

Temario

1. Instalación eléctrica de BT de un aerogenerador
 2. Centros de transformación
 3. Red de media tensión
 4. Subestación
 5. Protección frente a descargas atmosféricas
-

Energía Eólica

Instalaciones eléctricas de BT

Instalación eléctrica de baja tensión

Centro de transformación

Redes subterráneas de MT

Subestación

Evacuación en AT

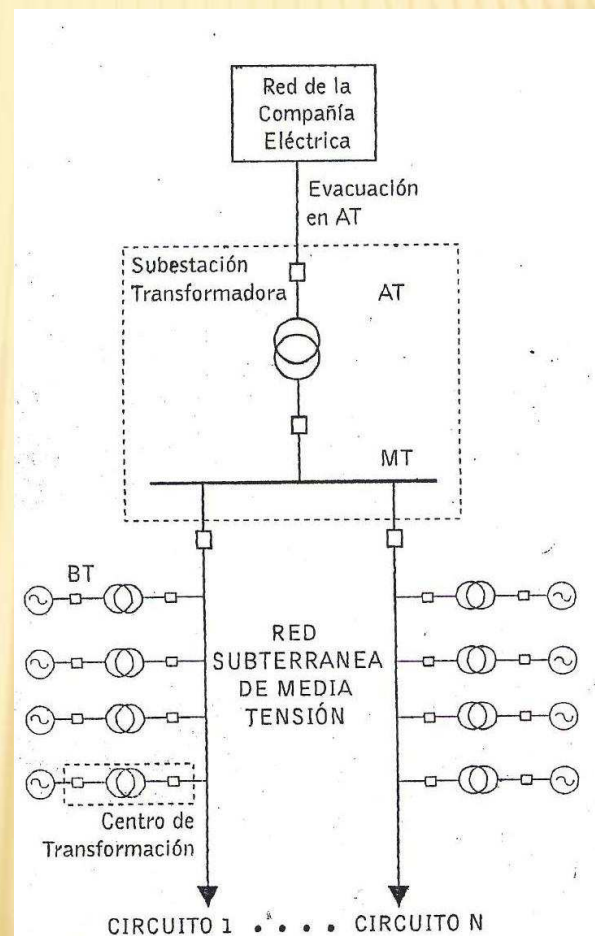


Figura 7.1.
Representación esquemática del sistema
eléctrico de un parque eólico.

Energía Eólica

Instalaciones eléctricas de BT

Descripción y clasificación de los componentes

En la red de BT de un aerogenerador se pueden distinguir dos tipos de circuitos según la función que cumplen:

1. *Circuitos de generación eléctrica o potencia*
2. *Circuitos de control (comunicaciones) y servicios auxiliares*

Energía Eólica

Instalaciones eléctricas de BT

Circuitos de generación eléctrica o potencia

1.1 Equipo de generación

Incluye el generador y su equipo de regulación (en caso de que exista)

1.2 Cableado del generador

1.3 Elementos de maniobra y protección

Contactores para conexión de motores eléctricos; interruptores automáticos y/o fusibles para protección contra sobreintensidades; descargadores para protección contra sobretensiones.

1.4 Dispositivos de medida de tensión, intensidad, potencia y frecuencia

1.5 Equipos de compensación de potencia reactiva (necesarios según la tecnología del aerogenerador)

Energía Eólica

Instalaciones eléctricas de BT

Circuitos de control (comunicaciones) y servicios auxiliares

2.1 Circuitos de alimentación a los equipos de regulación y control

2.2 Alimentación de motores auxiliares (motores de orientación de la góndola) y de la unidad hidráulica (frenado de góndola y rotor)

Para los aerogeneradores con control aerodinámico activo de velocidad variable el giro de las palas se puede realizar con motores eléctricos o actuadores hidráulicos, según el fabricante.

2.3 Líneas de alumbrado y potencia para herramientas en góndola y torre

2.4 Elementos de maniobra y protección de los circuitos de control y auxiliares

2.5 Resistencias de calentamiento, etc.

Energía Eólica

Instalaciones eléctricas de BT

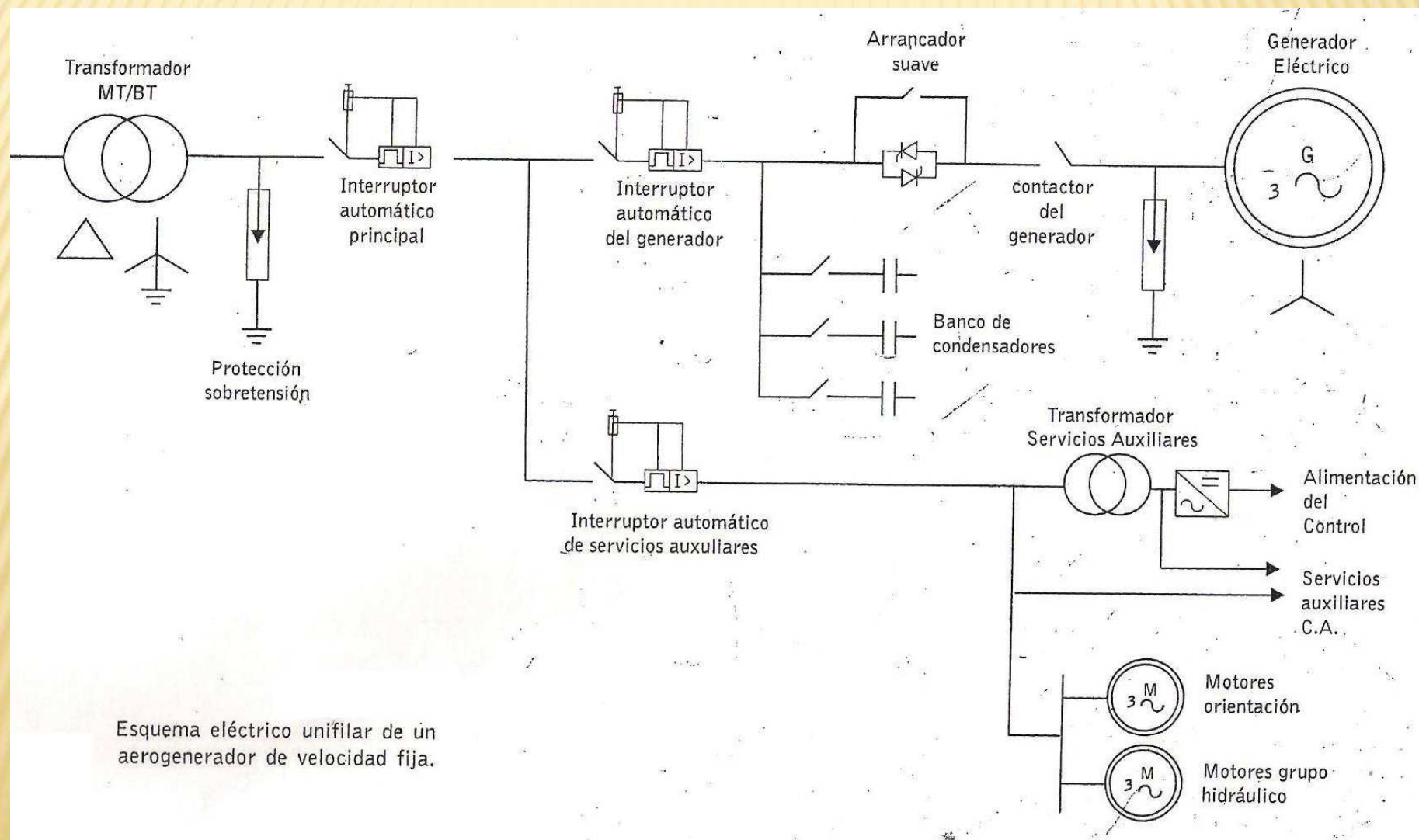
Los componentes de la instalación eléctrica de BT de un aerogenerador se encuentran situados en distintos puntos de la misma.

