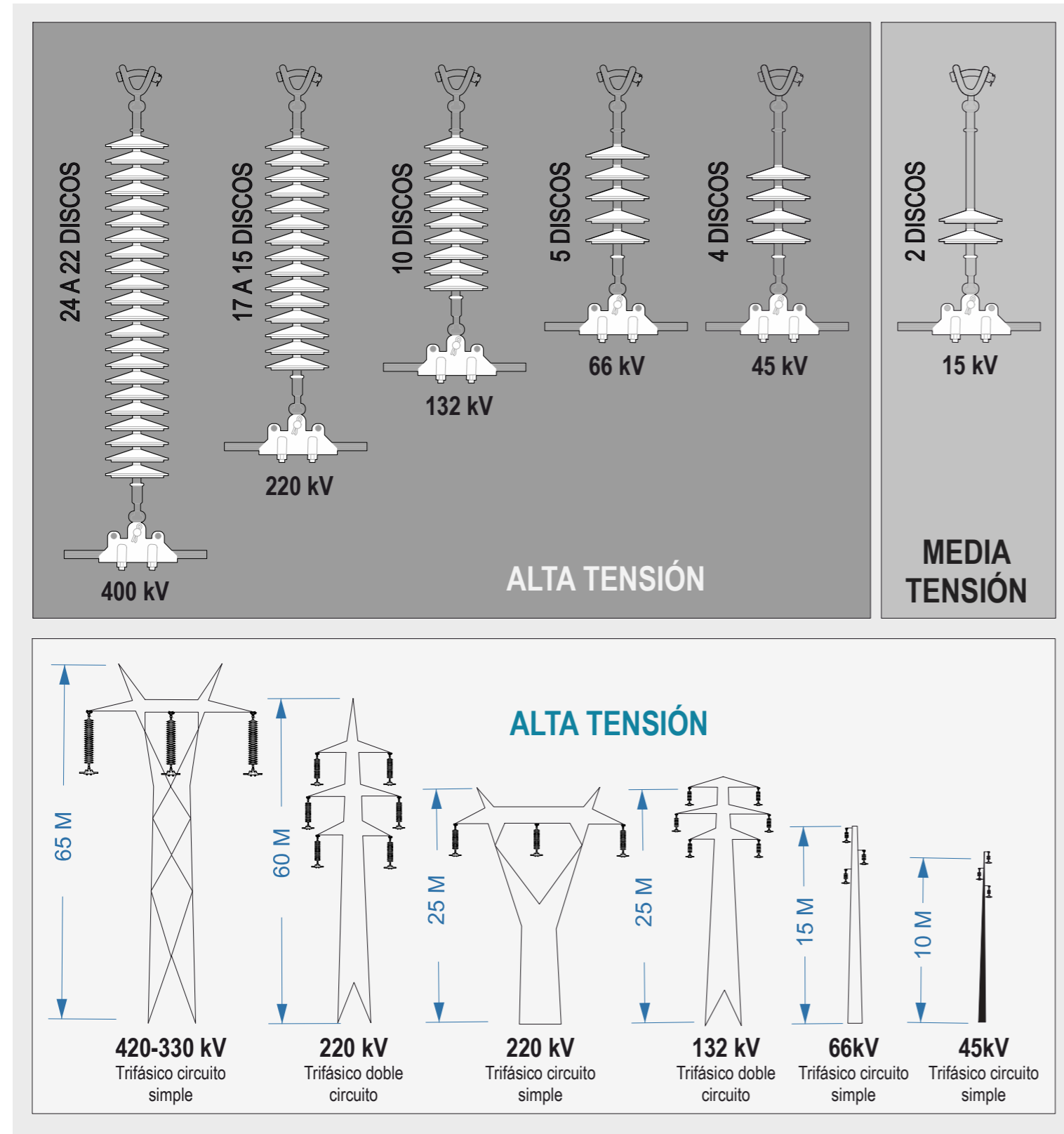
#### Aisladores

Son los elementos encargados de sujetar mecánicamente los elementos conductores que forman parte de la línea, manteniéndolos aislados de tierra y otros conductores. Suelen ser de vidrio, porcelana o composite (resinas especiales).



## IDENTIFICACIÓN DEL NIVEL DE VOLTAJE EN LÍNEAS AÉREAS

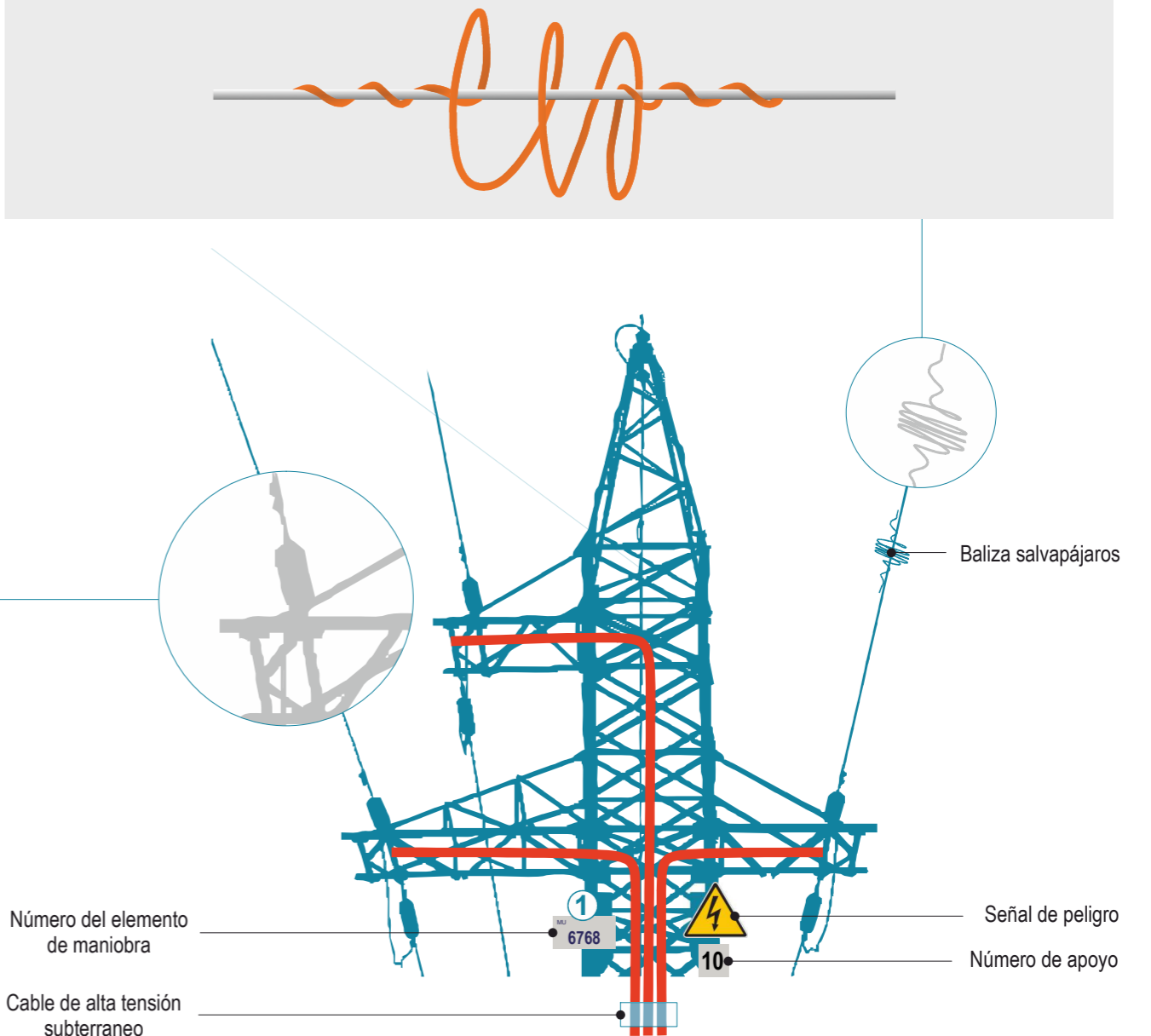
Para poder distinguir la tensión de las líneas de transporte y distribución, existe una forma visual muy práctica que nos ayudará a poder identificarlas de una manera aproximada. Debemos fijarnos en la cantidad de discos aisladores de los que disponga su cadena de aislamiento. Considerando un voltaje de 15 kV por cada disco de la cadena podemos hacernos una idea de la tensión que circula por la línea. Este método nos puede servir como valor de referencia, ya que hay muchas veces que no se cumple. Las compañías asignan un tipo de apoyo distinto a cada valor de tensión convirtiéndose la altura y morfología de estos en un indicador más fiable a la hora de calcular el valor de tensión en ese punto de la red.



## BALIZAS SALVAPÁJAROS

Estos dispositivos disuasorios son bastante efectivos y consiguen reducir los niveles de muerte por colisión de aves, la causa más común, sobre todo en especies con hábitos migratorios. La legislación obliga a los titulares de las instalaciones eléctricas a colocar estos sistemas de seguridad de la avifauna, a través del Real Decreto 1432/2008.

Los balizamientos se colocan en las torres de Alta Tensión. Asimismo, son de gran utilidad para facilitar la visualización de los tendidos a pilotos de aviones y helicópteros o vuelos sin motor, ya que se suelen colocar en cruces con autopistas y autovías y en zonas donde existe una gran densidad de tráfico aéreo, principalmente cercanas a aeropuertos.



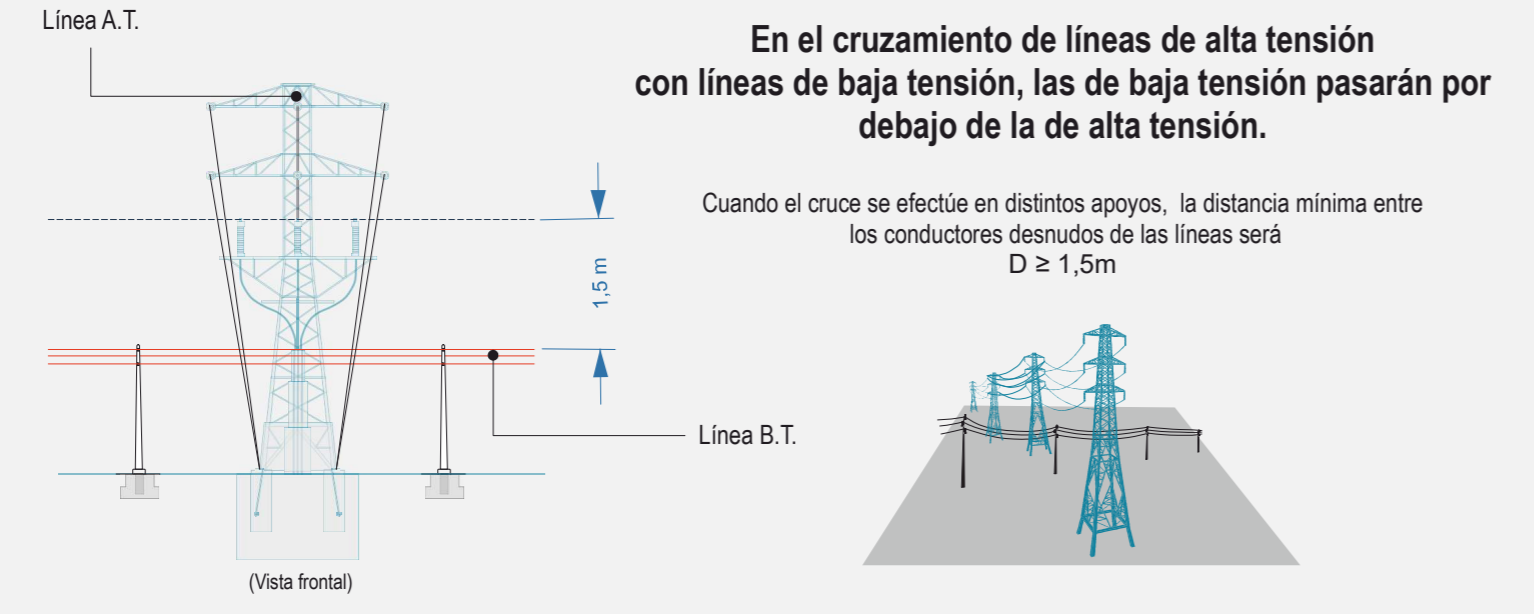
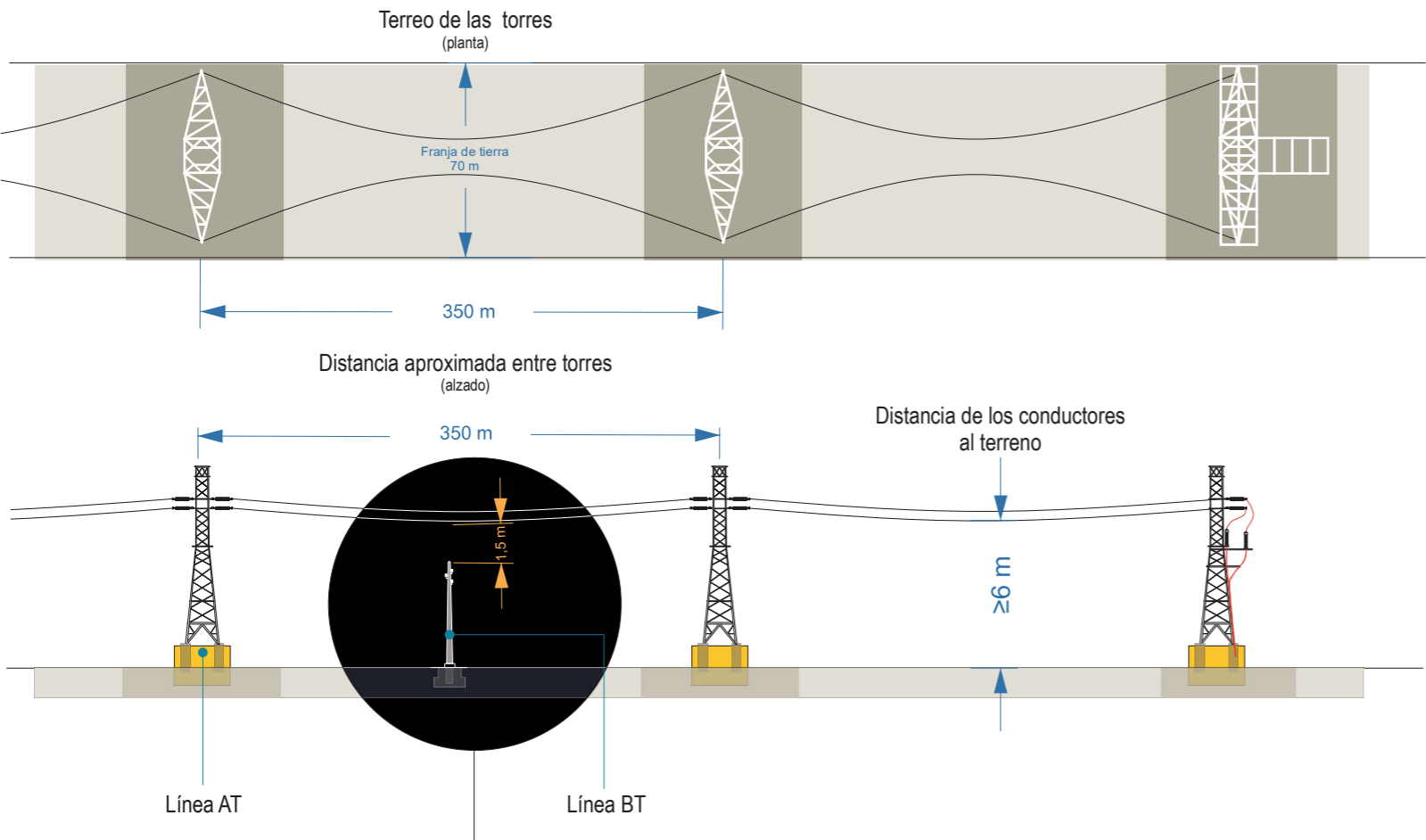
## IDENTIFICACIÓN DEL APOYO

Cada torre de AT cuenta con un número de identificación (1) que deberemos proporcionar a la compañía eléctrica en caso de intervención. Esta información le es muy útil a los operarios para localizar geográficamente el elemento que ha sufrido un accidente o una avería y puedan cortar el suministro eléctrico de la red o mandar a sus técnicos si fuese necesario.

DISTANCIA A LÍNEAS AÉREAS ELÉCTRICAS DE A.T. A B.T. Y OTRAS LÍNEAS

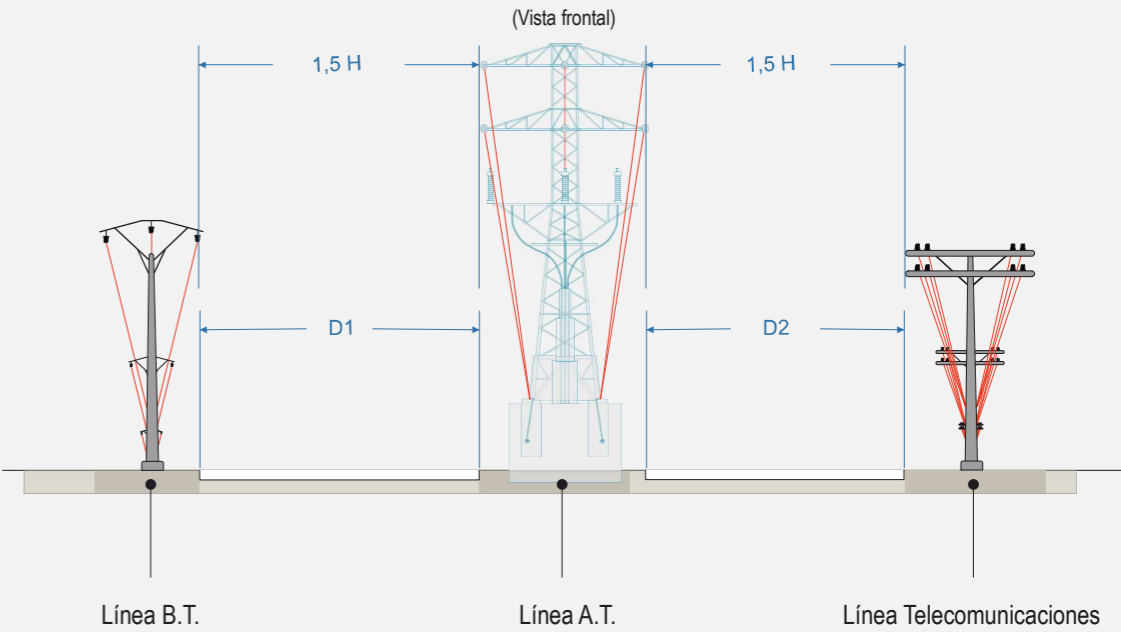
Las distancias mínimas que deben guardarse entre líneas eléctricas y elementos físicos existentes a lo largo de su trazado (carreteras, edificios, árboles, etc.), con objeto de evitar contactos accidentales, se contemplan en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Decreto del Ministerio de Industria 2413/1973, BOE 9.10.73) y en el Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión (Decreto del Ministerio de Industria 3151/1968, BOE 27.12.68).

A continuación se exponen de forma gráfica las distancias principales que establece el reglamento para líneas aéreas de alta tensión.



Paralelismo con líneas de baja tensión y telecomunicaciones

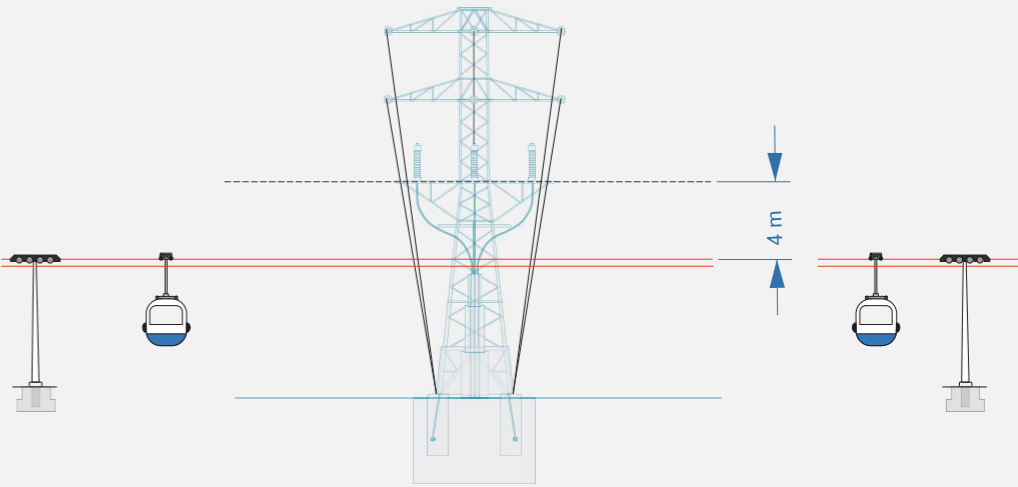
Cuando el cruce se efectúe en distintos apoyos, la distancia mínima entre los conductores desnudos de las líneas será  $D \geq 1,5\text{m}$



TIPO DE VÍA	D1	D2
Carretera Nacional	25	8
Autopista	50	8

Cruzamiento con teleféricos y cables transportadores

La línea eléctrica cruzará por encima, salvo caso justificado, manteniendo:  $D \geq 4\text{m}$



## 5.1.2. LÍNEAS SUBTERRÁNEAS DE AT

Las líneas subterráneas de AT son muy comunes en los núcleos urbanos, la principal ventaja que encontramos en estos tendidos eléctricos es su seguridad frente a contactos directos por parte de personas y animales. Además este tipo de líneas evitan el impacto visual y no generan los ruidos típicos de las aéreas.

Por otro lado, las líneas subterráneas presentan como principal desventaja su poca eficiencia en redes de grandes distancias. Si aumentamos el voltaje también aumentamos proporcionalmente la absorción por potencia reactiva del cableado, provocando pérdidas de carga en líneas con una longitud elevada. La evacuación del calor generado por el efecto Joule es mucho más dificultosa que en el caso de las instalaciones aéreas debido al aislamiento y protección exterior de los cables. Además, al estar más agrupados, se genera un calor adicional entre los conductores debido a su campo eléctrico que no se disipa por el terreno. El mantenimiento se hace más complicado y su construcción conlleva costes mucho más elevados que los de las líneas aéreas debido a las excavaciones necesarias para su ejecución.

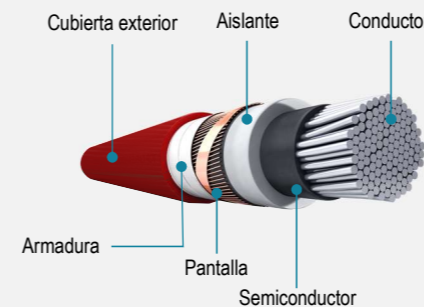
Las líneas subterráneas con cables aislados de AT vienen recogidas en la **ITC-LAT 06**, de aplicación a todas las líneas eléctricas subterráneas y a cualquier tipo de instalación distinta de las líneas aéreas, como por ejemplo galerías, bandejas en el interior de edificios, fondos acuáticos, etc. Los conductores serán siempre aislados de cobre o aluminio y discurrirán, salvo casos de fuerza mayor, por terrenos de dominio público en suelo urbano, preferentemente bajo las aceras y procurando que el trazado sea lo más rectilíneo posible y paralelo en toda su longitud a las fachadas de los edificios principales o, en su defecto, a los bordillos.

SEGÚN ESTA ITC LOS TENDIDOS SUBTERRÁNEOS DE AT PODRÁN DISCURRIR POR MEDIO DE UNO DE LOS SIGUIENTES SISTEMAS

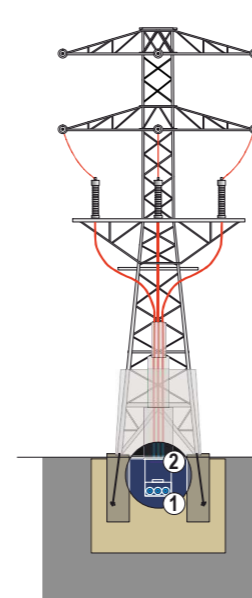
### CABLE SUBTERRÁNEO DE A.T

Los cables subterráneos de AT se pueden identificar por ser tres conductores de color rojo aunque a día de hoy todavía podemos encontrar conductores antiguos en servicio de color negro.

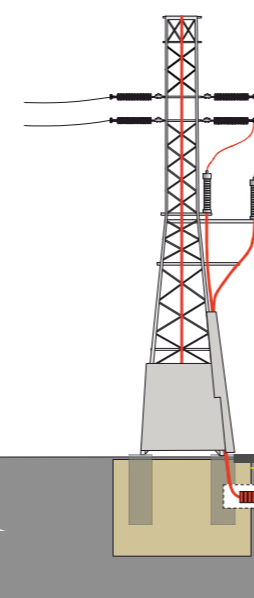
Se denomina cable unipolar al cable que consta de un único hilo conductor, de forma profesional se hace referencia a este cable como "hilo de línea".



VISTA DE ALZADO



VISTA DE PERFIL



### 5 GALERÍAS DE SERVICIO

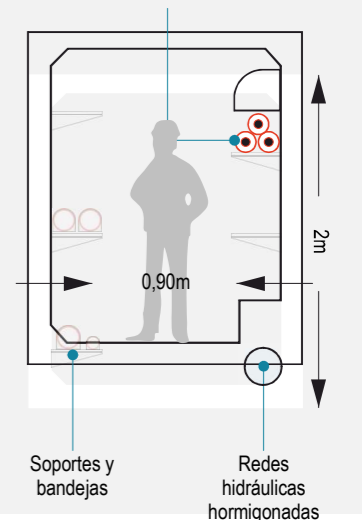
Se trata de galerías visitables de dimensiones interiores suficientes para la circulación de personas. Se usarán preferentemente para instalaciones eléctricas y cables de control y comunicaciones, aunque podemos encontrar otras infraestructuras en su interior.

Es aconsejable disponer los cables de distintos servicios y de distintos propietarios sobre soportes diferentes y mantener entre ellos unas distancias que permitan su correcta instalación y mantenimiento. Dentro de un mismo servicio debe procurarse agruparlos por tensiones (por ejemplo, todos los cables de AT en uno de los laterales, reservando el otro para BT, control, señalización, etc.).

En caso de existir, las canalizaciones de agua se situarán preferentemente en un nivel inferior que el resto de las instalaciones.

VISTA DE SECCIÓN

Conducciones de MT con conductores aislados

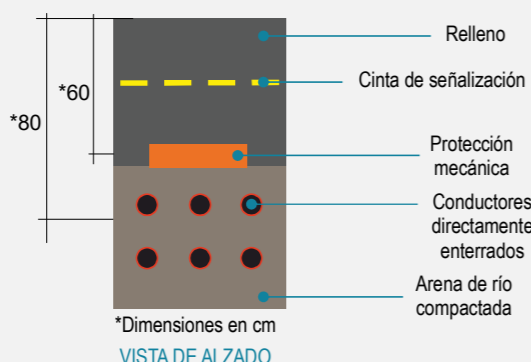


Soportes y bandejas

Redes hidráulicas hormigonadas

### 1 DIRECTAMENTE ENTERRADOS

No existen cables subterráneos sin aislar, todos deben ir correctamente aislados. Cuando se entierran directamente deberá hacerse a distintos niveles, encontrándonos la AT en el nivel más profundo, seguido de la BT un nivel por encima y con los cables de telecomunicación en el nivel más superficial. A una distancia de 0,20 m desde la superficie, habrá una cinta o tapa de señalización para evitar contactos eléctricos o daños en las conducciones.



\*Dimensiones en cm  
VISTA DE ALZADO

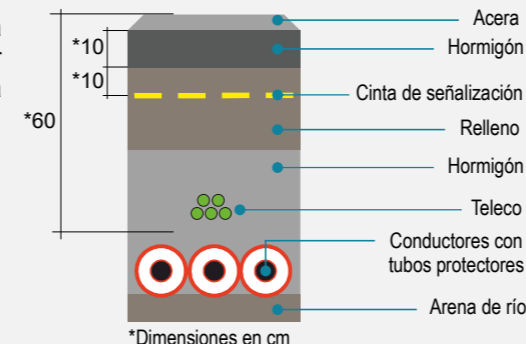
### 2 CINTA DE SEÑALIZACIÓN

Cinta de polietileno para señalar canalizaciones eléctricas subterráneas, su misión es facilitar su localización e identificación en zanjas y excavaciones. Son indispensables y obligatorias para macar el recorrido de canalizaciones tanto de baja, como de alta tensión.



### 3 ENTUBADOS EN CANALIZACIONES

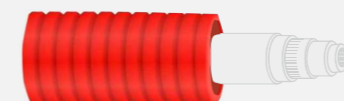
En cada uno de los tubos se instalará un solo circuito. Pudiéndonos encontrar tubos de AT, BT y telecomunicaciones a distintos niveles.



\*Dimensiones en cm

### 4 TUBO HDP FLEXIBLE CORRUGADO

Los tubos corrugados, también conocidos como tráqueas, son canalizaciones para cables eléctricos, tanto exteriores como empotrados. Su función es proteger el cableado.



### 6 EN GALERÍAS NO REGISTRABLES

Son un tipo de galerías en las que no está prevista la circulación de personal. Este tipo de canales son accesibles por medio de tapas de registro muy pesadas que precisan de maquinaria para su manipulación.

En tales galerías se admite la instalación de cables eléctricos de alta tensión, de baja tensión y de alumbrado, control y comunicación. No se admite la existencia de canalizaciones de gas y únicamente se admitirá la existencia de canalizaciones de agua si se puede asegurar que en caso de fuga el agua no afecte a los demás servicios.

Este es el caso de las zanjas con un diseño de doble cuerpo, en el que en un cuerpo se dispone una canalización de agua y tubos hormigonados para cables de comunicación y en el otro, estanco respecto al anterior, se disponen los cables de AT, de BT, de alumbrado público, semáforos, control y comunicación.

### EN ATARJEAS O ZANJAS REGISTRABLES

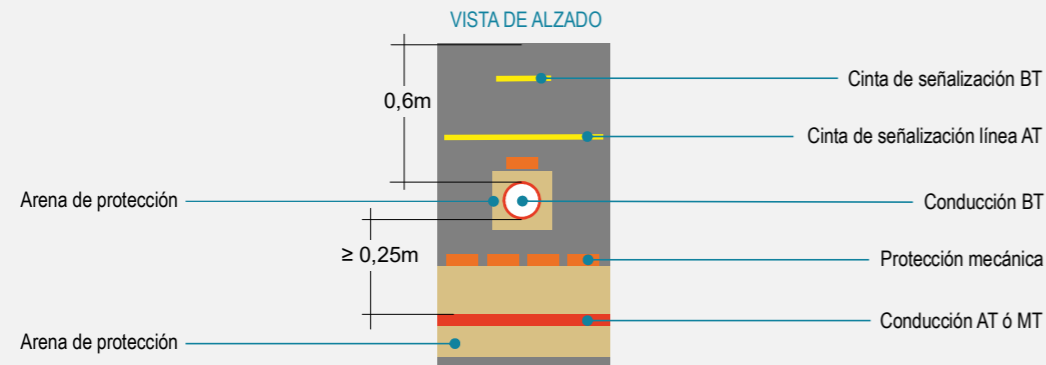
Se diferencian de las anteriores en que cuentan con unas dimensiones aún más reducidas y en que sus tapas de registro sí que pueden ser manipulables por una sola persona sin necesidad de maquinaria.

### 5.1.3. CRUZAMIENTOS

Las líneas subterráneas de AT deberán mantener, a lo largo de su recorrido, las siguientes distancias o condiciones respecto a otras instalaciones urbanas:

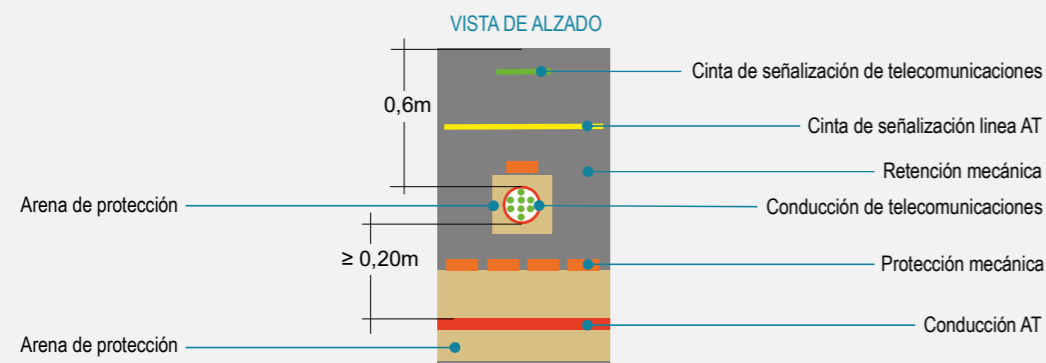
#### Cruzamiento subterráneo de BT sobre líneas de AT

Las líneas subterráneas de AT, siempre que sea posible discurrirán por debajo de los de BT.  
La distancia mínima entre un cable de energía eléctrica de AT y otros cables de energía eléctrica será de 0,25 metros.



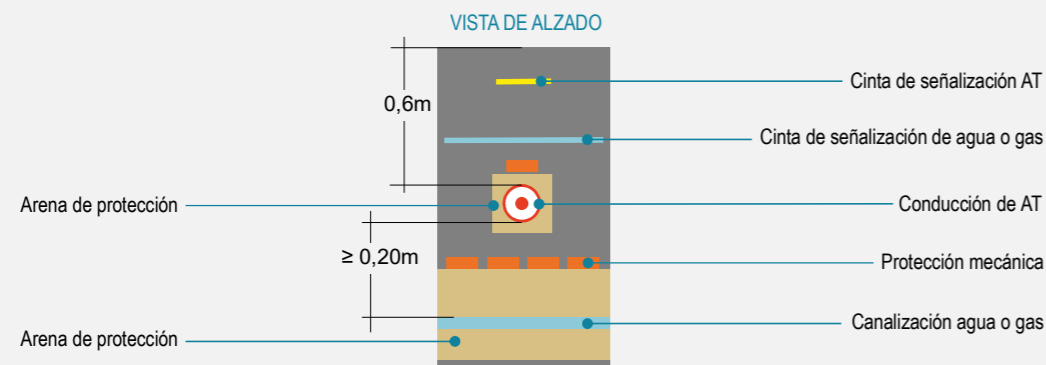
#### Cruzamiento subterráneo de AT en el cruce de líneas de telecomunicaciones

La separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 metros.



#### Cruzamiento subterráneo de AT en el cruce de canalizaciones de agua y gas

Siempre que sea posible, los cables de AT se instalarán por encima de las canalizaciones de agua o gas.  
La distancia mínima entre la línea eléctrica y canalizaciones será de 0,20m.



### 5.1.4. APARAMENTA ELÉCTRICA

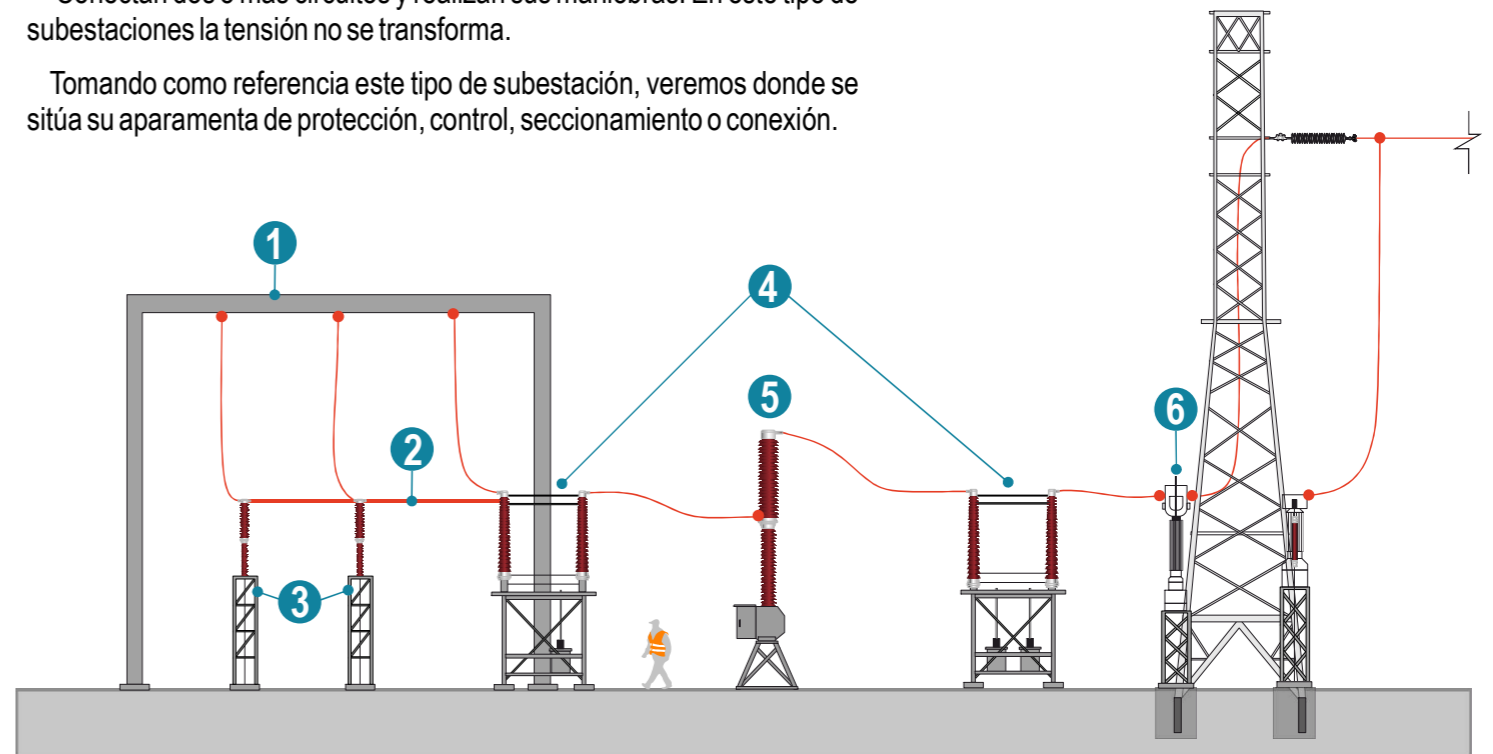
El término aparamenta viene recogido en el REBT como equipo, aparato o material previsto para ser conectado a un circuito eléctrico con el fin de asegurar una o varias de las siguientes funciones: protección, control, seccionamiento o conexión.

Para nuestra profesión es interesante familiarizarnos con este tipo de material eléctrico, puesto que es aquí donde realizaremos las maniobras o comprobaremos el corte de una línea de AT o BT si fuese necesario.

#### Subestación de reparto

Conectan dos o más circuitos y realizan sus maniobras. En este tipo de subestaciones la tensión no se transforma.

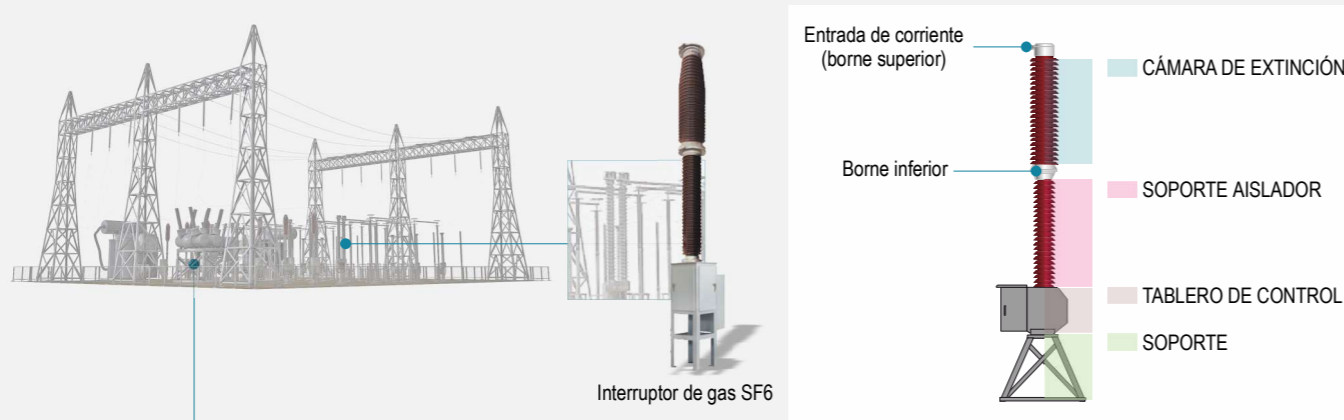
Tomando como referencia este tipo de subestación, veremos donde se sitúa su aparamenta de protección, control, seccionamiento o conexión.



- 1 Pórtico:** elemento de soporte estructural encargado de recibir y dar salida a las líneas de AT.
- 2 Barras o Embarrado:** elemento encargado de conducir la electricidad desde su entrada hasta las diferentes zonas.
- 3 Transformadores de tensión:** transforman la tensión de entrada y salida de la línea a un valor proporcional al real pero admisible por los voltímetros. De igual manera funcionan como elementos de protección al activar los interruptores en caso de sobretensión.
- 4 Seccionadores:** elemento de apertura y cierre del circuito en vacío, aíslan tramos del circuito de manera visible de forma que se pueda trabajar en ellos con seguridad.
- 5 Interruptor:** elemento de apertura y cierre del circuito en carga.
- 6 Transformador de intensidad:** al igual que los transformadores de tensión su función consiste en la medición (en este caso de la intensidad) y la protección, su funcionamiento es similar, pero se disponen en serie.

## Interruptor de potencia

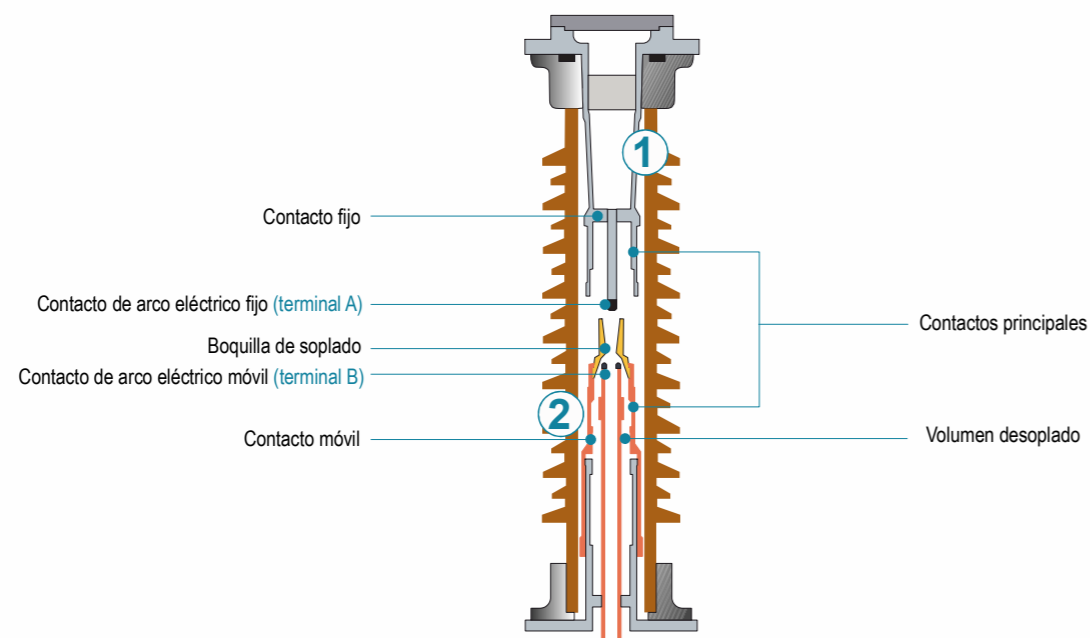
Aparato de conexión capaz de establecer, de soportar y de interrumpir las corrientes en las condiciones normales del circuito (que pueden incluir las condiciones especificadas de sobrecarga en servicio), así como de soportar durante un tiempo especificado las corrientes en las condiciones anormales del circuito, tales como las de cortocircuito.