Góndola: generador, motores de orientación y unidad hidráulica, cableado de conexión y unidad de control que consta de una placa de control y comunicaciones con sus circuitos y sistemas complementarios (fuente de alimentación, sensores, activadores, etc.) esta unidad de control incluye los elementos de maniobra y protección de los motores auxiliares.

Torre: cableado de conexión entre la unidad de control y el cuadro de BT situado en la parte inferior. En este cuadro también se realiza la conexión BT / MT. Además incluye: elementos de maniobra, protección y seccionamiento del circuito de potencia; el sistema de arranque suave o el convertidor que también puede estar situado en la góndola; el transformador de servicios auxiliares; el banco de capacitores para compensación reactiva, etc.

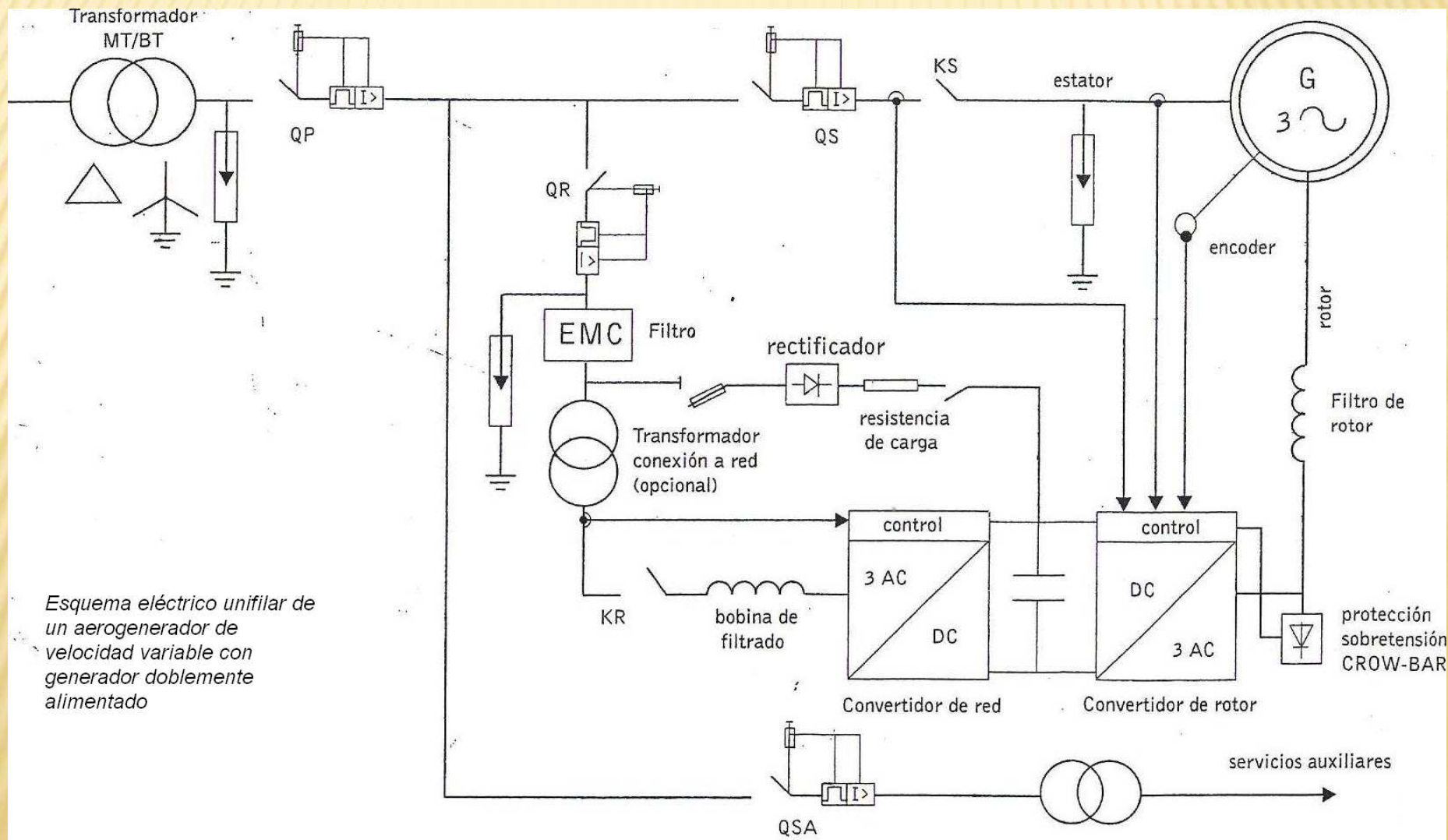
Energía Eólica

Instalaciones eléctricas de BT



Energía Eólica

Instalaciones eléctricas de BT



Energía Eólica

Instalaciones eléctricas de BT

Conexión del Generador

Los cables de conexión del generador, situado en la góndola, y el cuadro de BT, situado en la base de la torre, deben poseer una flexibilidad que permita el funcionamiento adecuado del sistema de orientación. Por esta razón, se emplean cables de clase de rigidez mecánica 5 o 6. Como ejemplo:

RV-K: Cable flexible para instalación fija, clase 5, con aislamiento de polietileno reticulado y cubierta de PVC. Tensión nominal de 0,6/1 kV.

H07NR-F: Cable flexible (clase 5), con aislamiento de goma y cubierta de neopreno (policloropreno), con una tensión nominal de 450/750 V.

La sección se elige para minimizar las pérdidas por energía, criterio que prevalece sobre los habituales de intensidad máxima admisible, solicitud térmica de la corriente de cortocircuito y caída de tensión.

Energía Eólica

Instalaciones eléctricas de BT

Dispositivos de maniobra y conexión

Entre los interruptores automáticos de BT utilizados en la protección, maniobra y seccionamiento de la instalación eléctrica de un aerogenerador destacan los situados en los circuitos del rotor y del estator (que puede existir o no según la tecnología de aerogenerador).

La elección del interruptor automático más adecuado está basado en el ajuste de las curvas de disparo y la selección de los parámetros de ruptura.