Interruptor de hexafluoruro de azufre

Al contrario que los seccionadores, un interruptor está preparado para hacer un corte lo suficientemente rápido y manteniendo la suficiente distancia para no generar un arco eléctrico en una instalación con tensión y con carga. Por esta razón, son estos los elementos sobre los que deberemos actuar para abrir un circuito eléctrico en cualquier etapa del sistema eléctrico, desde el transporte hasta el consumo.

### PARTES DE UN INTERRUPTOR DE POTENCIA (SF6)

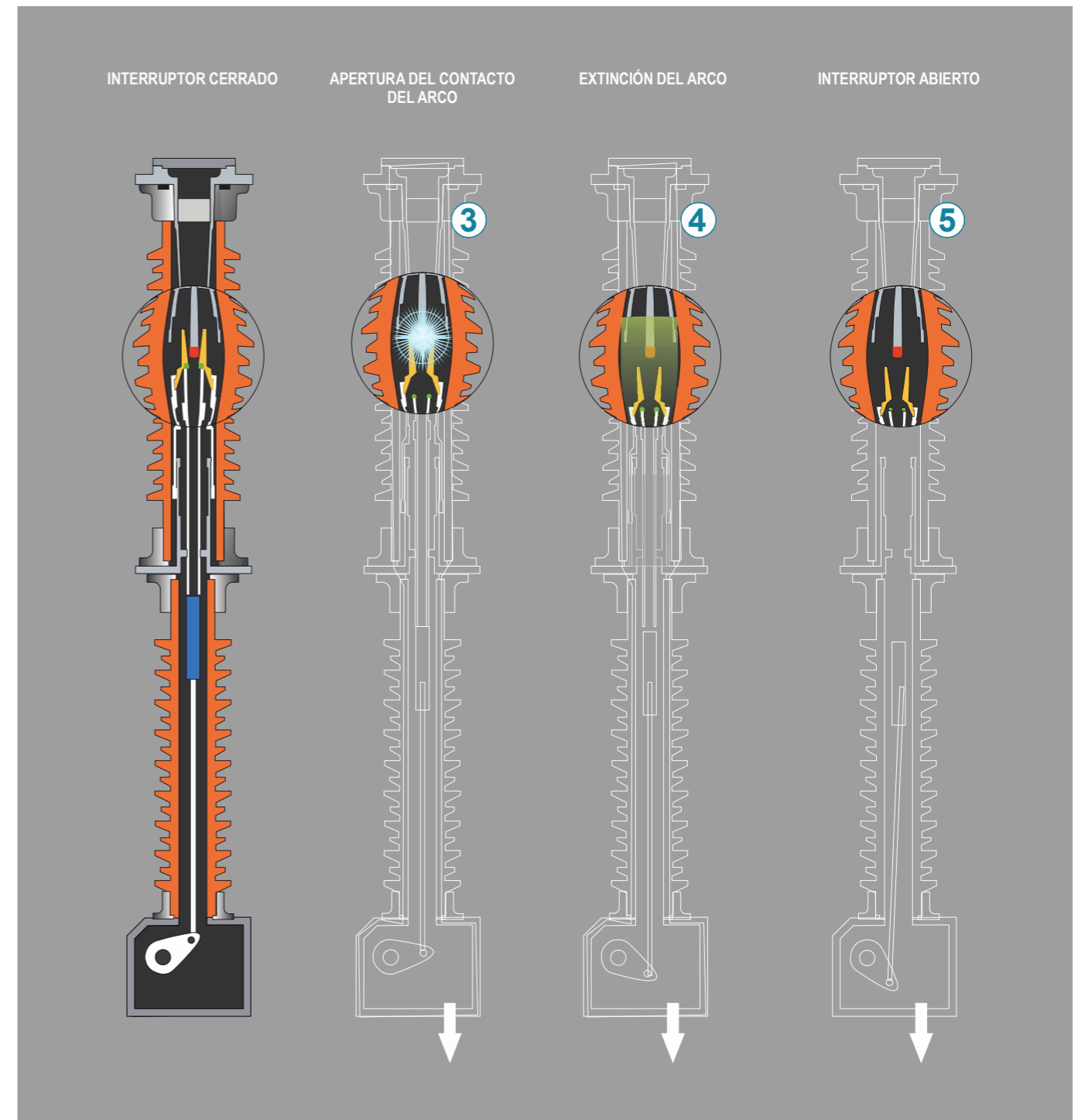


## ¿CÓMO FUNCIONA UN INTERRUPTOR DE POTENCIA?

Un interruptor se divide en dos partes, una será la cámara de fusión de arco eléctrico (1) y la otra la cámara del mecanismo de operaciones de contacto móvil (2).

Al separarse los circuitos es cuando aparece el arco eléctrico (3), constituido por electrones que llegan a originar temperaturas entre 2.500 °C y 10.000 °C. Esto hace que el elemento extintor del arco eléctrico (aceite, gas, hexafluoruro de azufre o vacío) se ionice y se comporte como conductor (4).

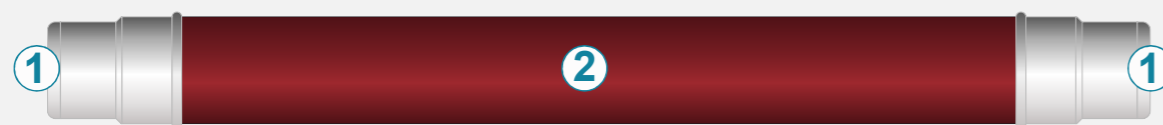
La presión producida por la gasificación origina un movimiento del elemento extintor que es aprovechado para desplazar los iones y enfriar el arco eléctrico, reduciendo su intensidad y rompiendo así el arco eléctrico (5).



## Fusible

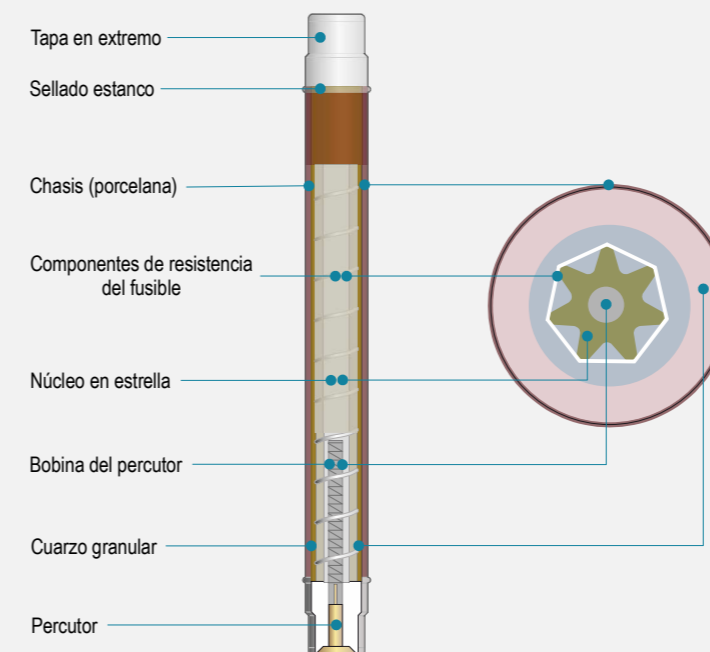
Un fusible es un elemento de seguridad que se funde cuando la intensidad supera un valor límite durante un tiempo determinado protegiendo de sobrecargas y cortocircuitos a los elementos de un circuito eléctrico. Un fusible que nos indica una Intensidad nominal de 200 A funde si sobrepasa durante un periodo de tiempo 1.5 veces la Intensidad nominal del mismo, en este caso 300 A.

### VISTA EXTERIOR



- 1 TAPA DE EXTREMO
- 2 CHASIS

### PARTES DE UN FUSIBLE



### FUNCIONAMIENTO DE UN FUSIBLE

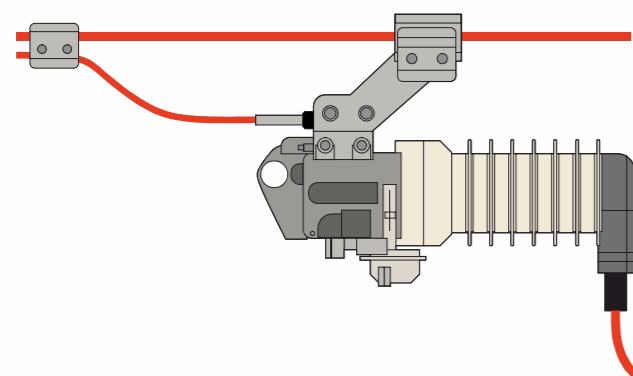


Su funcionamiento es muy simple, se basa en intercalar un elemento más débil en el circuito (1), de manera tal que cuando la corriente alcance niveles que podrían dañar a los componentes del mismo, el fusible se funde (2) e interrumpe la circulación de la corriente.

## Disyuntor / reconectador

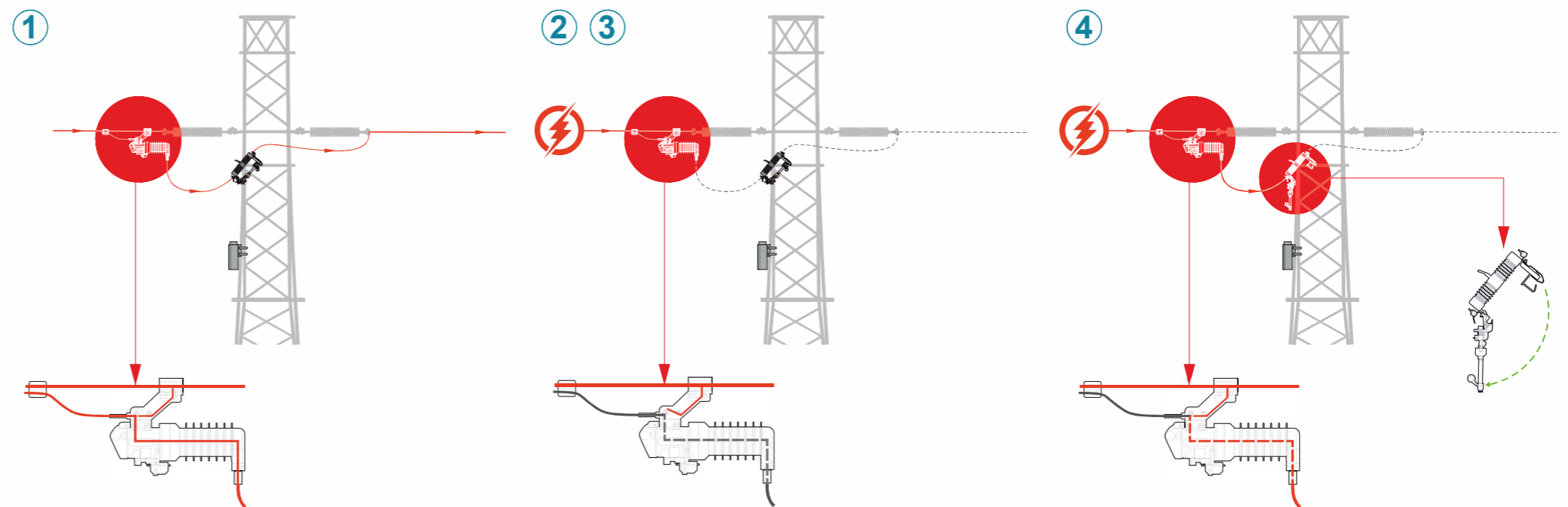
Interruptor automático telemandado, dotado de relés de protección y reenganche. Podemos encontrarnoslos en líneas de 3ª categoría de distribución radial, tanto en la línea principal como en sus derivaciones. Su función es detectar las fallas que se originen aguas abajo de la red y provocar su rearmado para asegurar el suministro eléctrico. El número de reenganches de cada reconectador dependerá de las características de la red de distribución donde estén instalados. En las redes con trazado mayoritariamente aéreo, tras una avería o corte de línea, se producirán 3 reenganches automáticos en menos de 3 minutos. A partir del tercer reenganche, la compañía empieza a hacer pruebas de reconexión y desde su puesto de control rearmen la línea manualmente. Si la avería o el corte continúa las líneas se ponen a tierra y son revisadas in situ por personal de la compañía.

### ¿CÓMO FUNCIONA UN DISYUNTOR?



### APLICACIÓN

1. Se suelen instalar en la cabecera de líneas o ramales.
2. En caso de falla dispara y activa ciclos de reenganche de apertura y cierre aislando la falla.
3. Elimina las fallas transitorias.
4. Pueden efectuar cortes.



Detecta, abre y elimina una falla en medio ciclo (10ms) pudiéndose configurar para protección o remplazo del fusible.

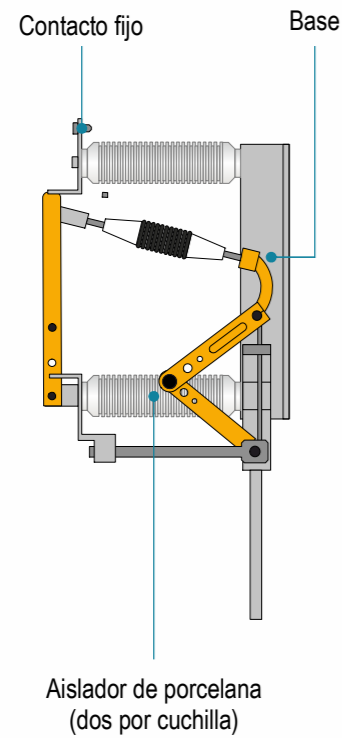
Se suele instalar en serie con el fusible, cuando detecta una falla de corriente se abre antes de que el fusible actúe, subsanando esta si fuera transitoria.

En caso de persistir la falla, el fusible entrará en funcionamiento para eliminarla de forma permanente.

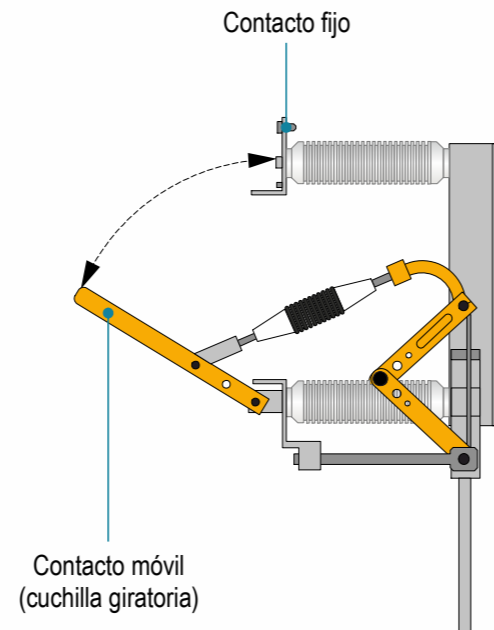
## Seccionador de cuchillas

Aparato mecánico de maniobra sin carga que, en posición de abierto, asegura una determinada distancia de seguridad considerada como aislamiento y apertura del circuito eléctrico. Se trata de un elemento redundante de seguridad para poder mantener abierto un circuito de manera visible.

### SECCIONADOR EN POSICIÓN CERRADA



### SECCIONADOR EN POSICIÓN ABIERTA

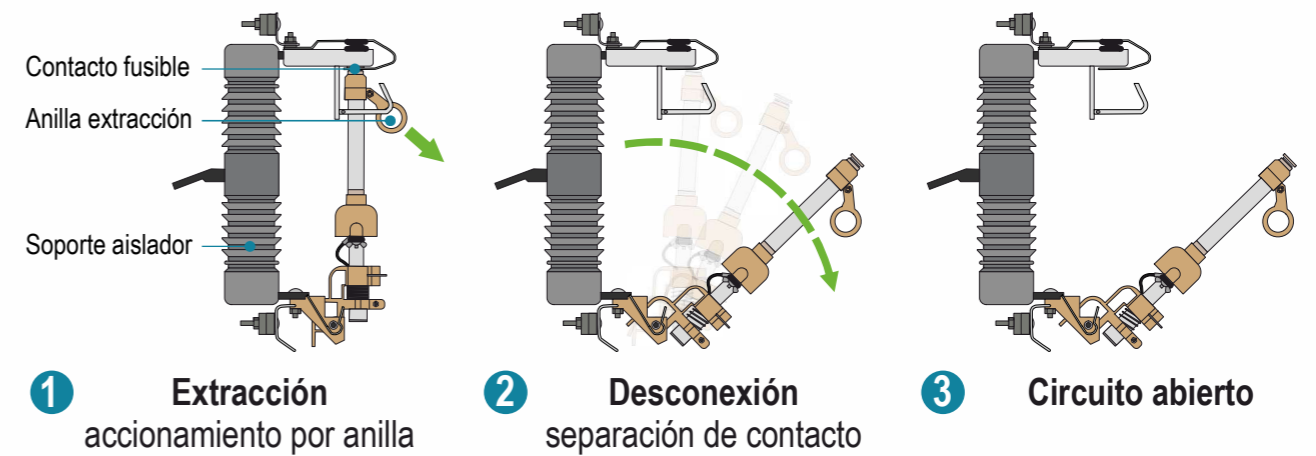


**Nota:** un seccionador es capaz de abrir y cerrar un circuito cuando es despreciable la corriente a interrumpir o a establecer, o bien cuando no se produce cambio apreciable de tensión en los bornes de cada uno de los polos del seccionador. Por lo tanto, un seccionador es capaz de abrir un circuito bajo tensión pero que no tenga un consumo que genere intensidad (un circuito con tensión pero sin carga). Se usan en líneas aéreas de alta tensión como elemento de maniobra y seccionamiento de la línea principal. Como bomberos no podemos saber la carga que tiene un circuito por lo que nunca manipularemos un seccionador bajo tensión.

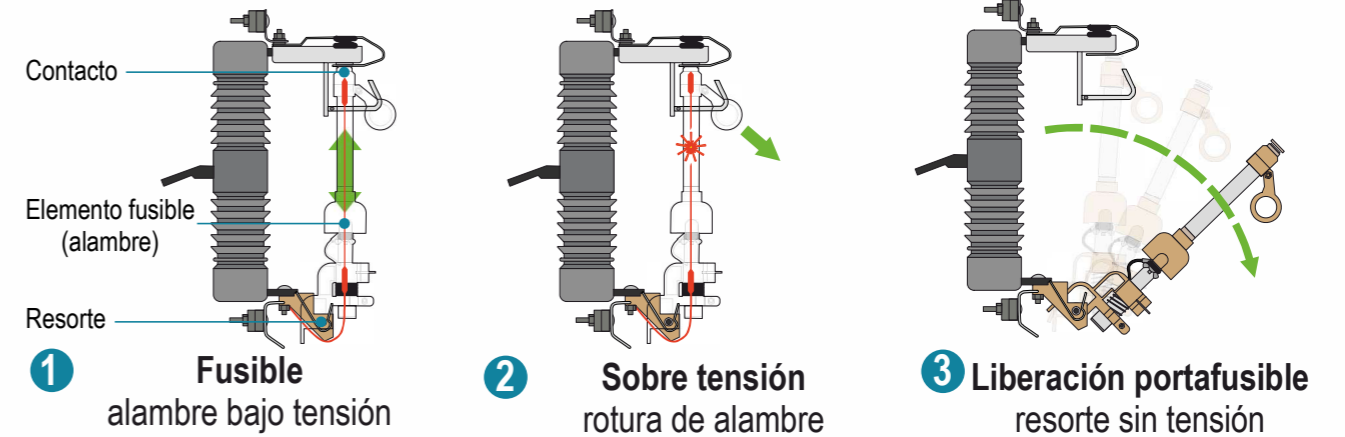
## Seccionador fusible

Aparato mecánico de maniobra y protección.