Energía Eólica

Centros de transformación

Ubicación

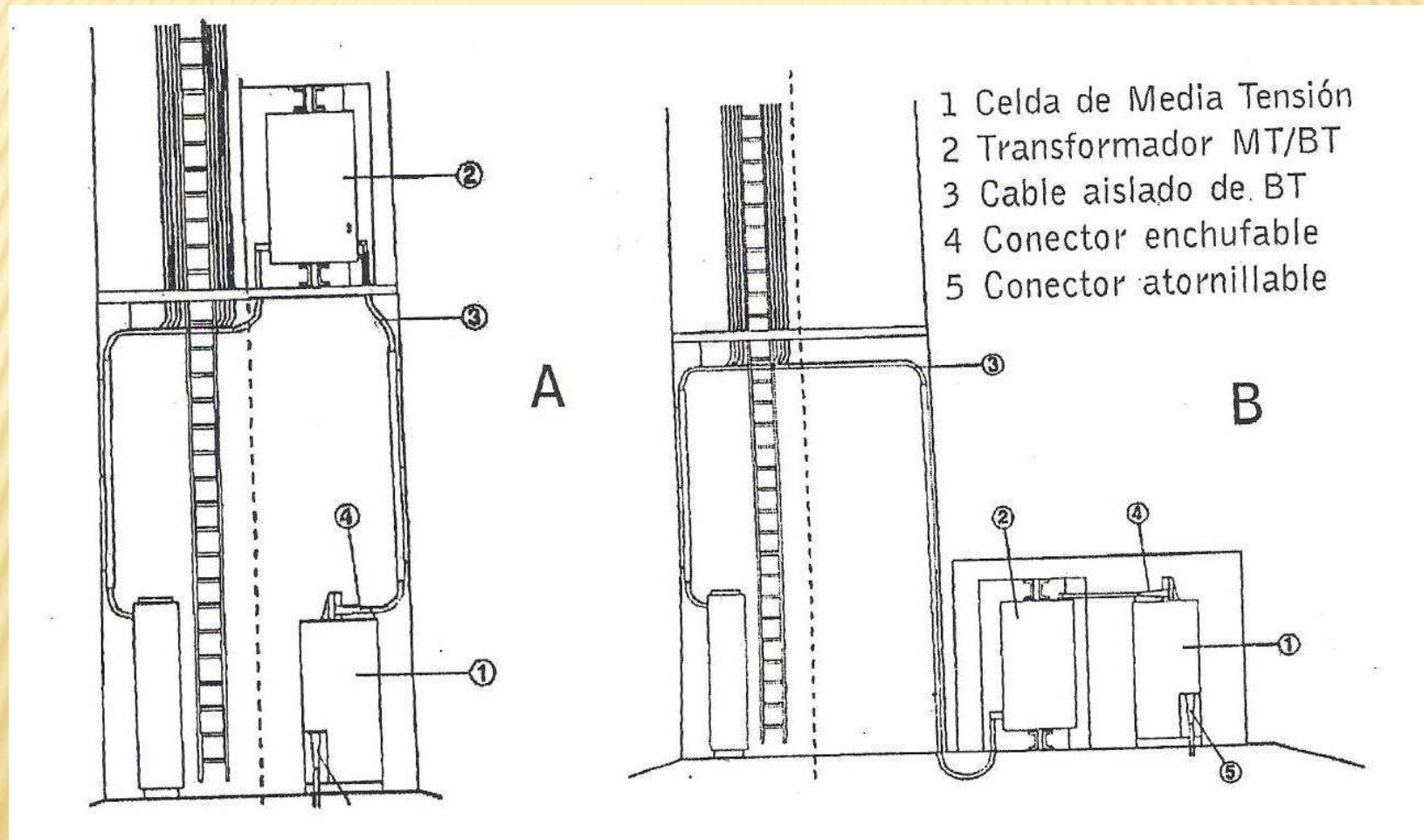
El centro de transformación puede ubicarse dentro o fuera de la torre, pero muy cerca de la misma, ya que al generarse en baja tensión no deben alcanzarse grandes distancias con el fin de no incrementar las pérdidas eléctricas en los conductores.

El transformador suele colocarse en el primer piso aunque también existen disposiciones en sótano o segundo nivel.

<i>Condiciones</i>	<i>Dentro de la torre</i>	<i>Fuera de la torre</i>
Impacto visual	No	Si
Pérdidas en la red de BT	Menores	Mayores
Ancho de la puerta de la torre	Condiciona tamaño de equipos	No influye
Disponibilidad de espacio	Condiciona tamaño de equipos	Mayor
Operación y mantenimiento	Necesidad de desmontar para sustituir	Más fácil

Energía Eólica

Centros de transformación



Energía Eólica

Centros de transformación

Ubicación

Otra ubicación especialmente adecuada para parques eólicos constituidos por asociaciones de aerogeneradores a una distancia considerable unas de otras, es colocar el transformador en el interior de la torre de cada aerogenerador pero las celdas de MT situarlas agrupadas en un prefabricado denominado *centro de seccionamiento*. Tiene la ventaja de mayor facilidad de mantenimiento y el inconveniente del impacto visual.

Energía Eólica

Centros de transformación

Transformador

La disposición del transformador dentro de la torre conduce a que éste deba ser del tipo seco.

La potencia del transformador viene dada por la potencia nominal y el factor de potencia del generador. Para adecuarse a las condiciones de trabajo del aerogenerador, con un número de horas a potencia nominal muy reducido, se diseña con menores pérdidas en el hierro y mayores en el cobre que su respectivo equivalente de distribución.

Para tecnologías de aerogeneradores de velocidad fija se toma un factor de potencia de 0.89. Mientras que para tecnologías de velocidad variable (con convertidores electrónicos) el factor de potencia es igual a la unidad.

Se ha demostrado que la potencia óptima del transformador es de un 20% menos que la potencia nominal del aerogenerador. Esto se justifica por el número de horas que el trabajador entrega su máxima potencia (el cual es bajo), sin embargo es común que el transformador se seleccione de acuerdo con la potencia nominal del aerogenerador.

Energía Eólica

Red de media tensión - MT

Celdas de media tensión

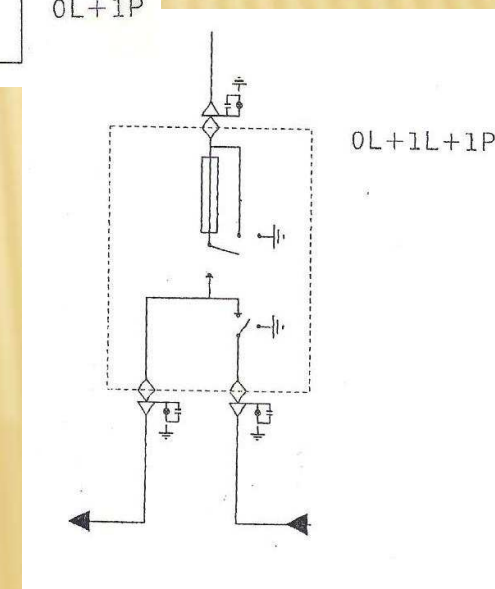
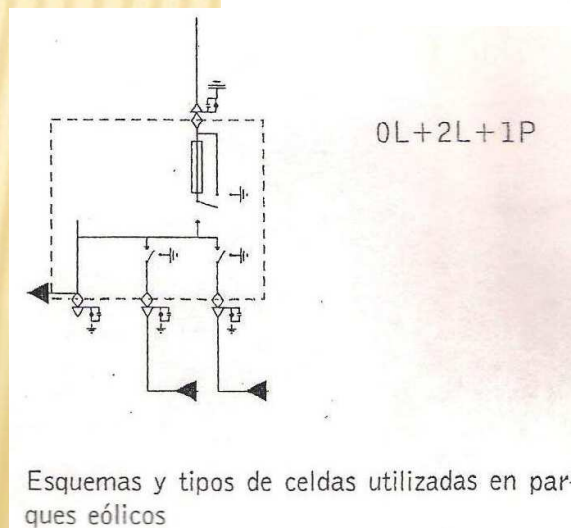
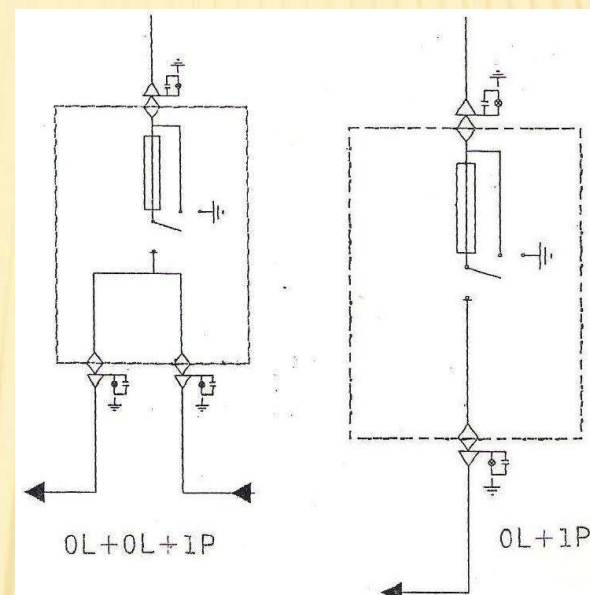
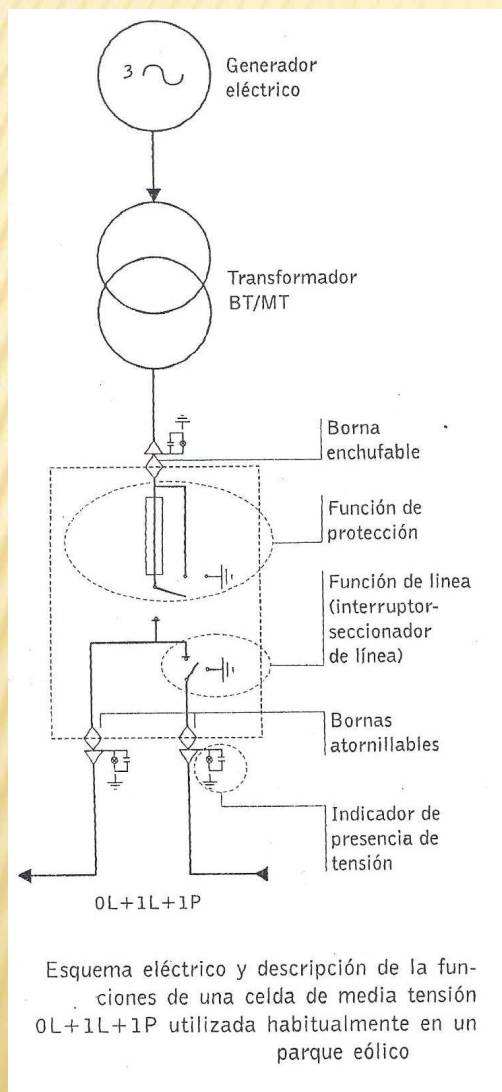
El criterio más restrictivo para el diseño de las celdas de MT es la intensidad de cortocircuito.