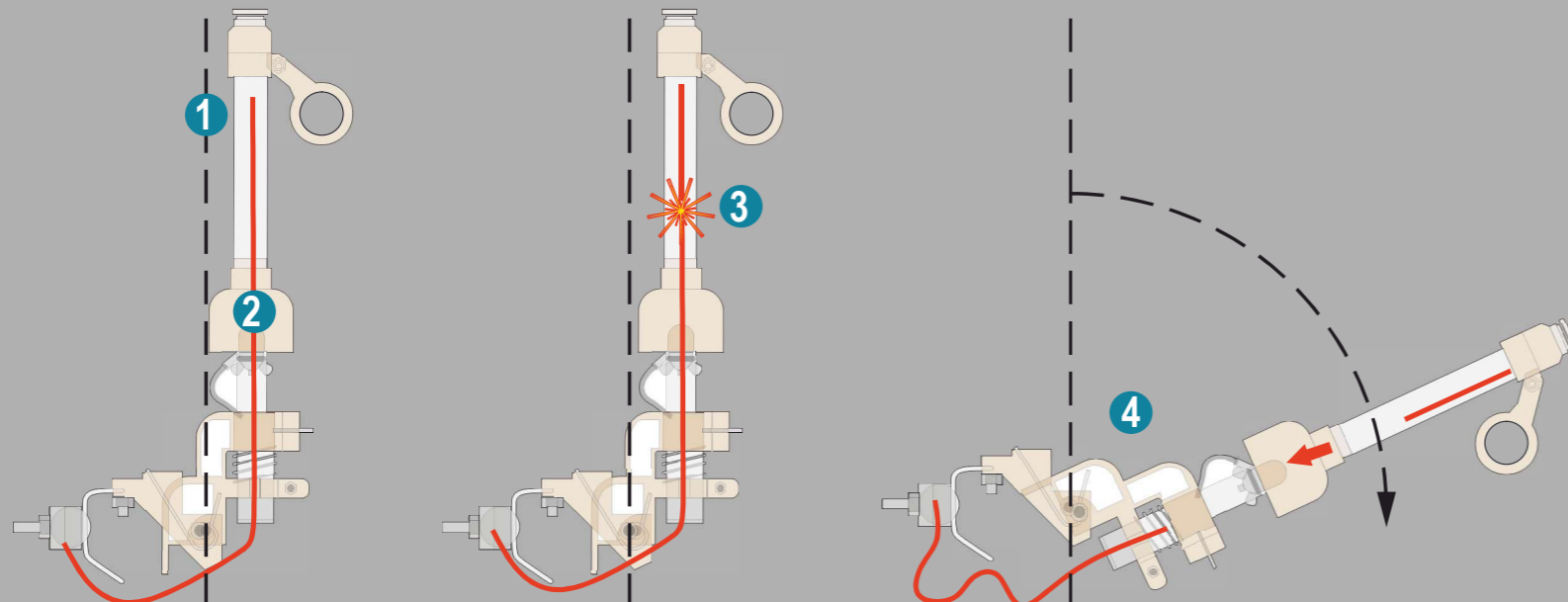
### MANIOBRA



### FUNCIONAMIENTO COMO FUSIBLE



### MODO FUSIBLE DETALLADAMENTE



Para comprender en detalle su funcionamiento vamos a ver particularmente los dos subconjuntos destinados a la extinción del arco:

El tubo portafusible del seccionador (1) y el tubo fusible del elemento fusible (2); el primero está destinado a interrumpir fallas importantes de corriente, mientras que el segundo se encarga de las fallas transitorias y de recuperación.

Ambos se hallan recubiertos interiormente de fibras especiales que actúan a altas temperaturas por arco eléctrico, generando importantes volúmenes de gas desionizante.

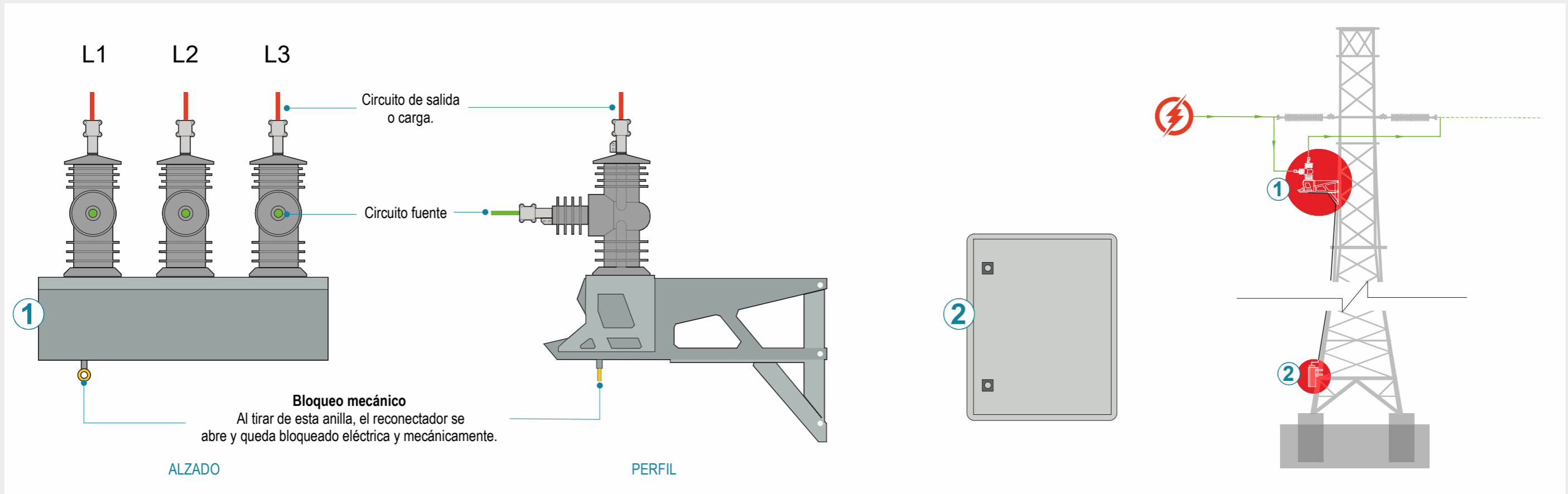
Un cable de metal (material fusible) tensionado, mantiene la unión del contacto a la línea, al fundir por sobrecarga eléctrica parte (3), dejando libre el resorte pivotante de su base, basculando a la posición de caída (4) que le separa del circuito.

## Reconector de vacío

Los reconectadores son interruptores de potencia, se montan en exteriores sirviendo para apertura y cierre en caso de falla transitoria. Realizan el servicio de forma automática mediante monitoreo de línea de respuesta autónoma programada.

El reconector consta de dos componentes:

- (1) Unidad de interruptor: es la parte primaria de la unidad de reconexión que se instala en la parte superior del poste.
- (2) Controlador: es el alma del reconector que se encuentra situado en un armario montado a pie del poste o torre.

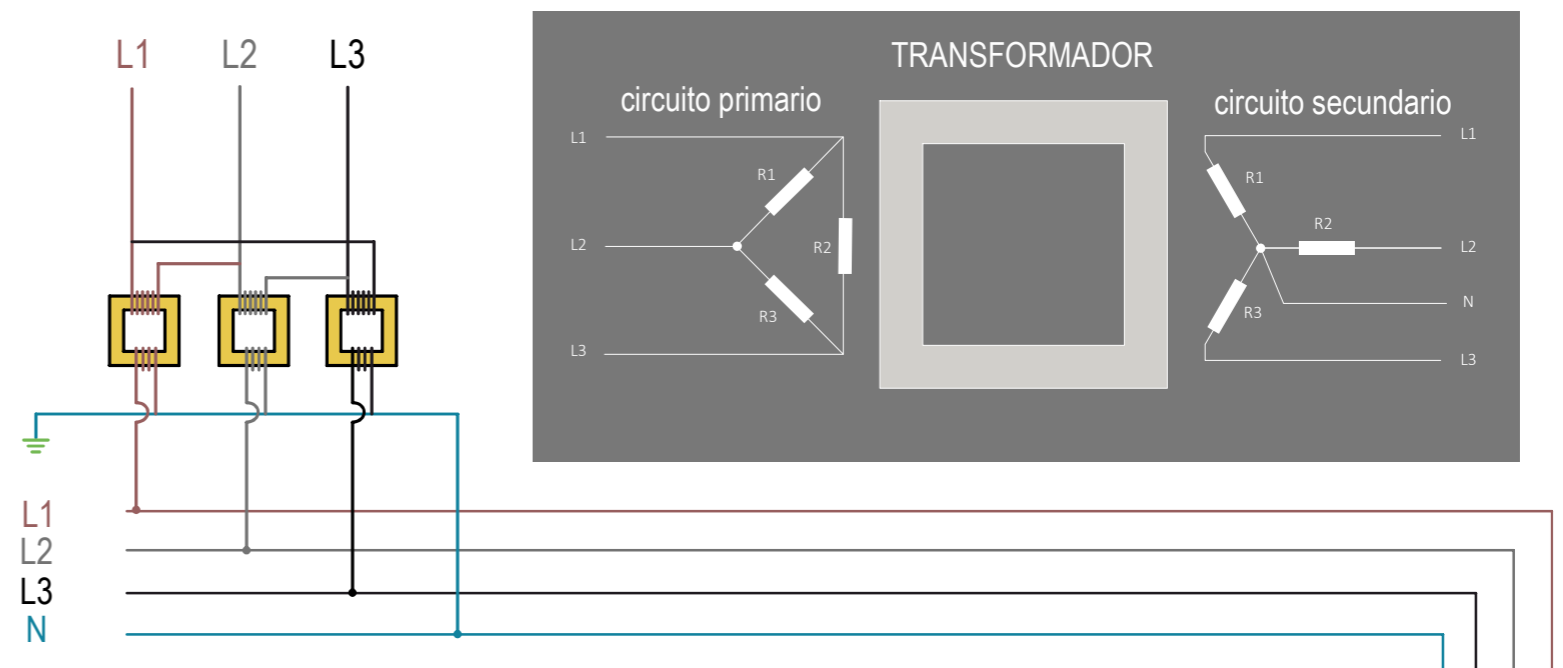


## 5.2. CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Los Centros de Transformación (en adelante **CT**) son instalaciones formadas por uno o varios transformadores, aparataje de alta y baja tensión, conexiones y elementos auxiliares cuyo objetivo es suministrar energía en BT a partir de una red de AT o viceversa. La norma que regula estas instalaciones eléctricas es el **Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, aprobado por el RD 3275/1982 del 12 de noviembre**.

Al igual que pasaba en las estaciones y subestaciones, el transformador constituye el elemento principal del CT. Su cometido es el de reducir el nivel de tensión de la red de AT a los valores de distribución de la BT. Al CT entran, por una o varias líneas, tres fases en AT (L1, L2 y L3) que se conectan al circuito primario del transformador. Las bobinas de ese circuito primario contarán con un mayor número de vueltas que las del secundario, reduciendo así la tensión y obteniendo los valores de distribución de la BT (tal y como se mencionó anteriormente).

Como podemos ver en el esquema, las bobinas de los circuitos primarios de AT están conectadas entre sí en **triángulo**, mientras que los tres bobinados del secundario se encuentran conectados en **estrella**. Del centro de la estrella secundaria nace el neutro, obteniendo un sistema tetrafilar de distribución (L1, L2, L3 y N) en BT.



## 5.2.1. COMPONENTES PRINCIPALES DE UN CT

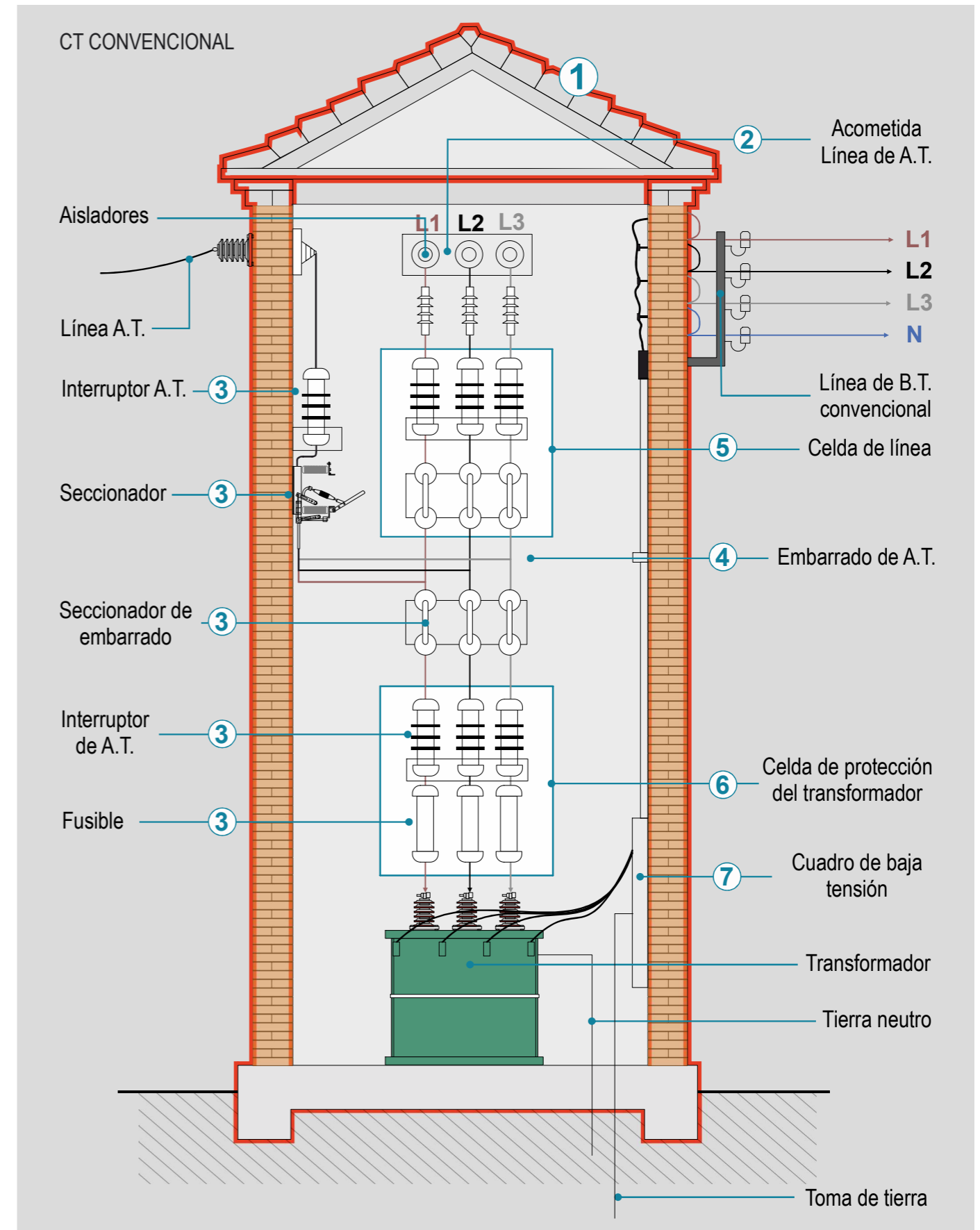
En la actualidad, podemos encontrar CT antiguos que pasan revisiones cada 3 años. Si no presentan anomalías graves o condiciones que aconsejen su reforma se dejan en funcionamiento, formando a día de hoy la mayoría de los CT que podemos encontrar en el centro de la capital.

A grandes rasgos, los elementos que forman un CT antiguo son los siguientes:

1. **Envolvente:** denominamos envolvente al recinto de hormigón, metálico o de ladrillo, donde se ubican las celdas que alojan los transformadores y el resto de apartamentación necesaria para el correcto funcionamiento de la instalación. Los CT se identifican por un nombre y una matrícula según la compañía a la que pertenecen. De igual manera, las líneas también deben tener una etiqueta identificadora que nos indique de qué punto viene y a qué punto llega esa línea (DE CT MEDITERRÁNEO ACT CANTÁBRICO). Los transformadores también se identifican con rotulaciones (Transformador 1, TRAFO-1, T-1, TF-1, etc.).
2. **Acometida en AT:** puede ser aérea o subterránea. Los conductores llegan a 3 aisladores que son las terminaciones de los cables de AT. Es en este punto donde, en las instalaciones antiguas, se sucede la conversión de un cable aislado a un punto vivo de tensión, la corriente pasa de la red de distribución a una instalación de corte y aislamiento al aire.
3. **Interruptores-seccionadores:** los interruptores de AT son los elementos que cortan y cierran circuitos en carga, pero su distancia en posición abierta no garantiza el corte de la línea. En serie nos encontramos 3 cuchillas o **seccionadores** que abiertos sí que proporcionan la distancia de separación necesaria para conseguir el corte efectivo. Este se trata de un corte y aislamiento al aire que demanda un amplio espacio para su correcto funcionamiento. En los CT modernos las distancias y las dimensiones de esta apartamentación se reducen, constituyendo las actuales celdas de línea.
4. **Embarrado de AT:** dependiendo de la importancia del CT o de su localización dentro de la red, un CT puede llegar a tener una o varias celdas de línea o alimentaciones de AT. El embarrado es el encargado de recibir esos conductores provenientes de las distintas celdas de línea y alimentar el circuito primario del transformador o transformadores.
5. **Celdas de protección:** su función es la de proteger al transformador en caso de avería por cortocircuito o sobrecarga en la línea de AT. Cada celda cuenta con un interruptor previo a un fusible de alto poder de ruptura que protege cada uno de los transformadores. De igual manera que cada línea de alimentación tiene su celda de línea, cada transformador tiene su propia celda de protección independiente.
6. **Celda de transformación:** punto donde se aloja el transformador o transformadores de potencia. Deberá estar protegido por tabiques o muros que impidan la proyección de material y aceite al resto de las instalaciones. Reducen los valores de la AT a dos sistemas de tensión, el B1 (230/125 V) y el B2 (400/230 V).
7. **Cuadro de BT:** del trafo pasamos a un distribuidor conocido como el cuadro de BT, embarrado a partir del cual nacen las líneas de distribución de BT que alimentan las CGP de los consumidores. Antiguamente se construían con las barras en horizontal donde se conecta el neutro y las 3 fases protegidas con fusibles que absorberían los posibles cortocircuitos y sobrecargas aguas abajo de la red, evitando que estos pasasen al transformador.

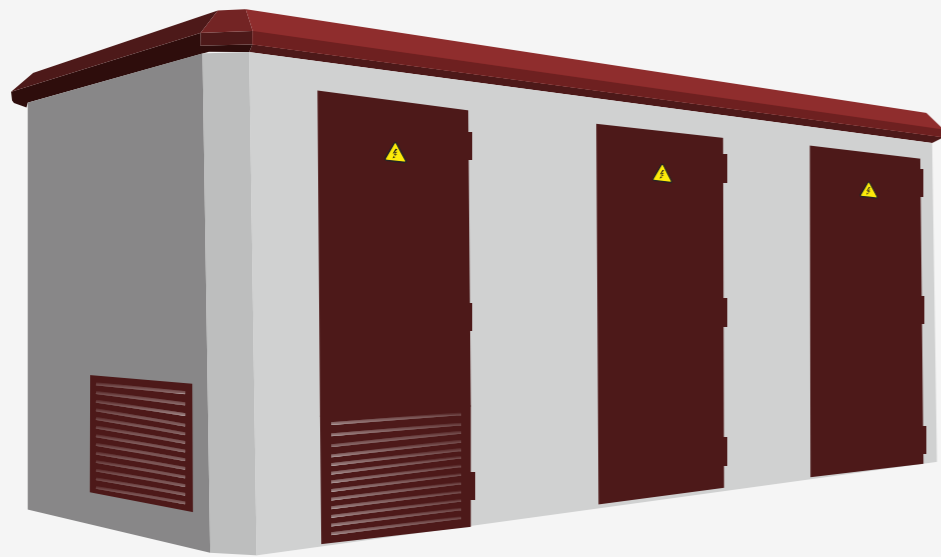
### NO EXISTEN PROTECCIONES PARA LAS PERSONAS EN UN CT.

Los fusibles que protegen las líneas de AT están en las subestaciones y las de las líneas de BT en el cuadro de BT de su CT, pero en ningún caso se trata de protecciones para las personas, sino protecciones dirigidas a minimizar los daños en las líneas en caso de cortocircuitos, sobrecargas, averías, etc.



### 5.2.2. CENTRO DE TRANSFORMACIÓN MODERNO

En la actualidad, la confección de los CT que se instalan en obra nueva o en obras de modernización, se realiza por medio de módulos prefabricados compactos o a base de unidades individuales (celdas o cabinas) ensambladas y conectadas eléctricamente entre sí para formar en conjunto el CT. Entendemos por **celda** cada uno de los compartimentos de un CT que alberga en su interior un conjunto de aparataje eléctrico (seccionador, interruptor, fusibles, etc.) con una función determinada.



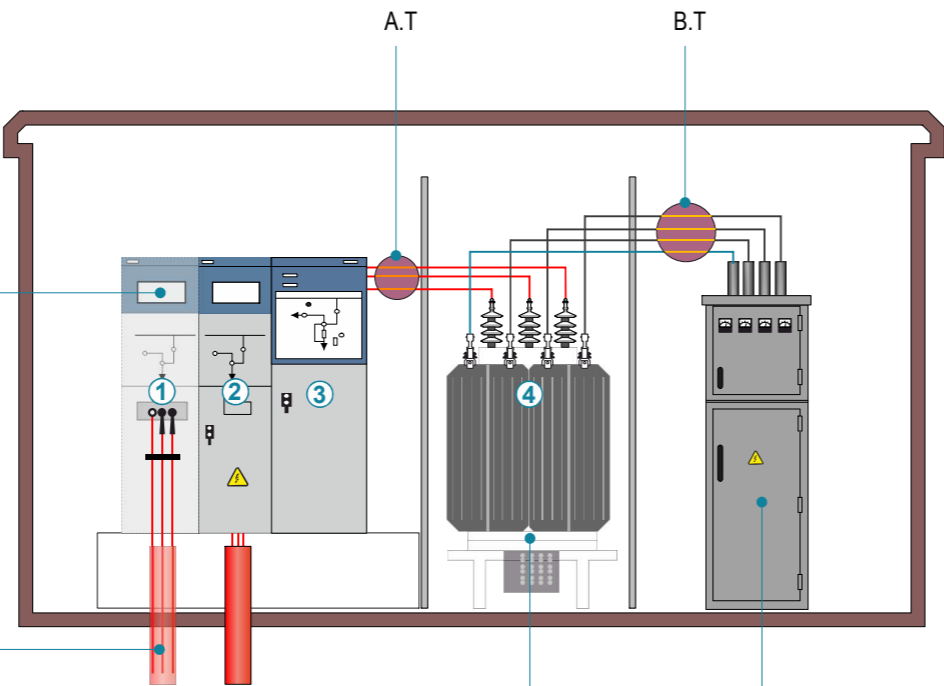
Las celdas más habituales son:

- 1. Celdas de línea.
- 2. Celdas de salida.
- 3. Celdas de protección.
- 4. Celdas de transformación.

Existen innumerables configuraciones de CT pero todos cuentan con los mismos elementos que nos encontrábamos en los antiguos con pequeñas diferencias fruto del avance tecnológico. En los CT más modernos es también muy común encontrarse celdas de medida.

**EMBARRADO A.T**  
Le llegan 3 conductores de AT por línea, el embarrado ya no queda al aire sino que está dentro de las conexiones de las celdas y representado en el exterior con su esquema unifilar.