Tipos constructivos

En cuanto a las funciones utilizadas el esquema más empleado es el 0L+1L+1P (entrada de línea, protección de línea, protección de transformador)

Energía Eólica

Red de media tensión - MT



Energía Eólica

Red de media tensión - MT

Red de media tensión

La conexión entre los aerogeneradores que componen el parque eólico se realiza a nivel subterráneo, por un lado, por el impacto ambiental que supone la línea aérea, y por el otro, es mayor la ventaja y facilidad de reparar y realizar labor de mantenimiento de los aerogeneradores que requieran el empleo de grúas.

- potencias medias (500 kW – 1 MW) – 15 a 20kV (tensión de la red)
- Para potencias altas (> 1MW) – 30 kV (tensión de la red)

Energía Eólica

Red de media tensión - MT

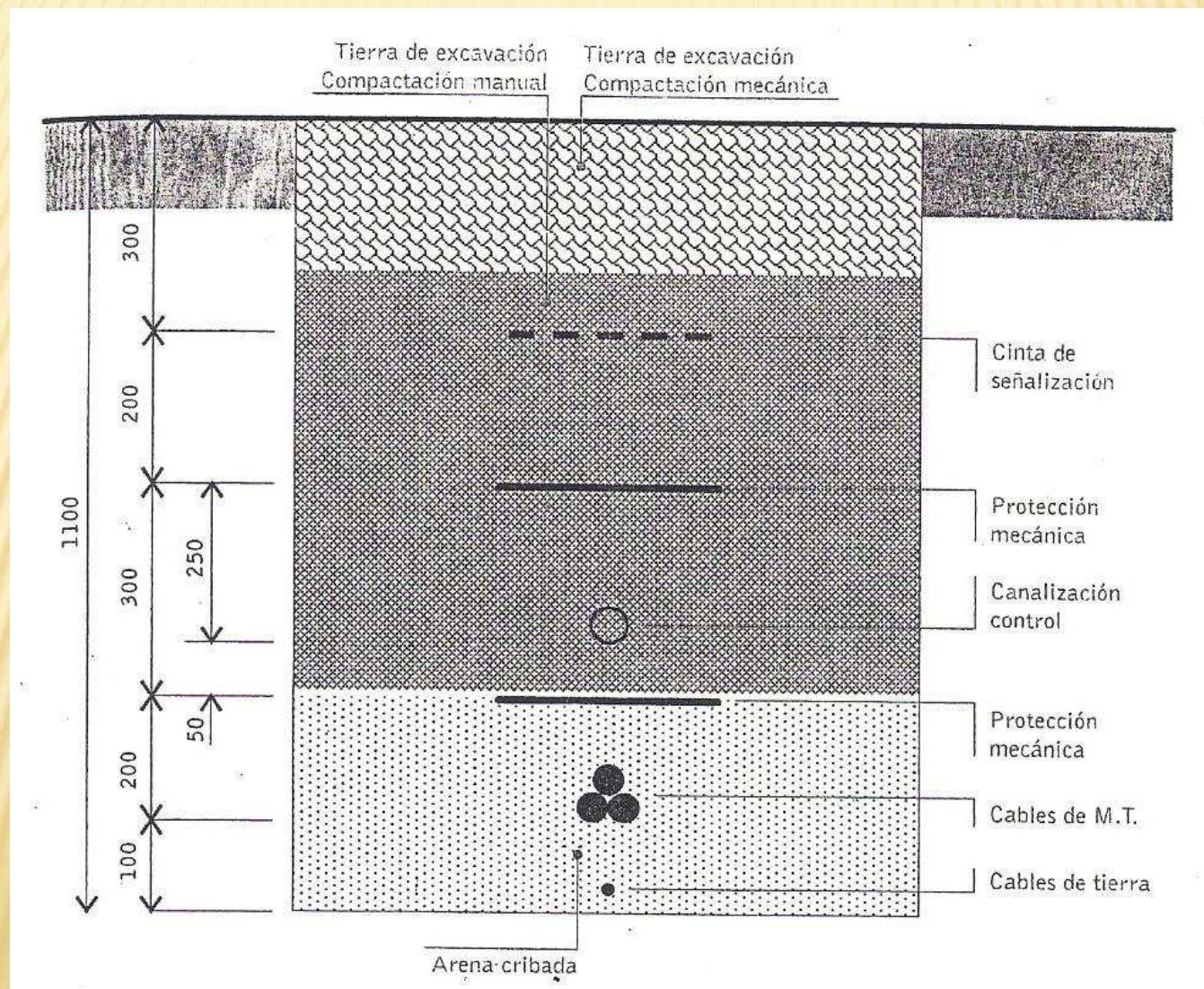
Diseño de la red

- Trazado

Depende de la disposición de los aerogeneradores en el emplazamiento. Estas posiciones están relacionadas con el potencial eólico de la zona y la orografía del terreno (zonas llanas, colinas concentradas o alineadas)
- Zanjas
- Selección de conductores
 - Tipo de cable
 - Tensión nominal
 - Sección del conductor

Energía Eólica

Red de media tensión - MT



Energía Eólica

Subestación

Introducción

Las subestaciones de interconexión de los parques eólicos suelen ser del tipo mixto intemperie – exterior, previstas para ampliaciones futuras