**Entradas/ Salidas AT**  
En un ámbito urbano lo normal es que las redes estén anilladas o malladas, por lo que es muy común que un CT tenga entrada y salida de AT, cada una con su respectiva celda de línea.



**TRANSFORMADOR**  
Los transformadores no han sufrido cambios significativos en su construcción. Al igual que en los antiguos, nos encontraremos un circuito primario con 3 conductores de AT y un circuito secundario de 4 conductores de BT conectados en estrella (sistema B2).

1

#### CELDA DE LÍNEA

Una celda de línea moderna tiene un interruptor y un seccionador que pueden estar integrados en un mismo aparato. El **interruptor-seccionador** de tres posiciones que permiten, el paso de corriente, su interrupción en carga o su seccionamiento a la par que pone a tierra simultáneamente los tres bornes de los cables de AT.

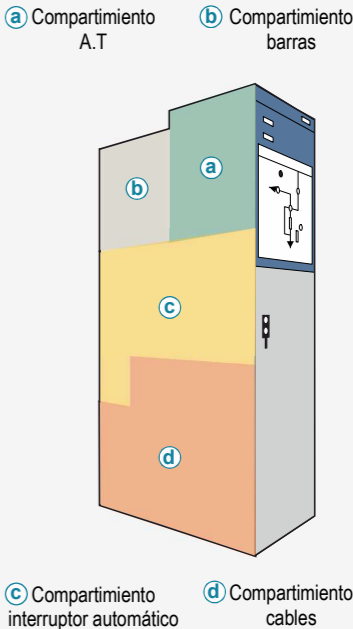
Esta aparataje queda alojada en el interior de una cuba hermética presurizada con hexafluoruro de azufre (SF6), un gas tres veces más aislante que el aire, que permite reducir las distancias de corte efectivo ahorrando espacio en la instalación. También podemos encontrarnos celdas sumergidas en aceite o en vacío.

Los interruptores no quedan a la vista sino que cada celda cuenta con unos indicadores de posición que indican si están abiertos o cerrados (considerado corte efectivo). Pueden ser comandados a remoto desde los centros de control o in situ mediante botones en la propia celda. De igual manera, las celdas de línea suelen contar con indicadores luminicos (detectores capacitivos de tensión) que nos informan de la presencia de corriente en la punta del cable de alimentación de AT, es decir, indican si a la celda de línea le llega tensión por la acometida (no si le llega corriente al embarrado).

3

#### CELDA DE PROTECCIÓN

Al embarrado de AT se le conecta la celda de protección que alberga en su interior un interruptor-seccionador y los fusibles que protegen al transformador. Vienen rotuladas indicando que van hacia el transformador o trafo. También se pueden identificar localizando la simbología del fusible y normalmente tienen un mecanismo de accionamiento rápido (botón, rueda, palanca, etc.) identificado por un 0, el color rojo, las palabras disparar, desconectar, OFF, etc. utilizado para desconectar la parte de AT del transformador.



#### CUADRO B.T

Los cuadros de BT actuales son embarrados aislados tipo BTV-C (bases tripolares verticales cerradas) que sustituyen a las antiguas bases de fusibles unipolares. Los más modernos están formados por un dispositivo de seccionamiento general, fusibles de protección en cada fase de sus líneas, dispositivos de seccionamiento del neutro y un equipo de medida.

Es en este punto de la red de distribución donde se puede realizar la apertura de una línea de BT de forma segura. Las líneas se conectan al embarrado correspondiendo cada columna vertical a una línea de distribución de 3 fases y neutro.

Tensión 400V  
Intensidad 900A

N L1L2L3

Módulo de embarrado B.T.

Módulo de seccionamiento

Módulo de protección

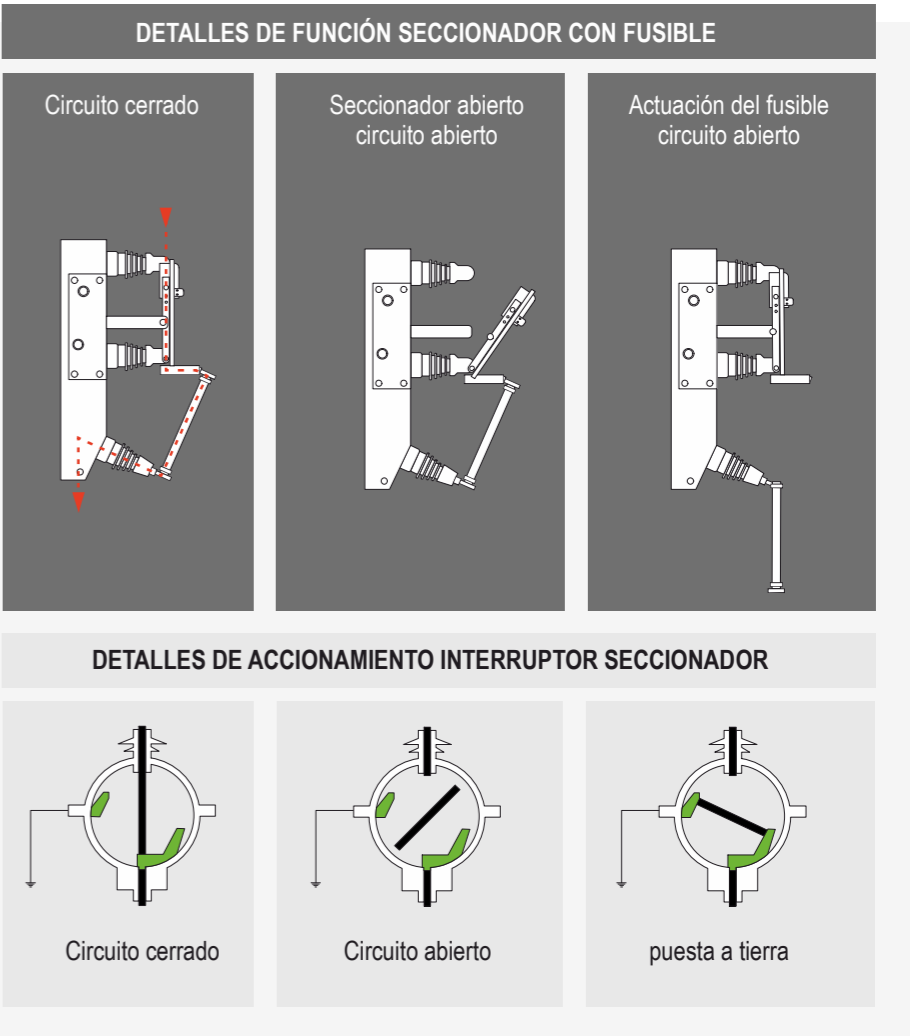
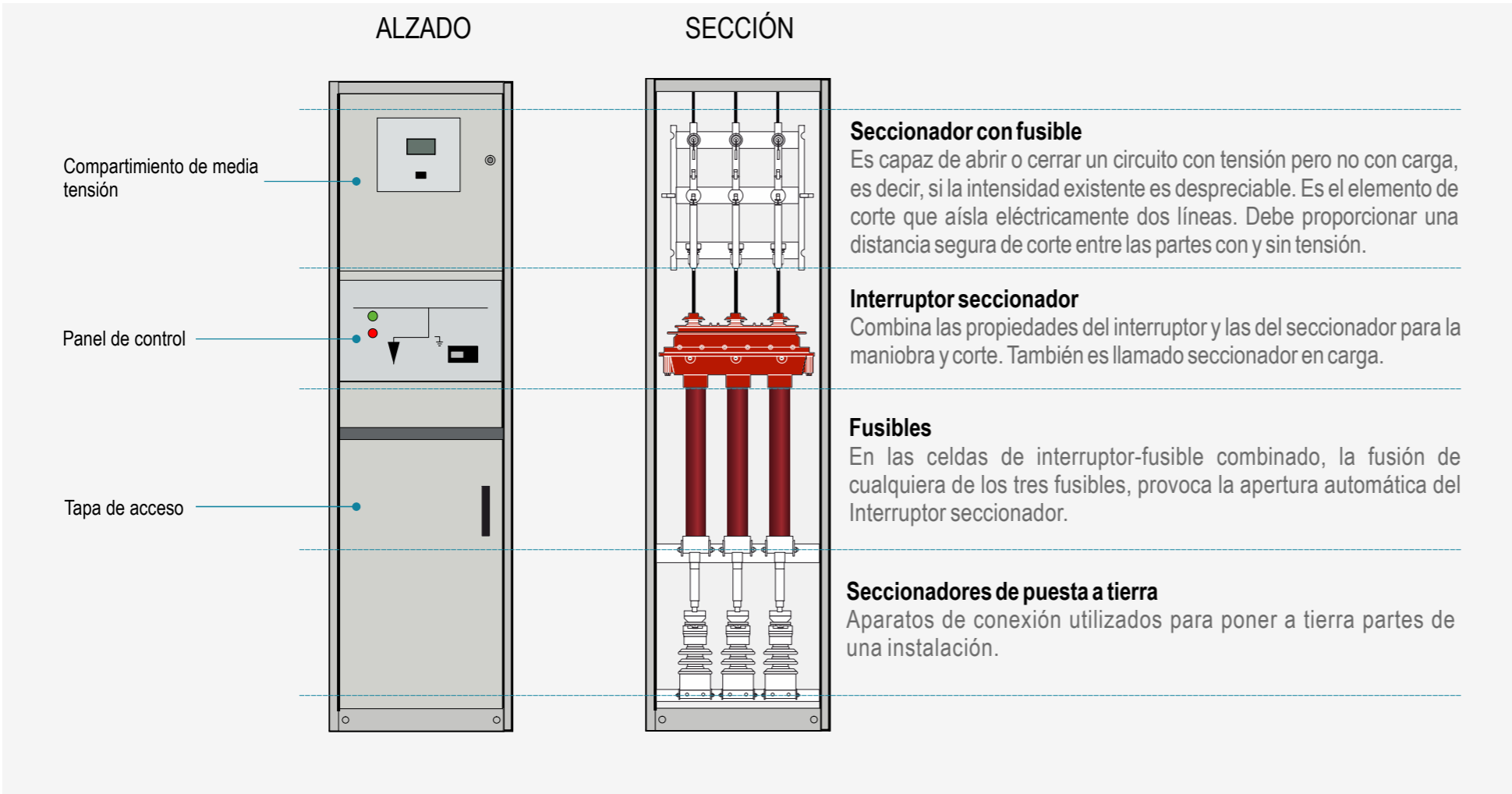
Líneas de B.T.

Cuchillas

C1  
C2  
C3

Circuito de porta fusibles de cuchillas

SIMULACIÓN EN DETALLE DE UNA CELDA DE PROTECCIÓN



5.2.3. TIPOS DE CENTROS DE TRANSFORMACIÓN

Existen diversas tipologías de CT, dependiendo de los parámetros que estudiemos para clasificarlos podemos dividirlos en tipos según su:

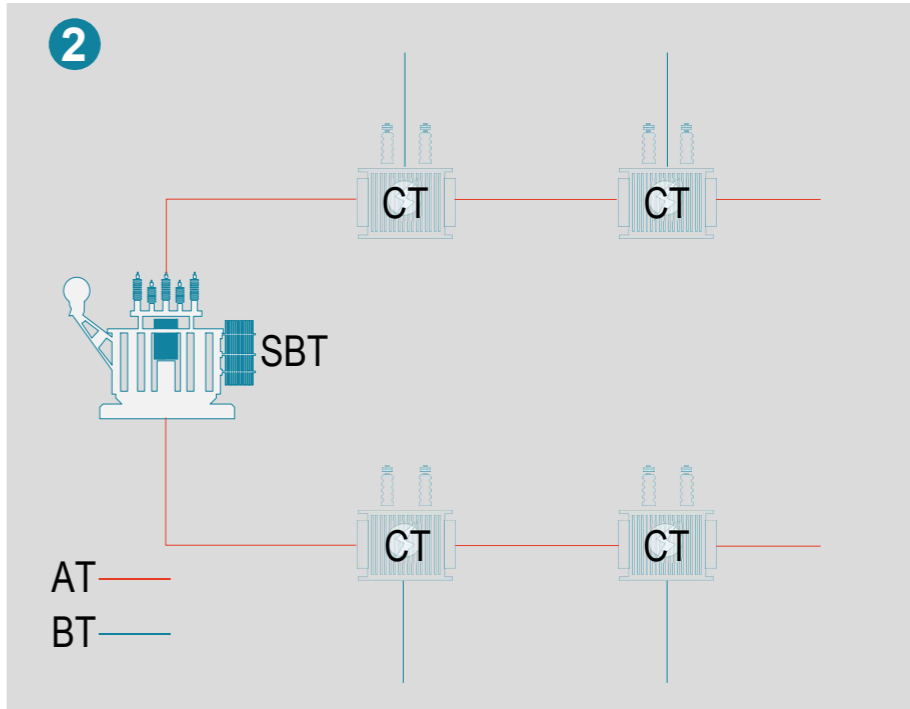
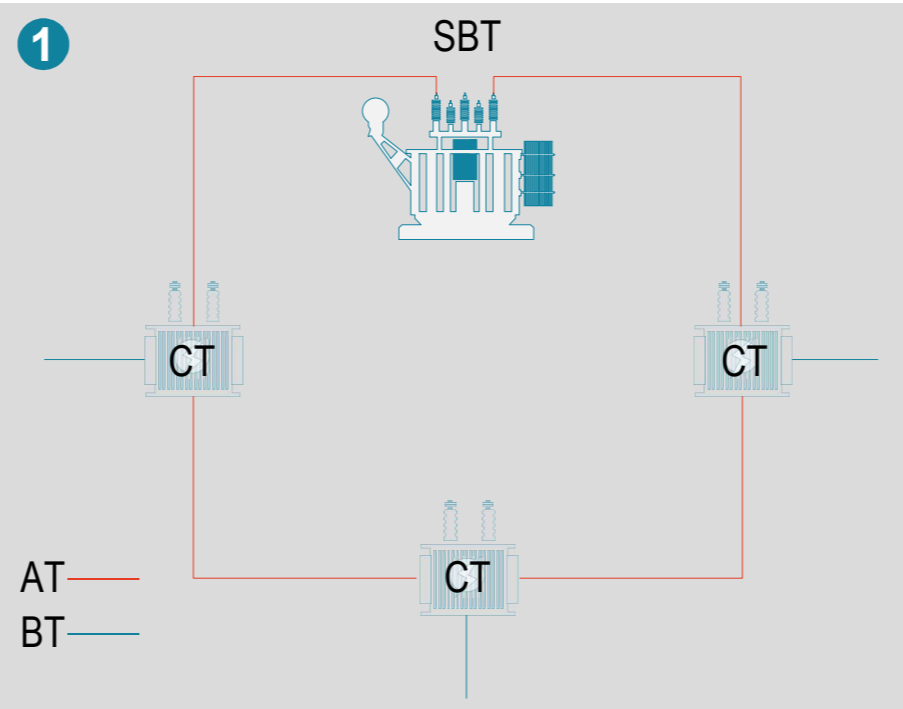
- Alimentación.
- Propiedad.
- Acometida.
- Proceso de construcción.
- Emplazamiento.

SEGÚN SU ALIMENTACIÓN

- 1

En bucle o en anillo: se trata de un CT que se encuentran dentro de una red de distribución en anillo. Aparte de la línea de salida en BT dispone de una línea de entrada y otra de salida al siguiente centro para dar continuidad a red de distribución de AT.
- 2

En paso: en este caso el CT se encuentra en una línea de distribución radial. A diferencia del caso anterior, al CT le llega corriente eléctrica en AT desde un único lado de la línea saliendo por el otro hacia el siguiente. Si se corta cualquiera de estas líneas se deja sin suministro al resto de CT aguas abajo de la red radial.



## SEGÚN SU ALIMENTACIÓN

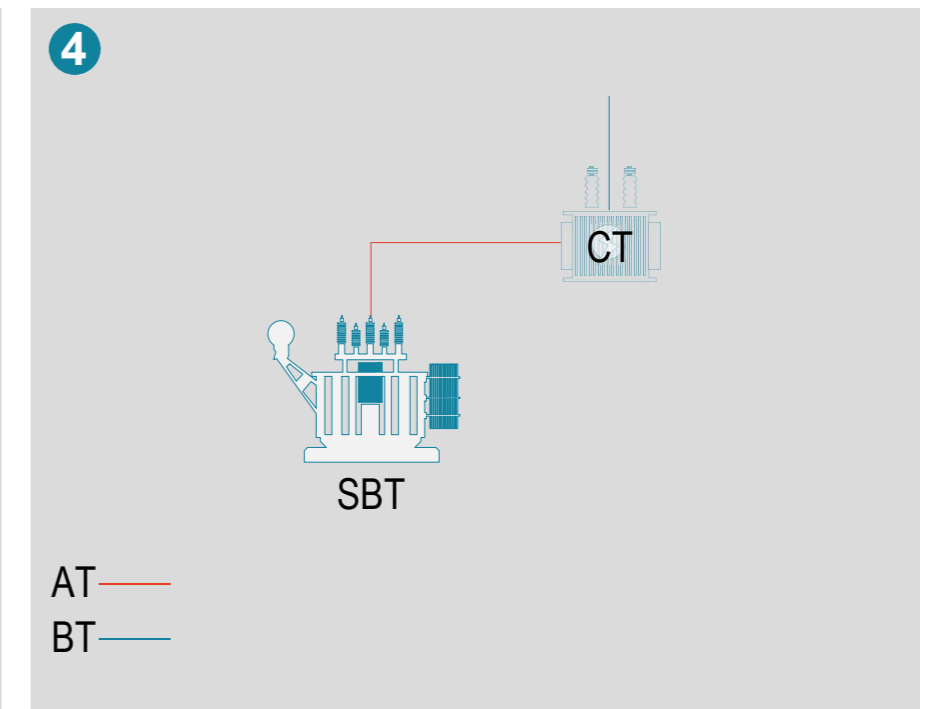
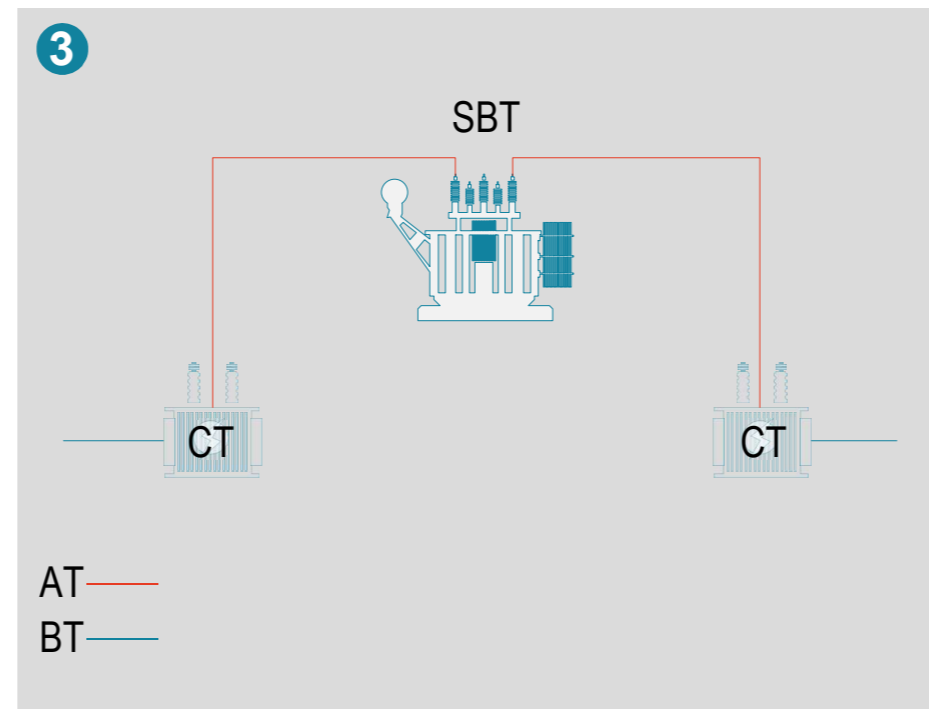
③ **En punta:** al igual que en los CT de paso, estos se encuentran en una distribución radial pero situándose al final de la línea. No pasa AT a través de ellos sino que les llegará un único cable de alimentación de AT (con una única celda de línea) y una salida en BT.

④ **Independiente:** se trata de un CT alimentado por una línea exclusiva para ese CT.

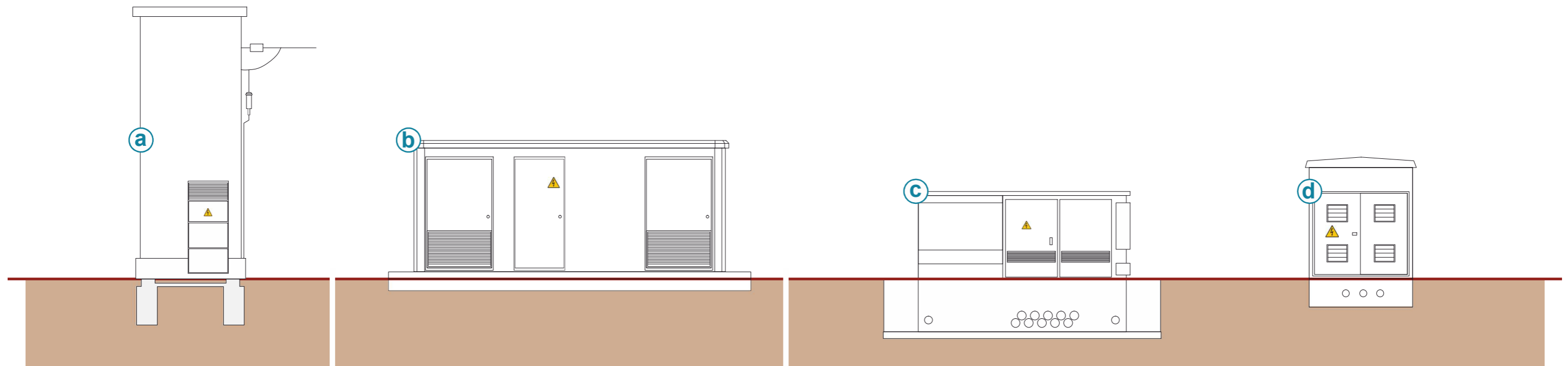
## SEGÚN SU PROPIEDAD

**De empresa o compañía:** se trata de CT propiedad de una empresa suministradora que da servicio a varios consumidores.

**De abonado o cliente:** su función es la de suministrar BT a un único usuario que suelen ser grandes consumidores de energía, actualmente han aumentado las acometidas en AT para edificios de viviendas. Este usuario podrá disponer del CT en sus propias instalaciones, pero también existe la posibilidad de que puedan estar incluidos en el interior de las instalaciones de un CT de empresa formando un módulo aparte.