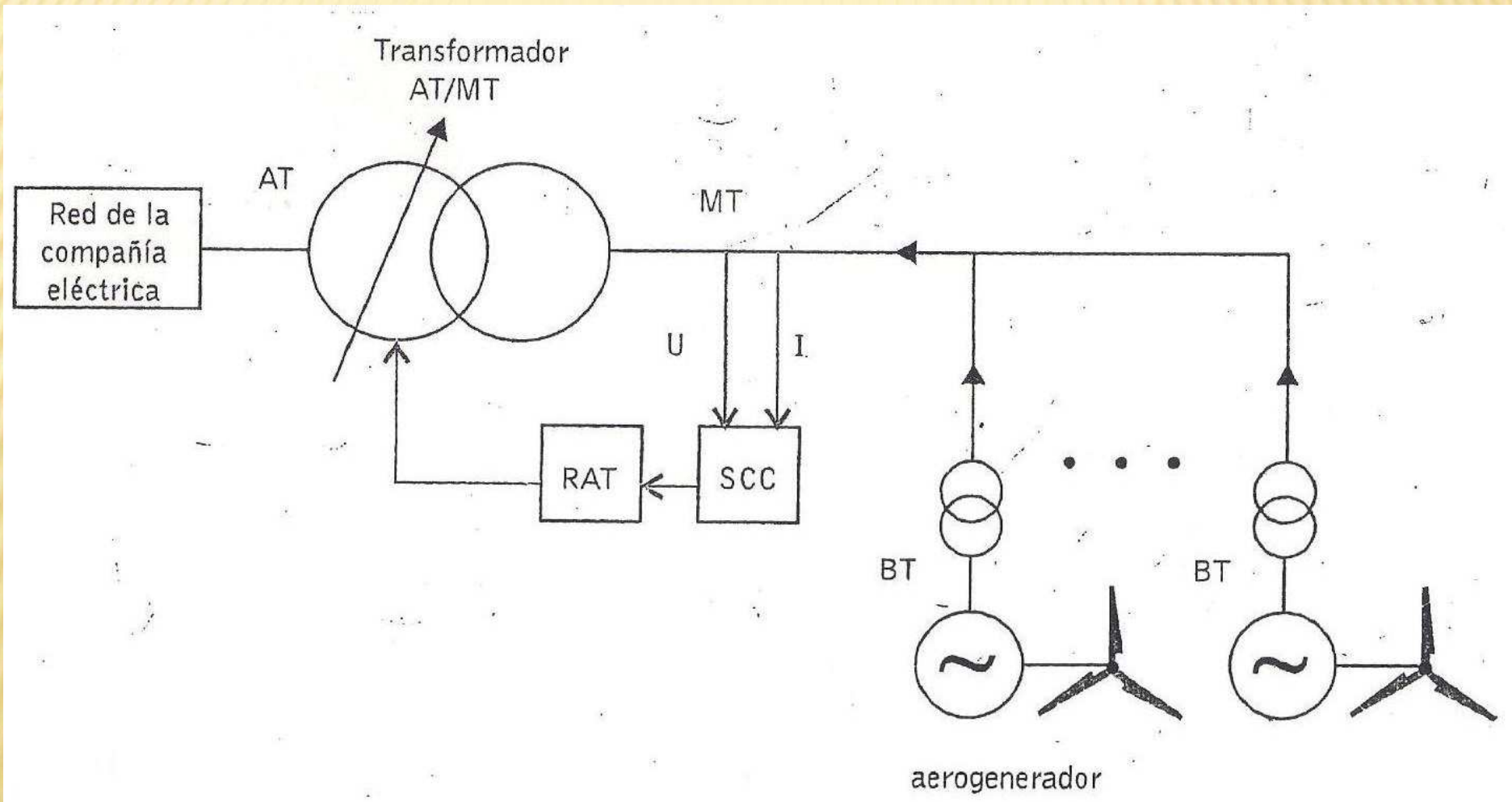
Su composición suele ser la habitual de una subestación de distribución: Barraje de MT, transformador principal de AT/MT, celdas de MT, equipos de corte, aislamiento, protección y transformadores de medida y protección), cuadros de telecontrol, comunicaciones y servicios auxiliares.

- Transformador de la subestación

Independiente de las caídas de tensión interna que se dan en los transformadores y las líneas, las variaciones de carga pueden producir fluctuaciones de tensión inadmisibles para el buen funcionamiento del sistema eléctrico. Normalmente es de obligación mantener estos valores de tensión dentro de unos márgenes cortos lo que obliga a utilizar, además de los sistemas de regulación y control propios de los generadores eléctricos, otros dispositivos montados sobre los transformadores denominados *reguladores de tensión en carga*.

Energía Eólica

Subestación



Energía Eólica

Subestación

Protección de media tensión

Las protecciones de MT dependen del sistema de puesta a tierra.

- Régimen de neutro aislado

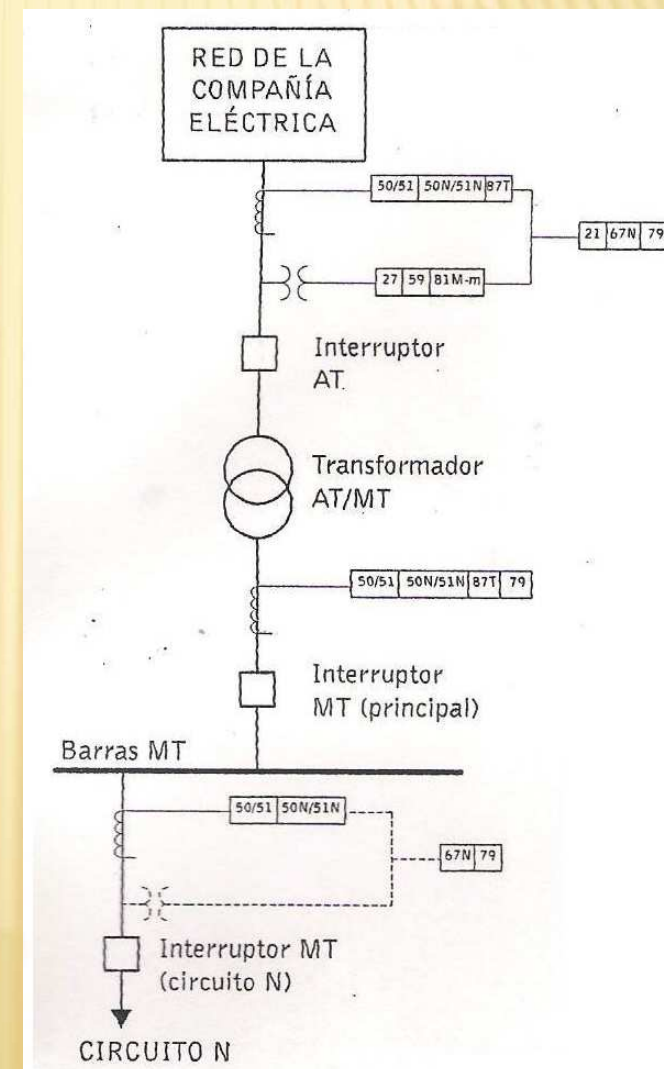
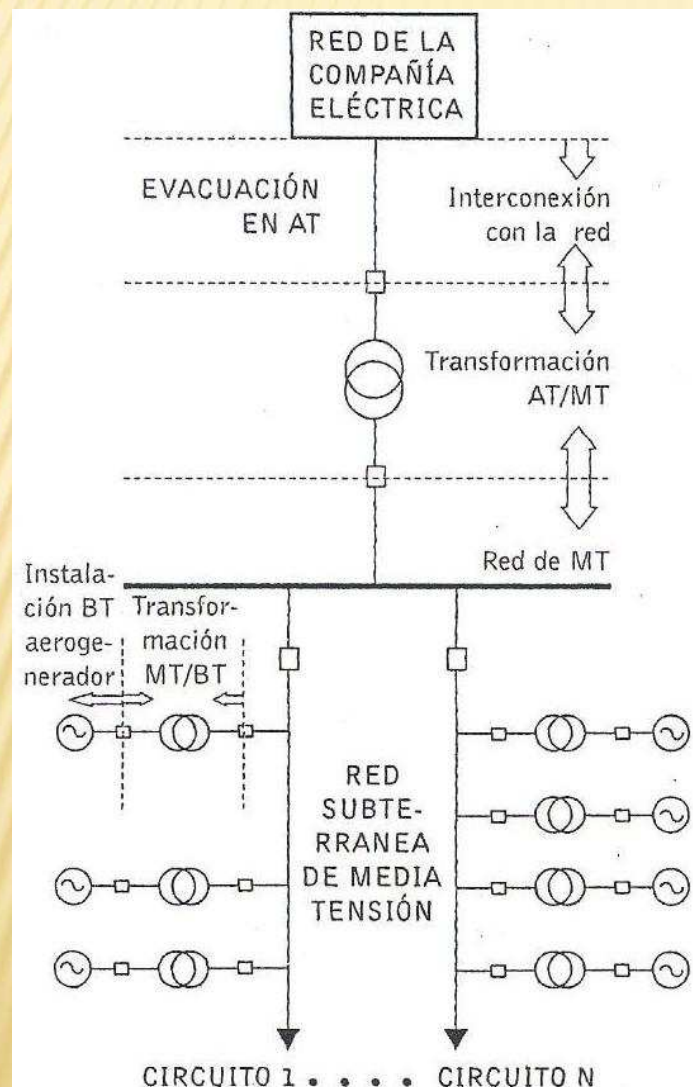
Las protecciones empleadas son: sobrecarga y cortocircuito de fases (3 x 50/51), protección direccional de neutro (67N) con reenganche incorporado (79). Estas protecciones permiten detectar fallas trifásicas y monofásicas en cada línea de aerogeneradores disparando el interruptor automático de posición de línea de MT.