## SEGÚN SU PROCESO DE CONSTRUCCIÓN



**a. Convencional:** se trata de CT ubicados en el interior de un recinto de ladrillo, piedra, hormigón, etc. En la actualidad ya no se construyen, pero todavía podemos encontrarlos algunos en zonas rurales o antiguas de las ciudades.

**b. Prefabricado:** en obra nueva, y debido a la falta de locales que puedan alojar el CT, es muy frecuente recurrir a este tipo de modelo prefabricado. Tienen múltiples ventajas como su tamaño reducido, una mayor optimización del espacio y de los sistemas de seguridad, su resistencia a los agentes atmosféricos y su fácil transporte e instalación. Podemos encontrarlos CT prefabricados de superficie o subterráneos.

**Compactos:** son un tipo de CT prefabricados, cuya principal diferencia radica en que no son accesibles, sino que todas las maniobras y operaciones de mantenimiento se realizan desde el exterior a través de puertas independientes que permiten un acceso directo a la aparamenta de AT y BT. Pueden ser de dos tipos:

**c. Compactos semienterrados:** construcciones prefabricadas, de reducidas dimensiones, con un equipamiento completo desde fábrica. Se colocan en una excavación de la cual sobresalen 1,5 m sobre el nivel de pavimento terminado. Podemos encontrarlos este tipo de CT tanto en zonas industriales como en zonas residenciales.

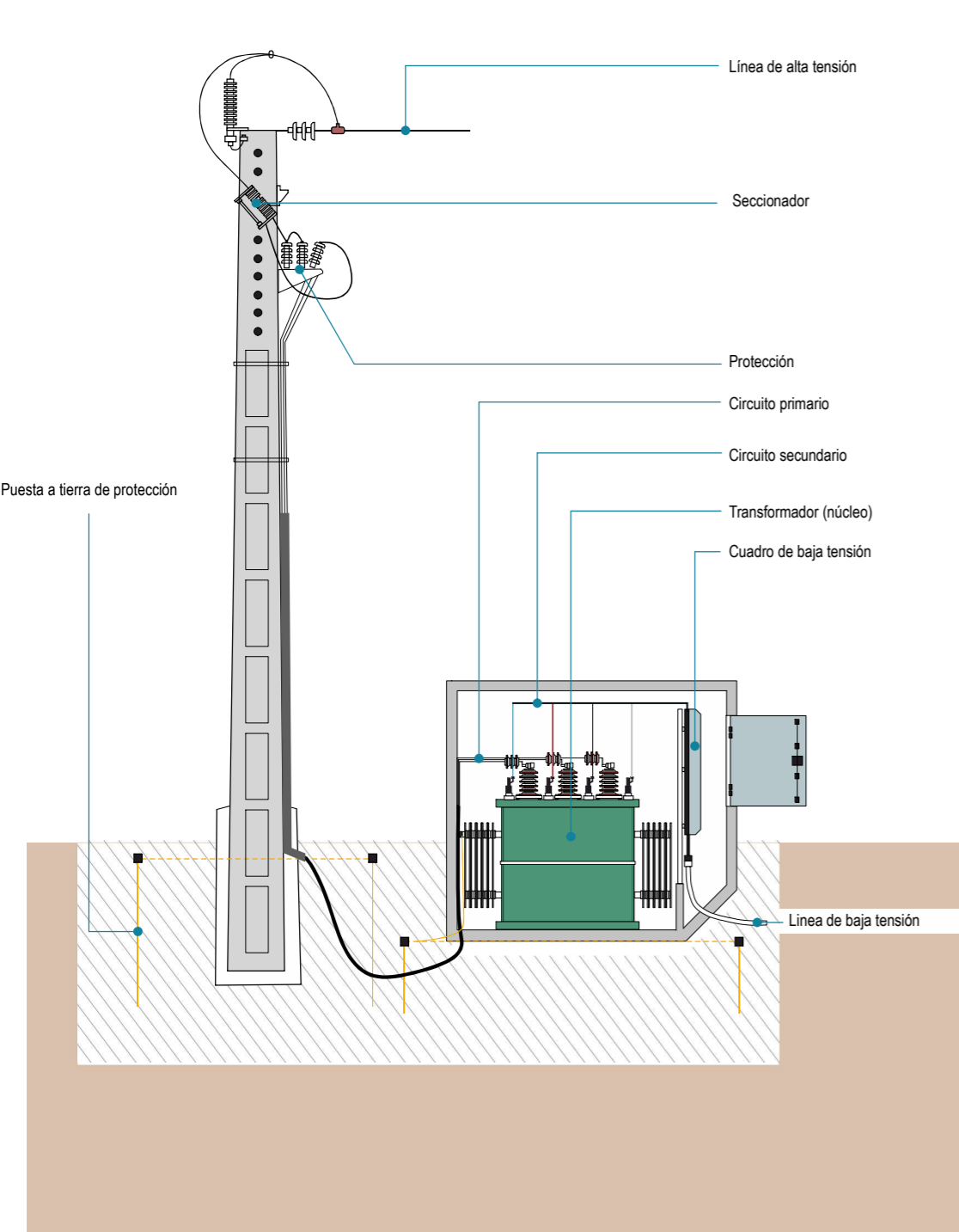
**d. Compacto de superficie:** análogos a los anteriores, son CT tipo monobloque que, en lugar de quedar semienterrados en una excavación, son diseñados para su instalación en superficie. Gracias a sus reducidas dimensiones y su fácil posicionamiento y conexión podemos encontrarlos este tipo de CT tanto en instalaciones permanentes como temporales.

SEGÚN SU EMPLAZAMIENTO

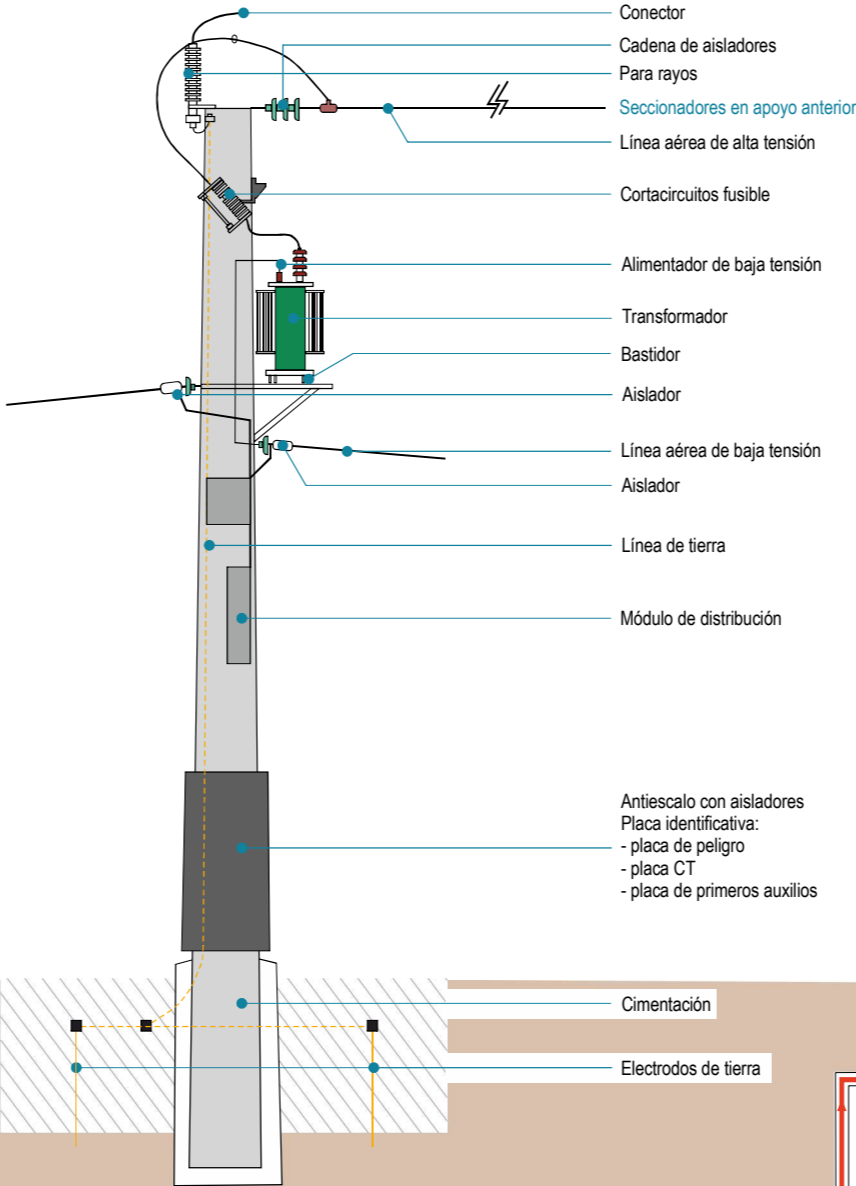
**1. De intemperie o Aéreo:** está formado por un transformador de pequeña potencia, protegido por fusibles y seccionadores, e instalado sobre un bastidor anclado a un soporte metálico o de hormigón. Con este tipo de CT se reducen gastos evitando la construcción de edificios específicos. Podemos encontrarnoslos en zonas rurales, suministros provisionales, obras o en instalaciones que dan servicio a clientes aislados.

**2. Interior:** se trata de CT alojados en el interior de recintos cerrados, existen dos tipos:  
**De superficie:** normalmente instalados en pequeñas construcciones de obra aisladas o locales dentro de los edificios.  
**Subterráneo :** instalado bajo la vía pública o en los sótanos de un edificio, se accede a ellos a través de trampillas o compuertas en el suelo.

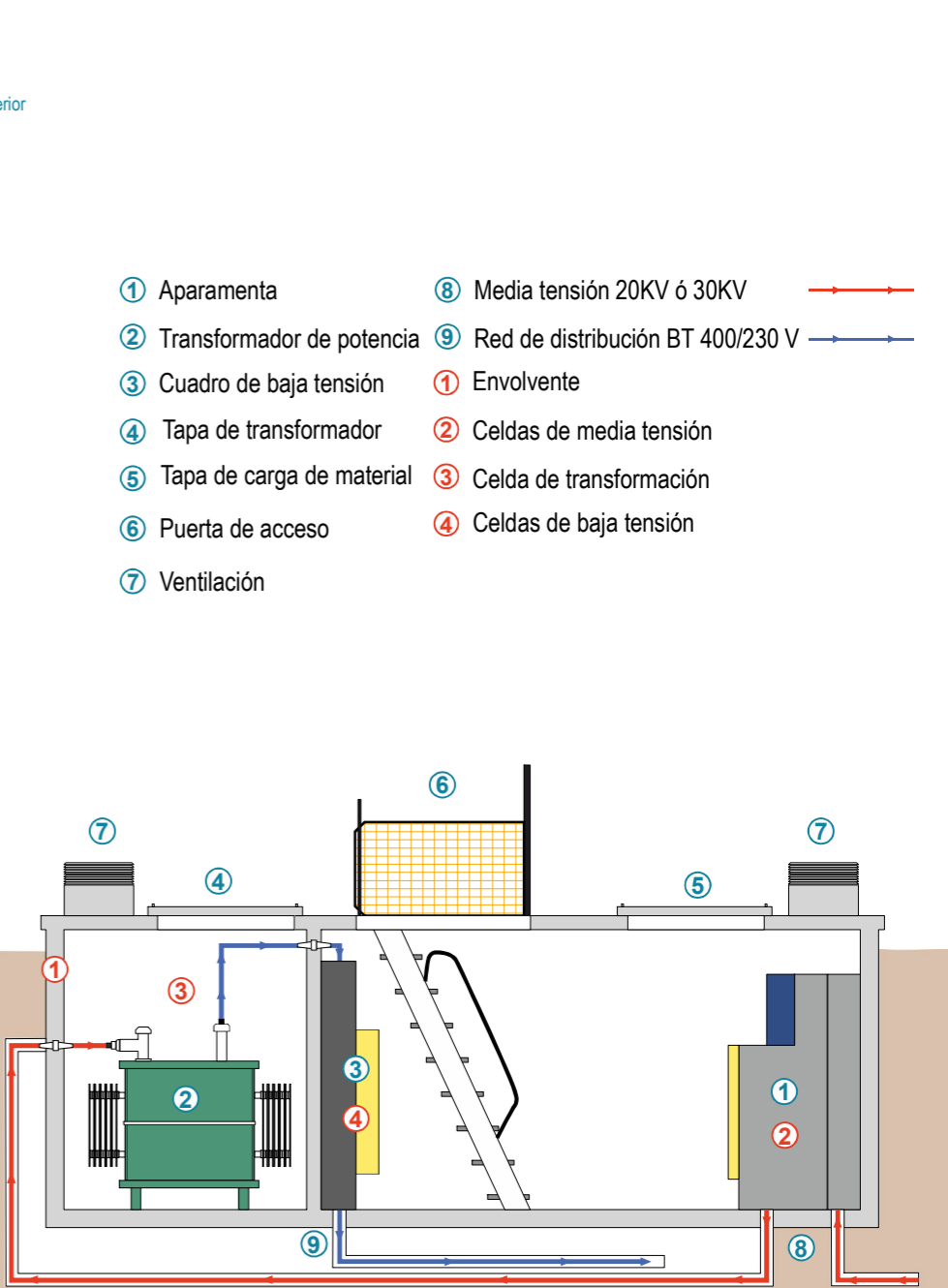
C.T. COMPACTO DE SUPERFICIE CON BAJADA DE LÍNEA AÉREA DE A.T. A SUBTERRÁNEA DE B.T.



C.T. INTEMPERIE AÉREO



C.T. INTERIOR SUBTERRÁNEO



### 5.3. REDES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN

La Baja Tensión queda regulada en el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT 01 a 53). Este reglamento tiene por objeto establecer las condiciones técnicas y garantías que deben reunir las instalaciones eléctricas conectadas a una fuente de suministro en BT con la finalidad de:

- Preservar la seguridad de las personas y bienes.
- Asegurar el normal funcionamiento de dichas instalaciones y prevenir las perturbaciones en otras instalaciones y servicios.
- Contribuir a la fiabilidad técnica y a la eficiencia económica de las instalaciones.

Entendemos como BT aquellas instalaciones eléctricas en los siguientes límites de tensión nominal según el tipo de corriente eléctrica con la que funcionan:

- **Corriente Alterna:** igual o inferior a 1.000 Voltios (1 kV).
- **Corriente Continua:** igual o inferior a 1.500 Voltios (1.5 kV).

Dentro de esta definición podemos subdividir las instalaciones eléctricas de BT según las tensiones nominales que se les asignen, de la forma siguiente:

	CORRIENTE ALTERNA (valor eficaz)	CORRIENTE CONTINUA (valor aritmético)
MUY BAJA TENSIÓN	$U_n^* \leq 50 \text{ V}$	$U_n \leq 75 \text{ V}$
TENSIÓN USUAL	$50 < U_n \leq 500 \text{ V}$	$75 < U_n \leq 750 \text{ V}$
TENSIÓN ESPECIAL	$500 < U_n \leq 1000 \text{ V}$	$750 < U_n \leq 1500 \text{ V}$

\*Un = tensión nominal (V)

#### CONDUCTOR NEUTRO

El neutro nace en los CT del punto común de la conexión de las 3 fases en estrella. Se trata de un conductor con potencial 0 que sirve para crear un desequilibrio o una diferencia de potencial que permite la existencia de corriente eléctrica cuando este se junta con la fase a través de una resistencia.

El REBT considera como **conductores activos** en toda instalación los destinados normalmente a la transmisión de la energía eléctrica. Esta consideración se aplica a los conductores de fase y al conductor neutro en corriente alterna y a los conductores polares y al compensador en corriente continua. El neutro por lo tanto es considerado un conductor activo susceptible de generar un riesgo eléctrico.

Si el neutro falla se producirían desequilibrios de carga que provocarían sobretensiones en los receptores conectados a la red quemando sus aparatos e instalaciones. Por lo tanto **el conductor neutro NUNCA podrá ser interrumpido** en las redes de distribución ni en el interior de las instalaciones receptoras, salvo que ésta interrupción sea realizada con alguno de los dispositivos siguientes:

1. **Interruptores o seccionadores omnipolares** que actúen sobre el neutro y las fases al mismo tiempo (corte omnipolar simultáneo), o que conecten el neutro antes que las fases y desconecten éstas antes que el neutro.
2. **Uniones amovibles** en el neutro, próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señalizadas, y que sólo puedan ser maniobradas mediante herramientas adecuadas. No debiendo ser seccionado el neutro antes que las fases, ni conectadas éstas sin haberlo sido previamente el neutro.

#### Sección mínima del conductor neutro

El neutro podrá ser de cobre (**1, en la siguiente página**), aluminio o aleaciones como el ALMELEC (**2, en la siguiente página**) (aluminio magnesio y silicio) y dependiendo del número de conductores con que se haga la distribución, la sección mínima del conductor neutro será:

- Con dos o tres conductores: igual a la de los conductores de fase.
- Con cuatro conductores: como mínimo de 10 mm<sup>2</sup> para cobre y de 16 mm<sup>2</sup> para aluminio y normalmente en redes subterráneas de una sección inferior a la de las fases.

#### Identificación del conductor neutro

El conductor neutro deberá estar identificado por un sistema adecuado. En el caso de los conductores aislados se puede identificar al neutro por ir marcado con alguna señal como la letra “N”, por el color azul de la camisa del conductor o por alguna marca de ese color. También se puede diferenciar de las fases por su tamaño (puede ser de una sección inferior) o por su posición relativa frente a las fases (el neutro va debajo o ligeramente separado de los otros tres conductores).

#### Puesta a tierra del neutro

En las líneas aéreas de redes de distribución el neutro se conectará a tierra en la Subestación de alimentación o CT correspondiente. Además deberá estar puesto a tierra en otros puntos a lo largo de la red de distribución, y como mínimo una vez cada 500 metros de longitud de línea. Para efectuar ésta puesta a tierra se elegirán, con preferencia, los puntos desde donde partan las derivaciones importantes.



### 5.3.1. LÍNEAS AÉREAS DE BAJA TENSIÓN

A día de hoy las redes aéreas de BT están siendo sustituidas progresivamente por redes subterráneas, que son más seguras y causan menor impacto visual, no obstante, podemos seguir encontrándonos este tipo de redes en la mayoría de los centros urbanos y en las zonas rurales. En el REBT las redes aéreas de distribución en BT se regulan en la ITC- BT-06.

Los responsables de estas líneas son las compañías distribuidoras, en el caso del Ayuntamiento de Madrid estas son i-DE de Iberdrola y Unión Fenosa distribución.

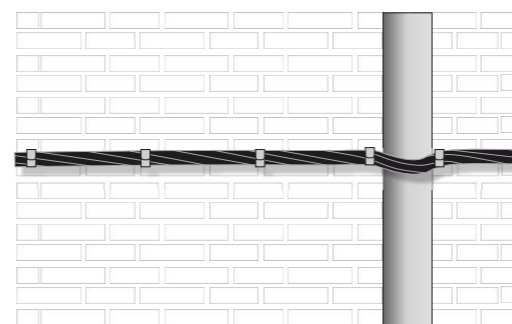
Los conductores utilizados en las redes aéreas pueden ser de cobre, aluminio o de otros materiales o aleaciones con características eléctricas y mecánicas similares y adecuadas. Podrán discurrir aislados o desnudos, siendo los primeros la opción preferente según el REBT.

#### CONDUCTORES AISLADOS

Se considera un conductor aislado aquel que tenga un recubrimiento tal que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie y satisfaga las exigencias especificadas en la norma UNE 21.030. La tensión asignada a un conductor aislado será mayor o igual a 0,6/1kV. La sección mínima permitida en los conductores de aluminio será de 16 mm<sup>2</sup>, y en los de cobre de 10 mm<sup>2</sup>. Las redes aéreas aisladas pueden discurrir, tanto posadas en fachada como tensadas sobre apoyos metálicos, de hormigón o de madera.

#### Redes aéreas posadas

Los conductores van directamente anclados sobre fachadas o muros, mediante abrazaderas fijadas a los mismos. En general deberá respetarse una altura mínima al suelo de 2.5 metros. Aquellos recorridos por debajo de esta altura (por ejemplo en el caso de acometidas) deberán protegerse mediante elementos adecuados (según ITC BT 11) y en su trazado deberá evitarse el paso por delante de huecos en muros y fachadas.

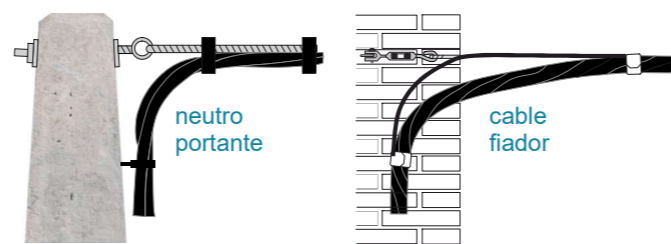


Red trenzada posada sobre fachada

#### Redes aéreas tensadas

Se trata de redes tensadas entre piezas especiales colocadas sobre apoyos (metálicos, de hormigón o postes de madera), fachadas o muros. La fijación y el tensado de la red podrá realizarse mediante dos sistemas de montaje:

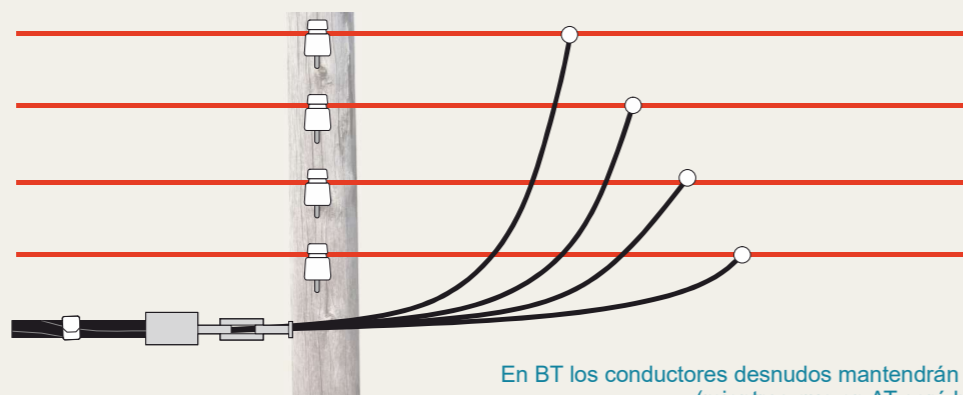
- **Con neutro portante:** el neutro, fabricado en una aleación de aluminio y acero, es el que soporta el haz fijándose a los anclajes.
- **Con cable fiador:** se utilizarán cables fiadores de acero galvanizado a los que se fijarán mediante abrazaderas u otros dispositivos apropiados los conductores aislados. Estos cables tendrán una resistencia mínima a la rotura de 800 daN.



Red trenzada tensada

#### CONDUCTORES DESNUDOS

Los tendidos aéreos desnudos están prácticamente en desuso. Su utilización tendrá carácter especial debidamente justificado y en ningún caso se instalarán en zonas arboladas o donde exista riesgo de incendio. Se considerarán conductores desnudos aquellos conductores aislados para una tensión nominal inferior a 0,6/1 kV.



En BT los conductores desnudos mantendrán una configuración VERTICAL (mientras que en AT será horizontal).

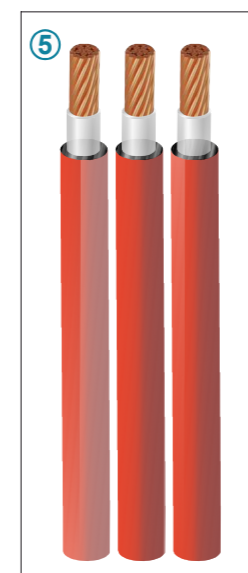
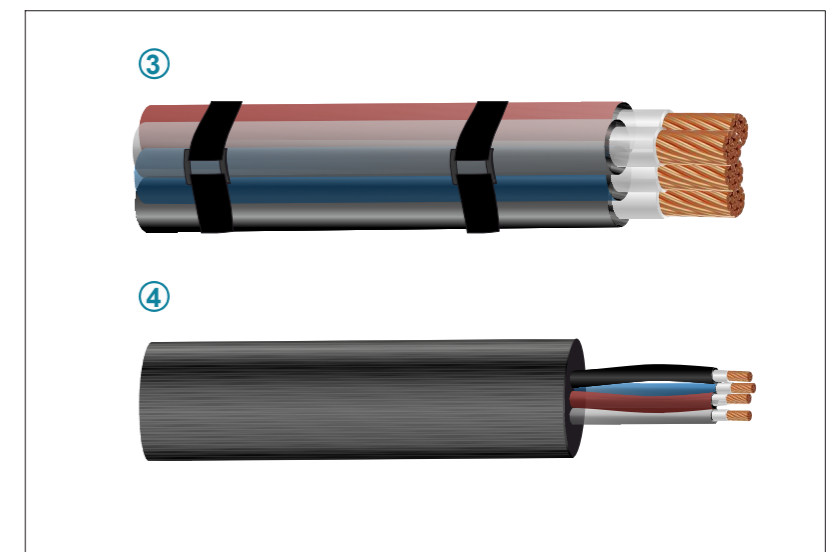
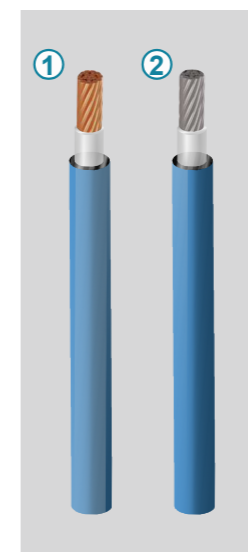
### 5.3.2. IDENTIFICACIÓN DE REDES DE BAJA TENSIÓN

La red de distribución de BT pertenece a las compañías suministradoras, nace en los CT y transcurre por el medio urbano alimentando las distintas instalaciones eléctricas de los consumidores a través de sus acometidas. La distribución se puede hacer a través de redes aéreas o subterráneas.

Para identificar las redes de BT deberemos fijarnos en sus cuatro conductores. En las redes de distribución actuales los cables deberán ser unipolares, con sus cuatro conductores en mazo (3) pero todavía podemos encontrarnos cables tetrapolares, redes de una única manguera (4) que en su interior alberga los 4 conductores. De igual manera también podemos encontrarnos redes de distribución aérea sin aislamiento que no deberemos confundir con la AT.

Mientras que las redes de AT suelen ser 3 conductores de color rojo (5), en BT los cables se pueden identificar por los colores negro, marrón y gris para las fases y azul para el neutro (6), aunque no siempre es así.

Antiguamente no existía una legislación al respecto, por lo que cada compañía eléctrica usaba sus propios colores de identificación. A partir de la publicación del REBT se unificaron los colores que debían tener tanto las instalaciones interiores de las viviendas como las de distribución. Aun así, todavía podemos encontrarnos redes antiguas identificadas según lo hacía cada compañía.



### 5.3.3. SEPARACIÓN CON OTRAS INSTALACIONES O INFRAESTRUCTURAS

Existen muchas intervenciones en la ciudad con motivo de cables caídos o descolgados sobre ventanas, balcones, carreteras, aceras, etc. Estos cables pueden originar un riesgo si no se encuentran aislados o, si alguno de sus extremos está desnudo. Como la mayor parte de la distribución aérea dentro de los núcleos urbanos se encuentra aislada, solucionaremos este tipo de intervenciones reasegurando la red trezada a sus soportes correspondientes mediante bridas, alambre u otro método similar. Debemos mantener las medidas oportunas de seguridad y usar el maletín de emergencia eléctrica si fuera necesario.

El REBT, en líneas generales, estipula las siguientes alturas mínimas que deben mantenerse sobre el suelo para:

- Cables posados: 2,5 m.
- Cables tensados: 4 m.
- Conductores desnudos: 4m.

También establece unas condiciones generales para cruzamientos y paralelismos de las líneas eléctricas con diferentes infraestructuras o instalaciones que se encuentran en la vía pública.

### 5.3.4. REDES SUBTERRÁNEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN

Reguladas por la ITC-BT-07, en la que se establece que los conductores de los cables utilizados en las líneas subterráneas serán de cobre o de aluminio y deberán estar aislados con mezclas apropiadas de compuestos poliméricos. Los cables podrán ser de uno o más conductores y de tensión asignada no inferior a 0,6/1 kV. La sección de estos conductores será la adecuada a las intensidades y caídas de tensión previstas y en ningún caso será inferior a 6 mm<sup>2</sup> para conductores de cobre y a 16 mm<sup>2</sup> para los de aluminio.

#### Instalaciones de cables aislados

Las canalizaciones se dispondrán, en general, por terrenos de dominio público, y en zonas perfectamente delimitadas, preferentemente bajo las aceras. El trazado será lo más rectilíneo posible y, a poder ser, paralelo a referencias fijas como líneas en fachada y bordillos. Los cables aislados podrán instalarse de cualquiera de las maneras indicada a continuación:

- Directamente enterrados.
- Entubadas en canalizaciones.
- En galerías.
- En atarjeas o canales revisables.
- En bandejas, soportes, palomillas o directamente sujetos a la pared.
- En circuitos con cables en paralelo.

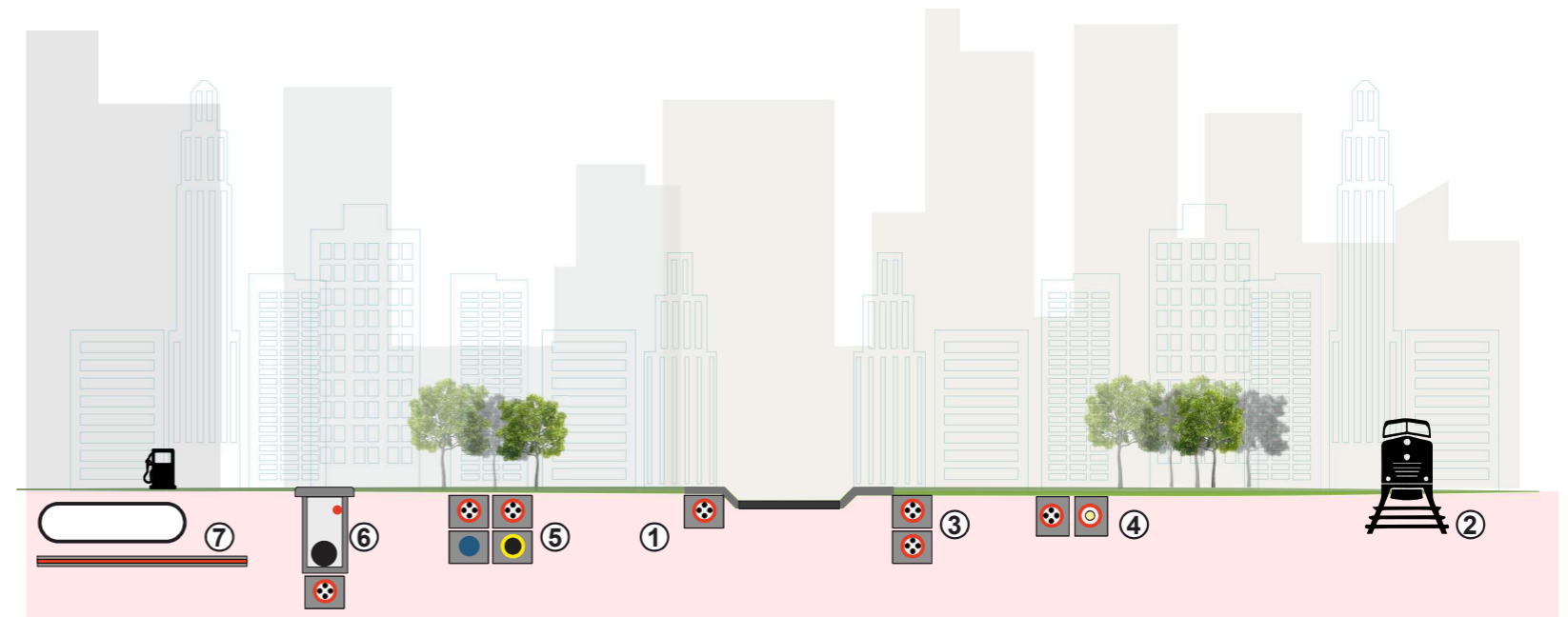
El REBT establece las mismas condiciones para la ejecución de las instalaciones de BT que el RAT lo hace para las líneas de AT, por lo que pasaremos directamente a las condiciones que se establecen para el cruzamiento, proximidades y paralelismo de las RD de BT con otras instalaciones, ya que estas condiciones sí que difieren de las estipuladas para la AT.

### CONDICIONES GENERALES PARA CRUZAMIENTOS, PROXIMIDADES Y PARALELISMOS

Los cables subterráneos, cuando estén enterrados directamente en el terreno, deberán cumplir, además de los requisitos reseñados en el REBT, las condiciones que pudieran imponer otros organismos competentes cuando sus instalaciones fueran afectadas por tendidos de cables subterráneos de BT. Las siguientes condiciones no son aplicables en el caso de cables dispuestos en galerías, en canales, en bandejas, en soportes, en palomillas o directamente sujetos a la pared. La disposición de los mismos en estas instalaciones se hará a criterio de la empresa que los explote.

#### CRUZAMIENTOS

A continuación se fijan, para cada uno de los casos indicados, las condiciones a que deben responder los cruzamientos de cables subterráneos de BT directamente enterrados:



#### 1. Calles y carreteras:

los cables se colocarán en el interior de tubos protectores recubiertos de hormigón en toda su longitud a una profundidad mínima de 0,80 m. Siempre que sea posible, el cruce se hará perpendicular al eje del vial.

#### 2. Ferrocarriles:

los cables se colocarán en el interior de tubos protectores recubiertos de hormigón. Siempre que sea posible perpendiculares a la vía, y a una profundidad mínima de 1,3 m respecto a la cara inferior de la traviesa. Dichos tubos rebasarán las vías férreas en 1,5 m por cada extremo.

#### 3. Otros cables de energía eléctrica:

siempre que sea posible, se procurará que los cables de BT discurren por encima de los de AT. La distancia mínima entre un conductor de BT será de 0,25 m con cables de AT y 0,10 m con otros cables de BT.

#### 4. Cables de telecomunicaciones:

la separación mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m. Estas restricciones no se deben aplicar a los cables de fibra óptica con cubiertas dieléctricas.

#### 5. Canalizaciones de agua y gas:

siempre que sea posible, los cables se instalarán por encima de las canalizaciones de agua. La distancia mínima entre cables de energía eléctrica y canalizaciones de agua o gas será de 0,20 m.

#### 6. Conducciones de alcantarillado:

se procurará pasar los cables por encima de las conducciones de alcantarillado. No se admitirá incidir en su interior pero si se admitirá incidir en su pared (por ejemplo, instalando tubos), siempre que se asegure que ésta no ha quedado debilitada. Si no es posible, se pasará por debajo y los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas.

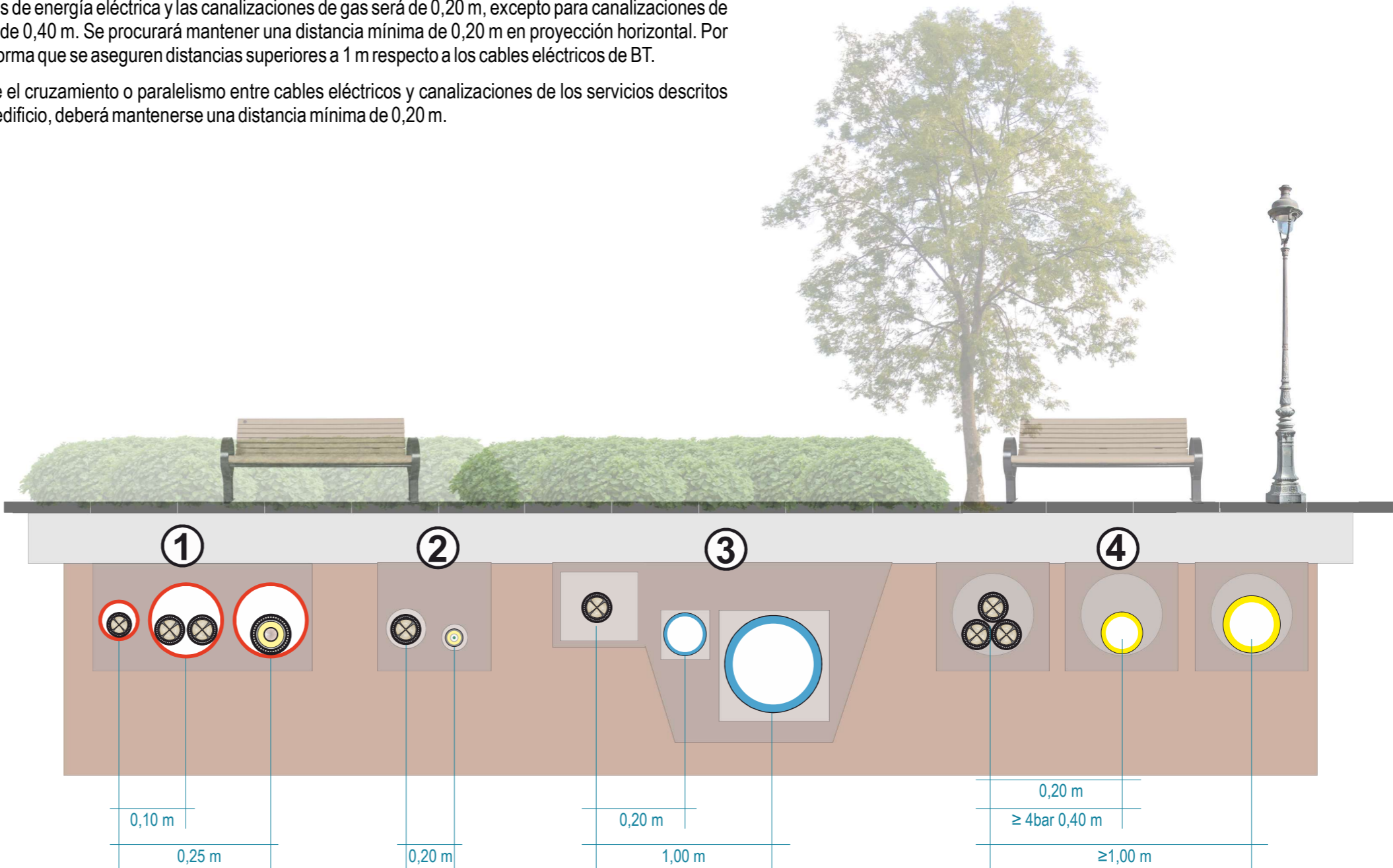
#### 7. Depósitos de carburante:

los cables se dispondrán en canalizaciones entubadas y distarán, como mínimo, 0,20 m del depósito. Los extremos de los tubos rebasarán al depósito, como mínimo 1,5 m por cada extremo.

PROXIMIDADES Y PARALELISMOS

Los cables subterráneos de BT directamente enterrados deberán cumplir las condiciones y distancias de proximidad que se indican a continuación, procurando evitar que queden en el mismo plano vertical que las demás conducciones:

- 1. **Otros cables de energía eléctrica:** los cables de BT podrán instalarse paralelamente a otros de baja o alta tensión, manteniendo entre ellos una distancia mínima de 0,10 m con los cables de BT y 0,25 m con los cables de AT. En el caso de que un mismo propietario canalice a la vez varios cables de baja tensión, podrá instalarlos a menor distancia, incluso en contacto.
- 2. **Cables de telecomunicación:** la distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y los de telecomunicación será de 0,20 m.
- 3. **Canalizaciones de agua:** la distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de agua será de 0,20 m. Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal, y que la canalización de agua quede por debajo del nivel del cable eléctrico. Por otro lado, las arterias principales de agua se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de BT.
- 4. **Canalizaciones de gas:** la distancia mínima entre los cables de energía eléctrica y las canalizaciones de gas será de 0,20 m, excepto para canalizaciones de gas de alta presión (más de 4 bar), en que la distancia será de 0,40 m. Se procurará mantener una distancia mínima de 0,20 m en proyección horizontal. Por otro lado, las arterias importantes de gas se dispondrán de forma que se aseguren distancias superiores a 1 m respecto a los cables eléctricos de BT.
- 5. **Acometidas (conexiones de servicio):** En el caso de que el cruzamiento o paralelismo entre cables eléctricos y canalizaciones de los servicios descritos anteriormente se produzcan en el tramo de acometida a un edificio, deberá mantenerse una distancia mínima de 0,20 m.

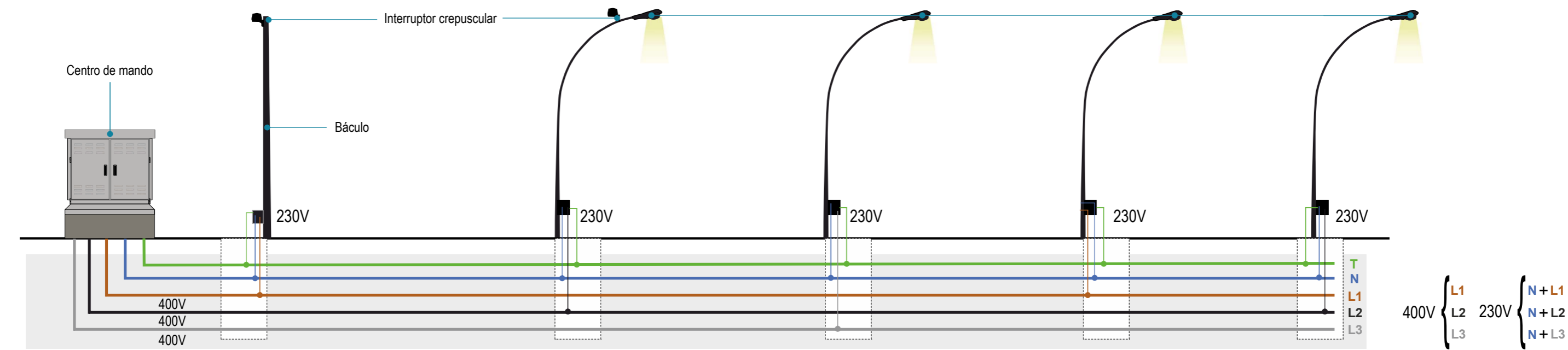


# 6. ALUMBRADO PÚBLICO

Desde los CT nace la Red de Distribución en BT que suministra, tanto a las acometidas de los edificios como a la instalación de alumbrado público dentro de cada municipio. El servicio de alumbrado público, también conocido como de alumbrado exterior, está destinado a iluminar zonas tales como carreteras, calles, plazas, parques, monumentos, jardines y demás espacios de libre circulación dentro del ámbito municipal.

La instalación de alumbrado público es propiedad del municipio. Desde los centros de mando nace la línea trifásica que da suministro con una tensión de 400 / 230 V a los distintos elementos del alumbrado. Como podemos ver en el dibujo, la instalación se desarrolla conectando los puntos de luz en paralelo a la línea de alimentación alternando la fase a la que conectamos puntos de luz consecutivos. De esta manera obtenemos una compensación de fases, manteniendo el sistema trifásico equilibrado y evitando sobrecargar una fase respecto a las demás.

Según el REBT, la puesta a tierra de los soportes se realizará por una conexión de puesta a tierra común para todas las líneas que partan del mismo centro de mando. En las redes de tierra, se instalará como mínimo un electrodo de puesta a tierra (o pica) cada 5 soportes de luminarias y siempre en el primero y en el último soporte de cada línea. A su vez, todas las farolas (tanto las de báculo como las de mural) tendrán una toma de tierra conectada a esa red.



## 6.1. TIPOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN DEL ALUMBRADO PÚBLICO (según montaje)

**Bilateral tresbolillo**  
Cuando los puntos de luz se sitúan en ambos lados de la vía de tráfico a tresbolillo o en zigzag . Se utilizará principalmente cuando la anchura de la calzada A sea de 1 a 1'5 veces la altura H de montaje de las luminarias, considerándose más idóneo el intervalo de 1 a 1'3 H.

**Unilateral**  
Cuando los puntos de luz se sitúan en un mismo lado de la vía de tráfico . Se utilizará generalmente cuando la anchura A de la calzada sea igual o inferior a la altura H de montaje de las luminarias.

**Bilateral pareada**  
Cuando los puntos de luz se sitúan en ambos lados de la vía de tráfico, uno opuesto al otro . Se utilizará normalmente cuando la anchura de la calzada A sea mayor de 1'5 veces la altura H de montaje de las luminarias, considerándose más adecuado utilizarlo cuando la anchura supere 1'3 veces la altura H.

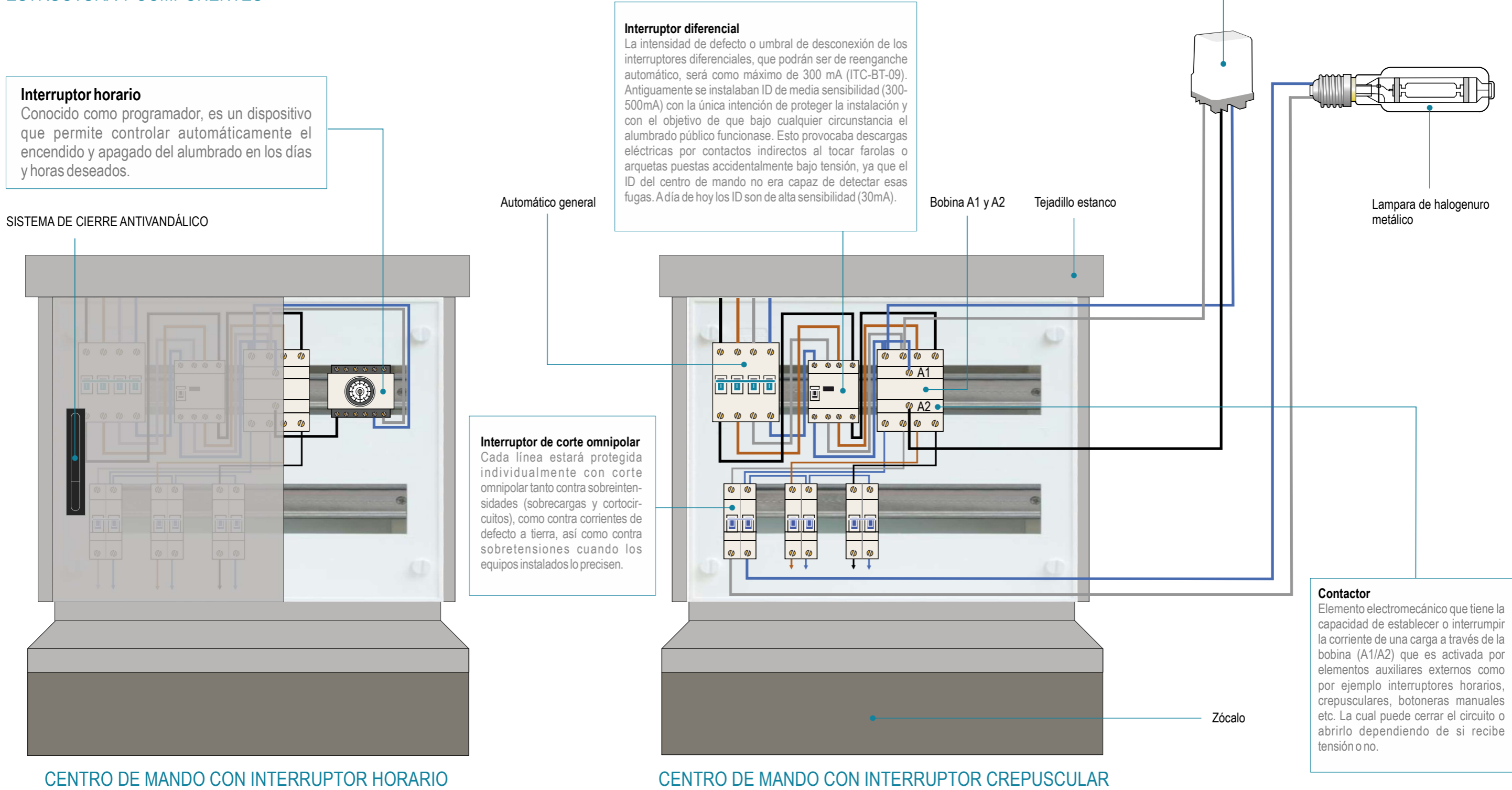
**Central o axial**  
En las vías de tráfico con mediana de separación entre los dos sentidos de circulación, los puntos de luz se implantarán en columnas o báculos de doble brazo, situados en la mediana central, cuando la anchura de ésta esté comprendida entre 1 y 3 m. Para anchuras de medianas superiores a 3 m no se utilizarán báculos dobles. En cualquier caso, la disposición se estudiará como si se tratara de dos calzadas independientes.

## 6.2. CENTROS DE MANDO DEL ALUMBRADO PÚBLICO

Los centros de mando para alumbrado exterior (o cuadro de protección, medida y control según el REBT en su ITC- BT-09) son los elementos de la instalación de alumbrado público que hacen de central para todo el sistema. En su interior se alojan los mecanismos eléctricos que regulan, protegen y distribuyen las líneas que dan servicio a los puntos de luz del municipio.

El sistema de accionamiento del alumbrado se realiza a través de interruptores horarios, sensores fotoeléctricos de cambio de luz o en remoto a través de sistemas de telecontrol. Se dispondrá además, en el interior de los centros de mando, de un interruptor manual que permita el accionamiento del sistema con independencia de los dispositivos citados.

### ESTRUCTURA Y COMPONENTES



# 6.3. PUNTOS DE LUZ

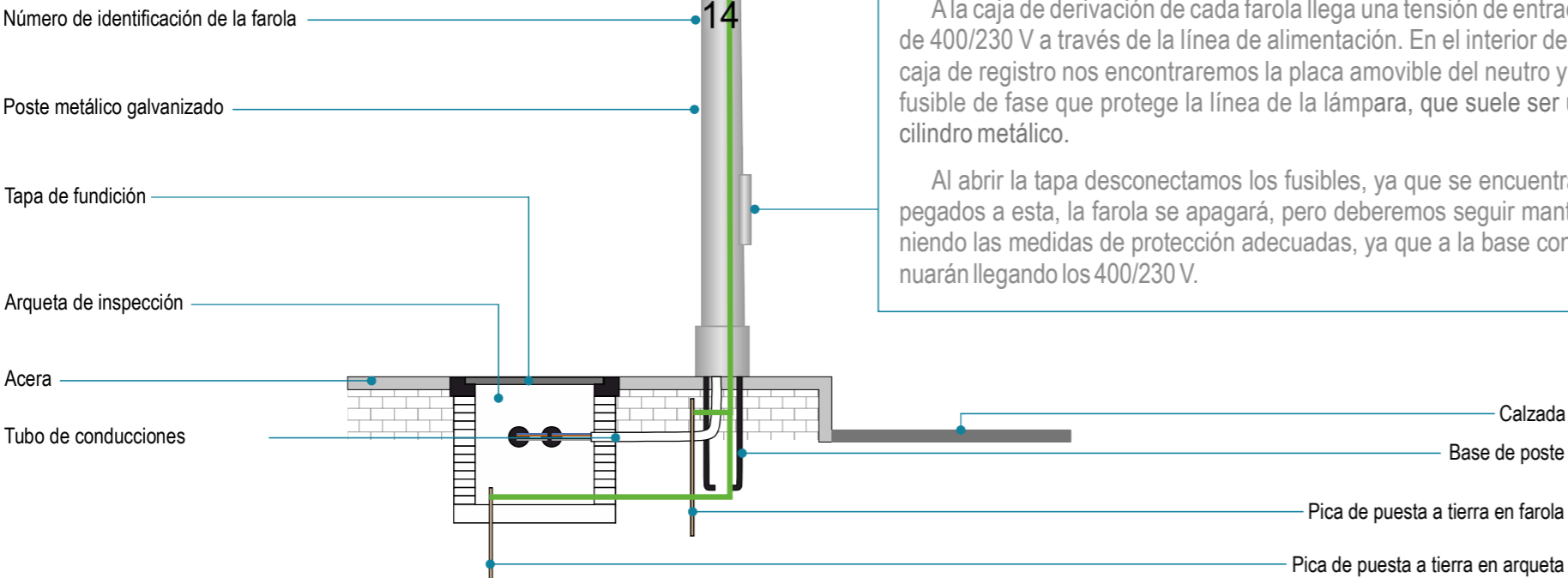
Los puntos de luz son aquellos elementos de la instalación de alumbrado público encargados de transformar la energía eléctrica en energía lumínica. Los puntos de luz están formados por dos partes: la lámpara es el dispositivo que produce la luz, mientras que la luminaria es el conjunto de todos los elementos necesarios para el soporte, fijación y protección de una o varias lámparas.

Aunque también podemos encontrar puntos de luz en fachadas, semáforos o marquesinas, los mayores representantes de esta familia dentro del mobiliario urbano son las farolas. Elementos que además, nos generan intervenciones relativamente frecuentes como Cuerpo de Bomberos.

NOTAS:

A diferencia de las farolas, Los semáforos no tienen cajetín portafusibles, los cables van directamente desde el cuadro de mando. No se recomienda manipular los cables de alimentación de los semáforos, se puede desconfigurar un cruce de calles provocando accidentes.

Las marquesinas tienen en su lateral izquierdo un bastidor con un automático, un diferencial y las tomas de tierra de las masas metálicas de la marquesina. Aunque no estén iluminadas, a efectos de seguridad, nosotros las consideraremos siempre bajo tensión.



## TIPOS DE LÁMPARAS

Según estadísticas del Ayuntamiento de Madrid las lámparas que más habitualmente nos encontraremos en nuestro municipio serán de dos tipos: lámparas de LED y lámparas de vapor de sodio de alta presión.

### - Lámparas de LED (imagen de la izquierda)

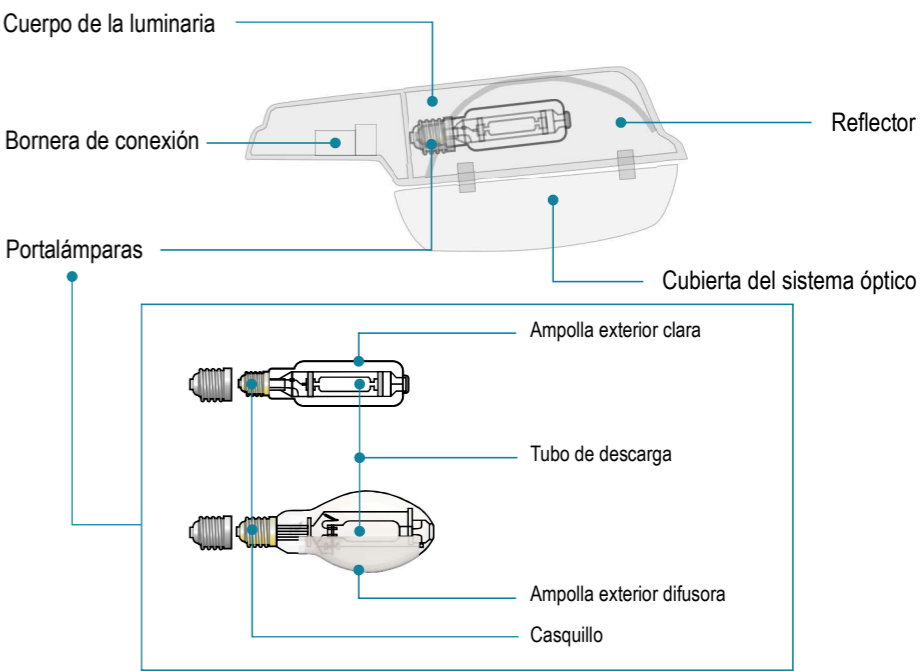
Los led son diodos emisores de luz constituidos por chips semiconductores con un índice de refracción muy alto que reflejan la luz emitida en su interior presentando una gran eficiencia y reduciendo el consumo energético. Estos diodos se agrupan en placas led utilizadas en las lámparas del alumbrado público.

A diferencia de la iluminación convencional, la iluminación led no va conectada directamente a la corriente eléctrica, si no que lo hace a través de un driver encargado de transformar la corriente alterna (Ac) en corriente continua (Dc). Los **driver** o **controladores de led** son la fuente de alimentación para este sistema, al igual que un cebador lo es para un sistema de iluminación fluorescente, de forma que convierte la corriente alterna entrante a la tensión de corriente continua adecuada.

### - Lámpara de vapor de sodio a alta presión (SAP)

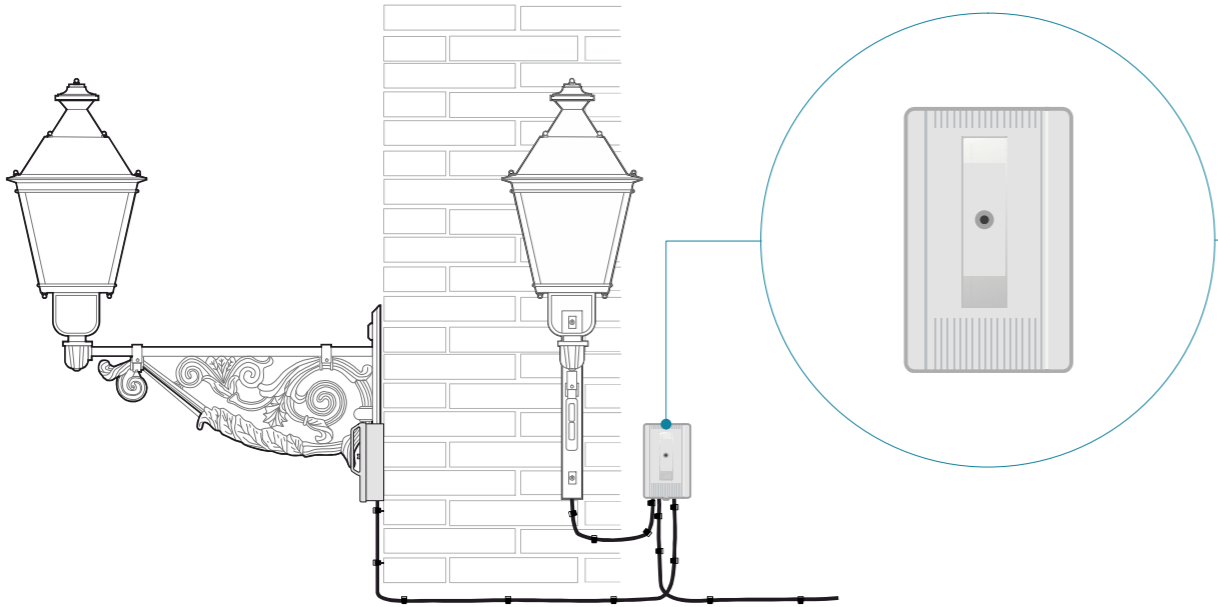
Es un tipo de lámpara de descarga de gas que usa vapor de sodio para producir luz. Son una de las fuentes de iluminación actuales más eficientes y la más utilizada en nuestro municipio, ya que proporcionan gran cantidad de lúmenes por vatio. El color de la luz que producen es amarillo brillante.

El foco de vapor de sodio está compuesto por un tubo de descarga de cerámica translúcida que soporta la alta corrosión del sodio y las altas temperaturas que se generan. Al necesitar de una tensión muy elevada para su arranque, se requiere de un **balasto** y un **arrancador** o **ignitor** con dos electrodos que generan la chispa para encender el vapor de sodio, generalmente también se le agrega un **capacitor** cuya función es únicamente corregir el factor de potencia de la lámpara...

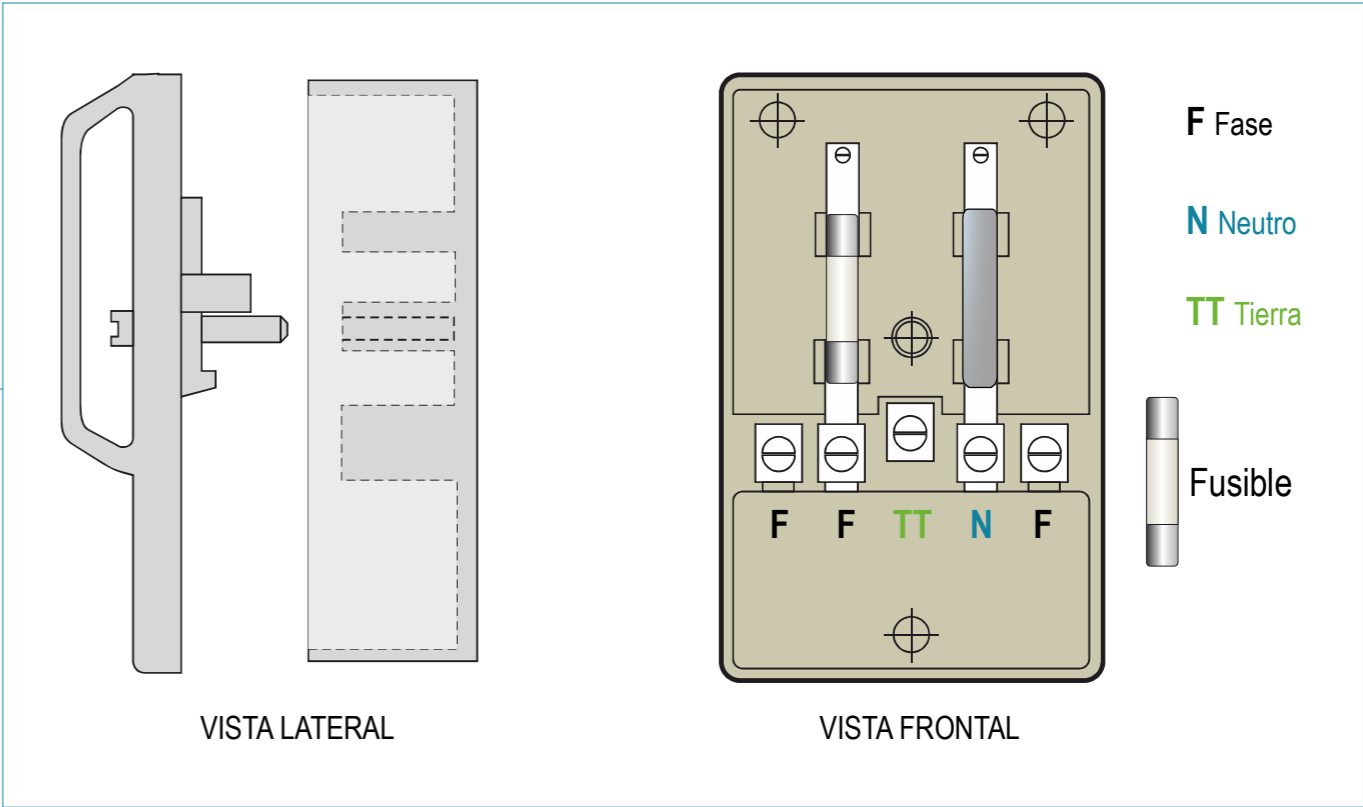


RECONOCIMIENTO DEL MATERIAL ELÉCTRICO

En el caso de puntos de luz anclados a las fachadas, la caja de derivación nos la encontraremos lo más cerca posible a la base del anclaje.



CAJA DE CONEXIÓN Y PROTECCIÓN PARA FACHADAS (báculo y candelabro)



**DPN**  
Interruptor automático o magnetotérmico de dimensiones reducidas de un polo más neutro. Todos son de 2 polos y cortan la fase y el neutro. Ocupan un sólo módulo en el carril DIN del cuadro eléctrico.



**BORN ADE NEUTRO**  
Es una borna de conexión de neutro para carril DIN. Borna unipolar de conexión por tornillo. Los bornes o bornas de conexión eléctrica son los contactos que se utilizan para derivar la energía.



**INTERRUPTOR CREPUSCULAR**  
Dispositivo que permite controlar circuitos de iluminación cuando se produce el cambio de noche a día y de día a noche, lo utilizamos para encender y apagar cargas. Un buen ejemplo es el alumbrado público.



**CONECTOR AÉREO O VAMPIRO**  
Conector de perforación. Dispositivo que posee unos dientes que muerden el cable para realizar derivaciones en líneas eléctricas y se pueden usar tanto en interiores como exteriores, (líneas aéreas de baja tensión).



**TRANSFORMADOR**  
Elemento eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión. Al cambiar la tensión, permite incluso modificar la intensidad y la potencia. Poseen un devanado primario, (mayor tensión) y un devanado secundario, (menor tensión) y un núcleo magnético donde se realiza el cambio.