- Régimen de neutro puesto a tierra por reactancia en zig-zag

Se emplean las protecciones frente a sobrecargas y cortocircuito en fases (3 x 50/51) y neutro (50/51), que permiten detectar fallas monofásicas y trifásicas en cada línea de aerogeneradores.

Energía Eólica

Subestación



Energía Eólica

Subestación

Las protecciones del transformador de AT/MT son las siguientes:

- Relé diferencial (87T)
- Relé de sobrecarga y cortocircuito de fases (3 x 50/51) y neutro (50N/51N) con reenganche (79) tanto en AT como en BT
- Relé de disparo (86)

Además se incluyen:

Relés de máxima y mínima tensión (27/59), máxima y mínima frecuencia (81M/81m), protección de distancia (21) con reenganchador incorporado (79) y protección direccional de neutro (67N).

Energía Eólica

Subestación

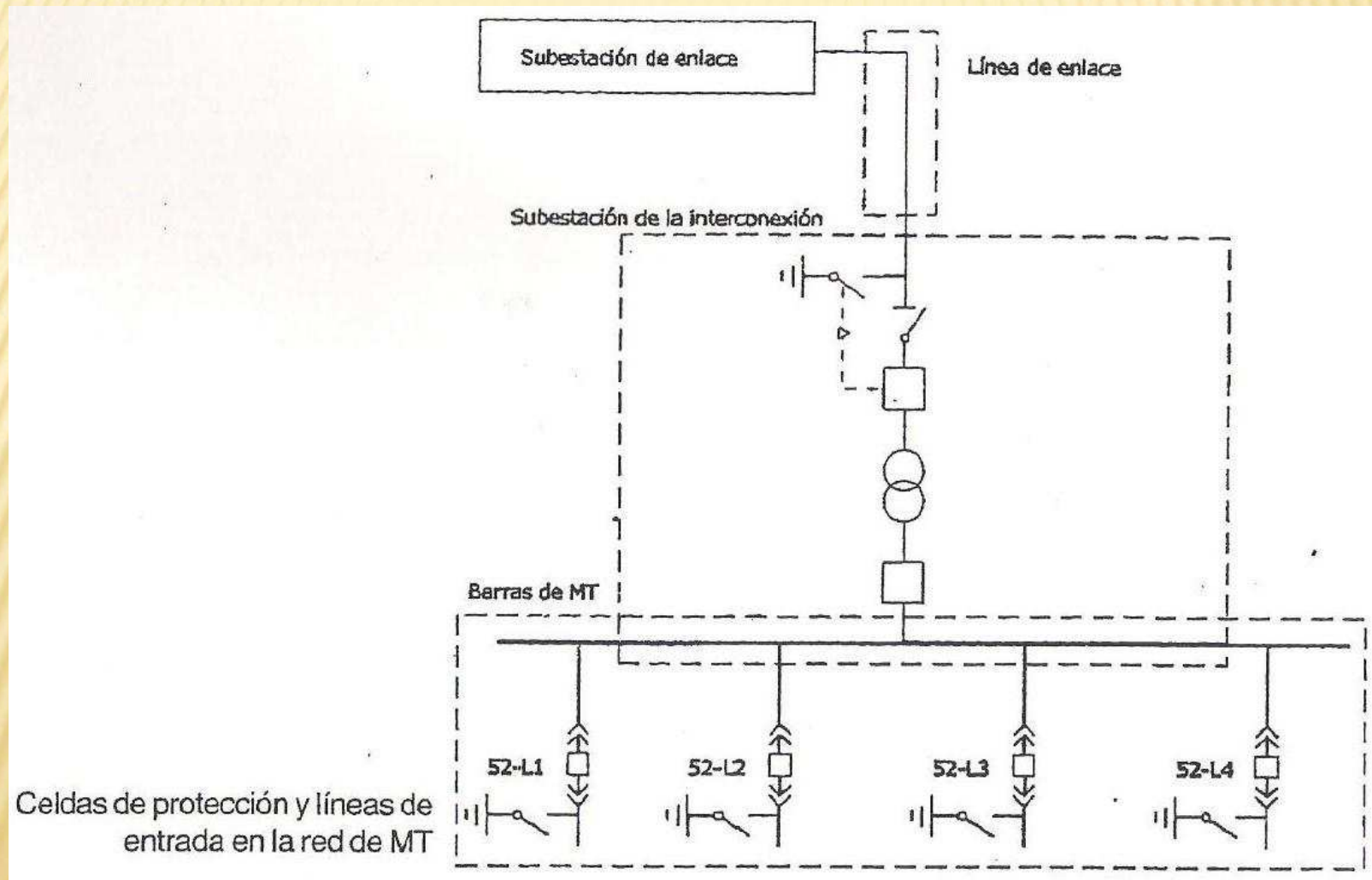
Evacuación en AT

La conexión de la subestación con la red de la compañía eléctrica puede realizarse de distintas maneras. En general existen tres posibilidades de conexión:

- Línea dedicada
- Línea de enlace
- Doble circuito entrada - salida

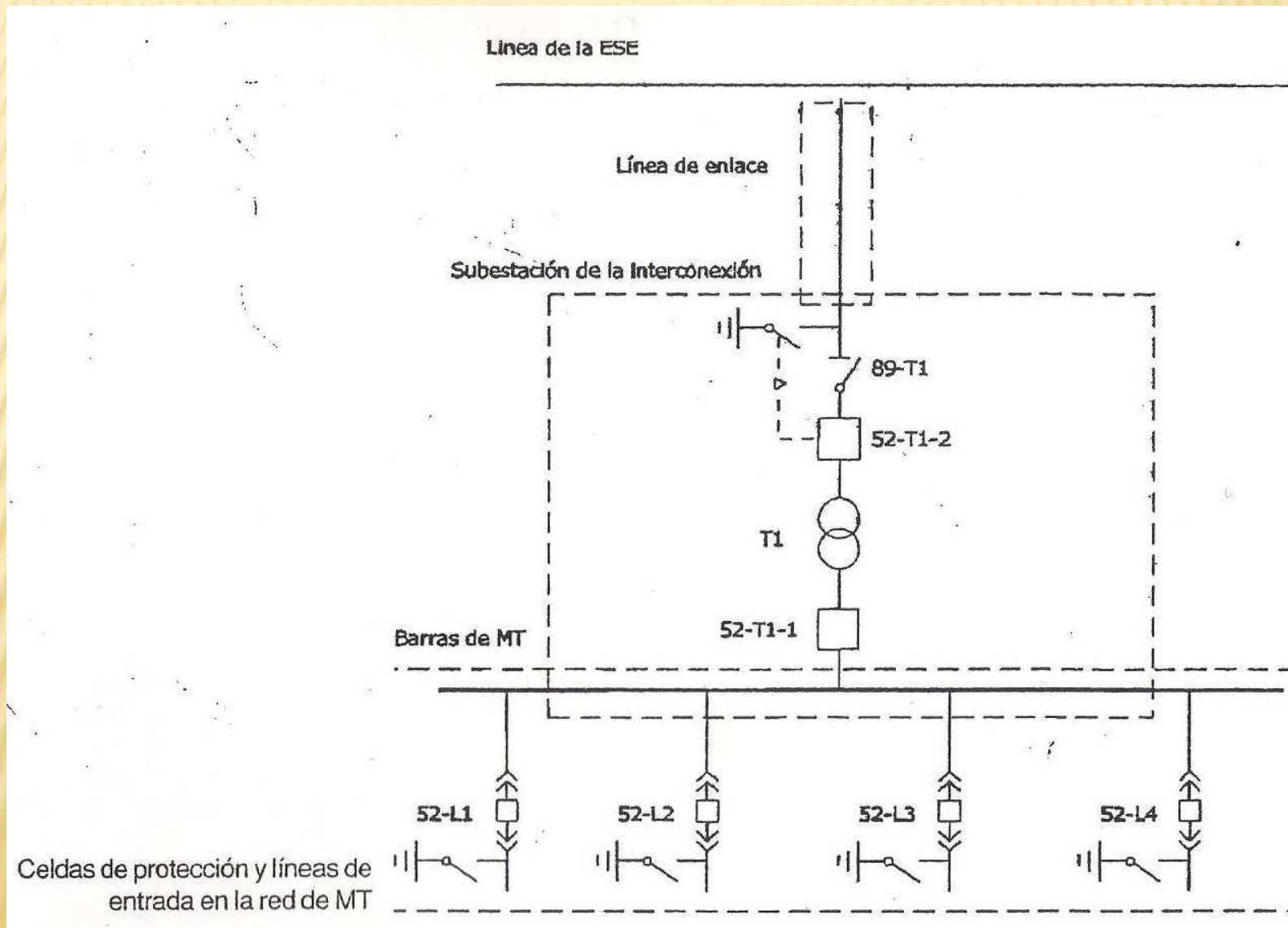
Energía Eólica

Subestación



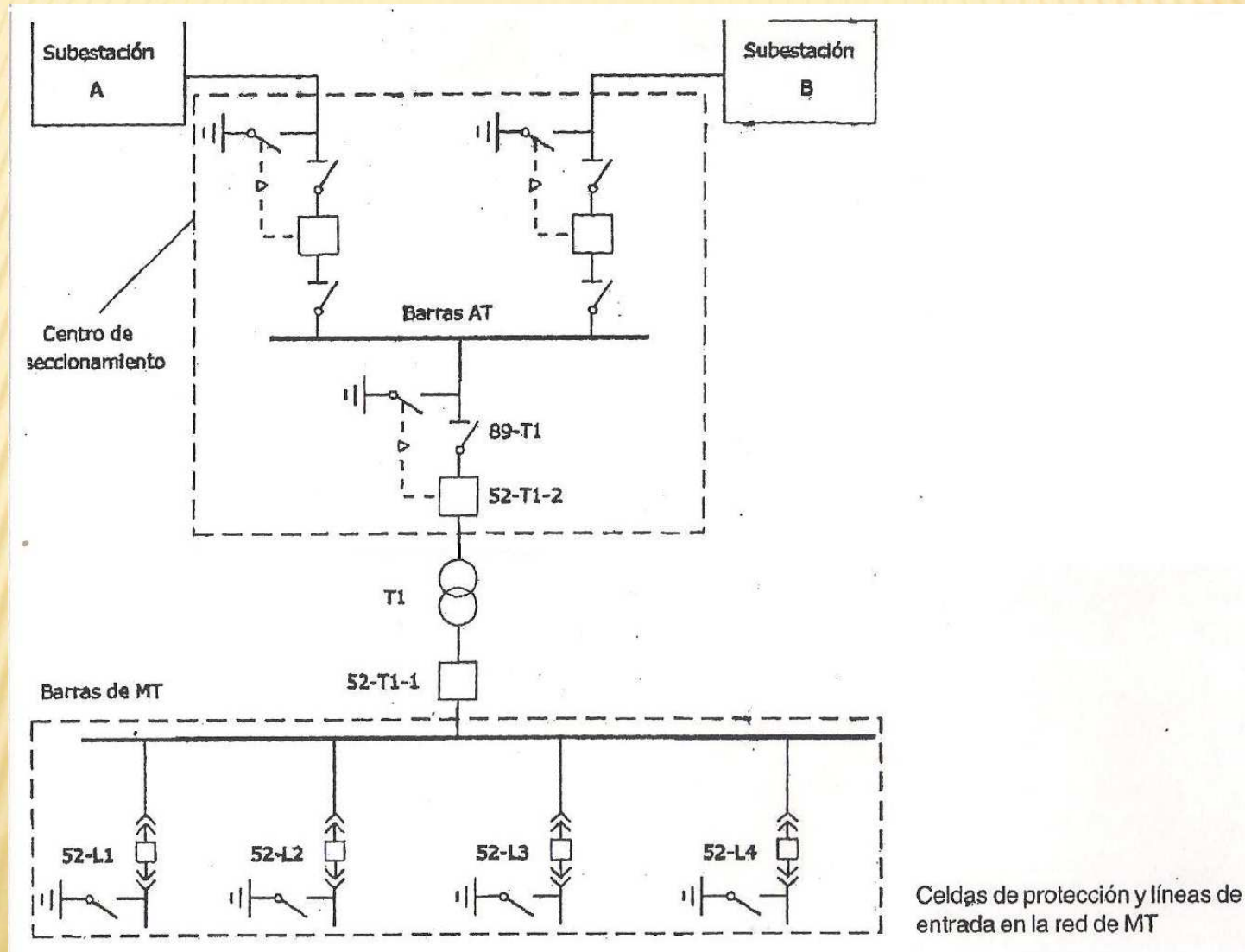
Energía Eólica

Subestación



Energía Eólica

Subestación



Energía Eólica

Protección de descargas atmosféricas

Protección frente a descargas atmosféricas

Los parques eólicos presentan altos riesgos de impacto directo de rayos por dos razones:

Altura de las instalaciones

Emplazamientos con frecuencia de descargas elevadas

Frente a estos riesgos se busca:

- Captar, derivar y dispersar la corriente de rayo a tierra
- Evitar las diferencias de potencial elevadas entre puntos metálicos de la instalación

Energía Eólica

Protección de descargas atmosféricas

Medidas a tomar:

Protección externa

Proteger del impacto directo del rayo. Para ello se recurre a:

Instalación captadora

Instalación de derivación

Instalación de puesta a tierra

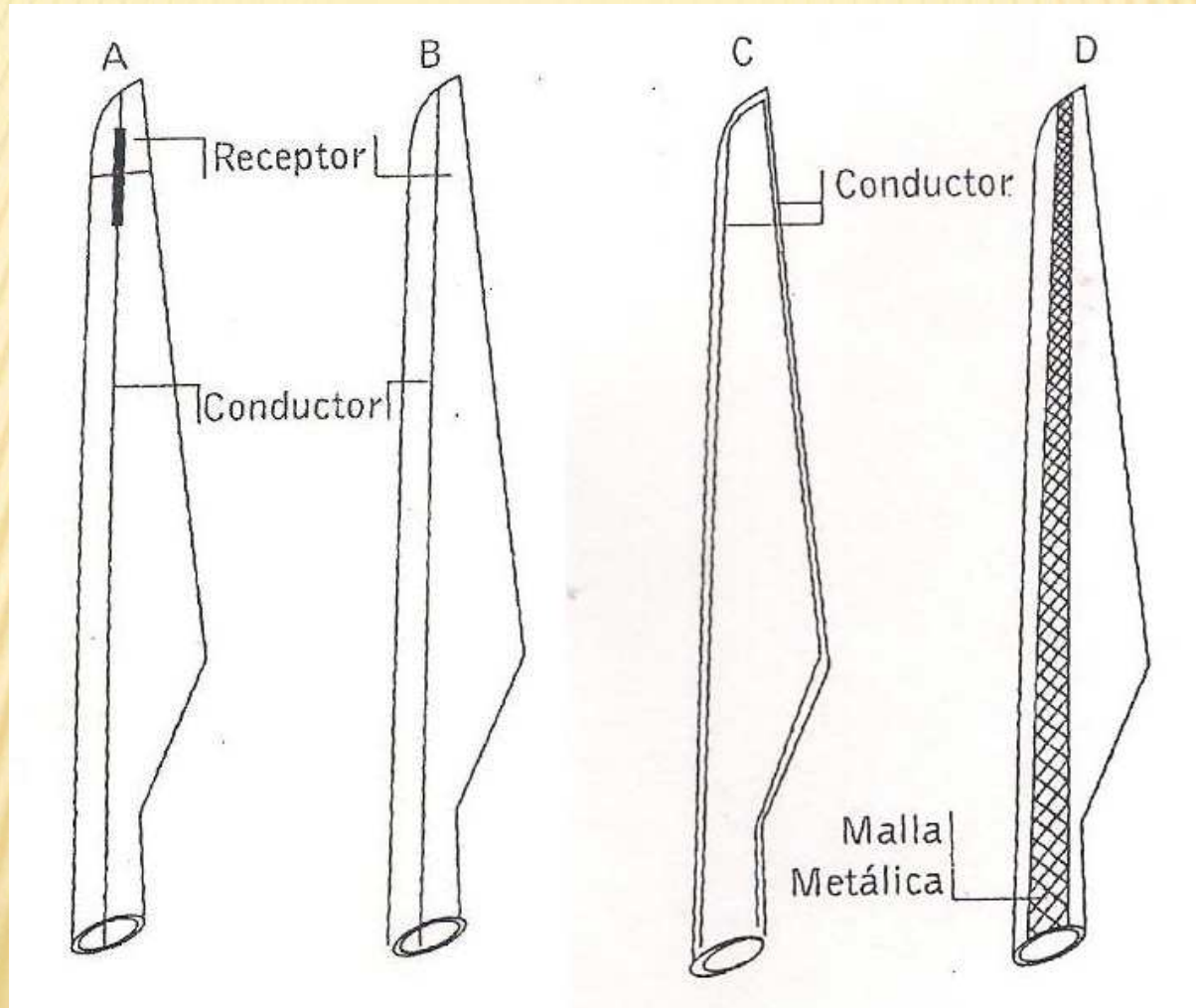
Protección interna

Se busca proteger los equipos internos conectados a las redes de energía y datos de las sobretensiones producidas por la descarga directa del rayo o las inducidas por descargas cercanas (aunque también se pueden dar casos de conmutaciones de la red que originen inducciones no deseadas).

Los dispositivos de protección suelen ser varistores y diodos supresores

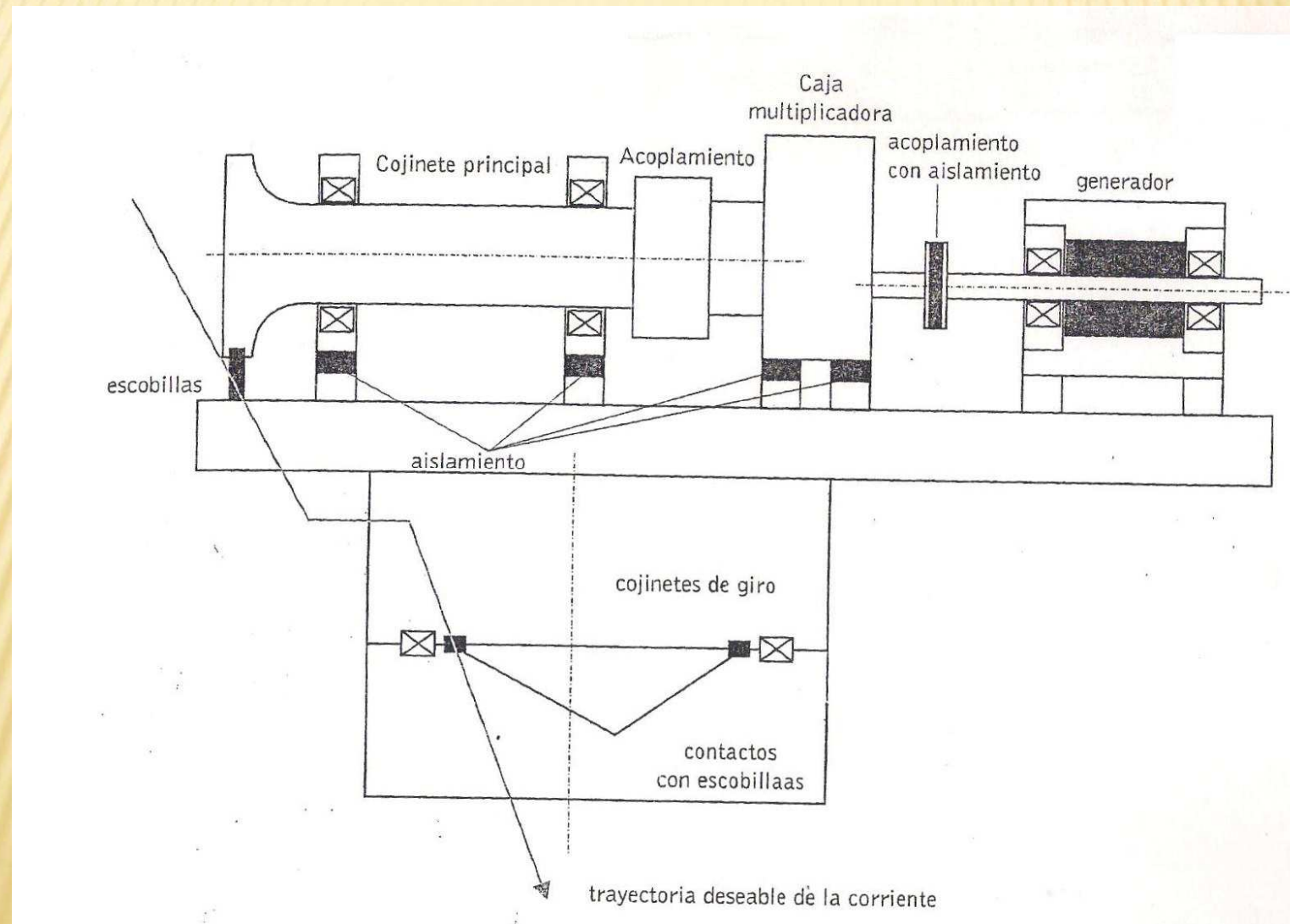
Energía Eólica

Protección de descargas atmosféricas



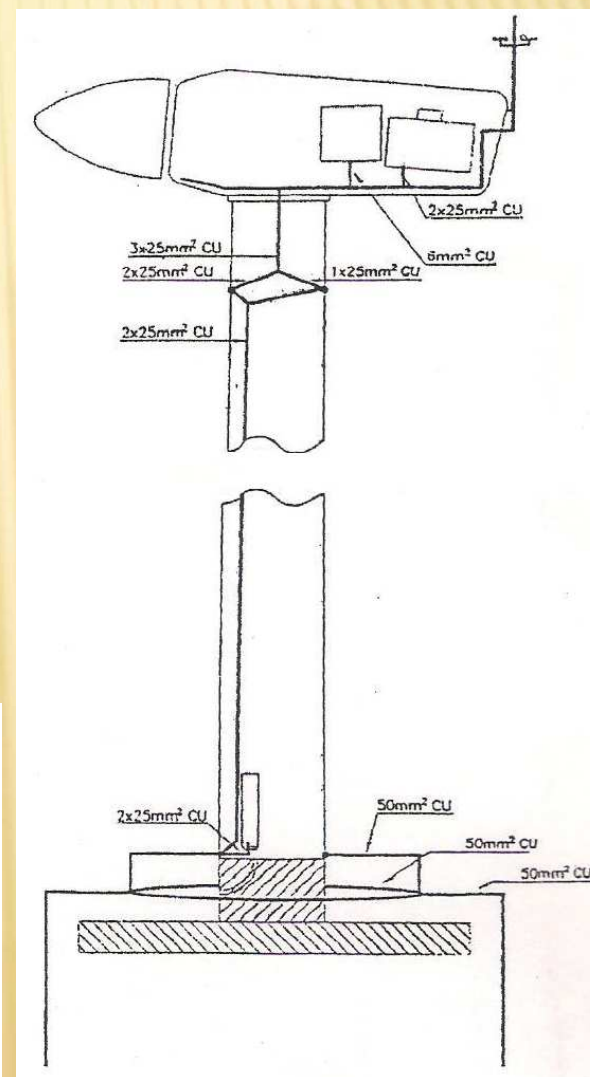
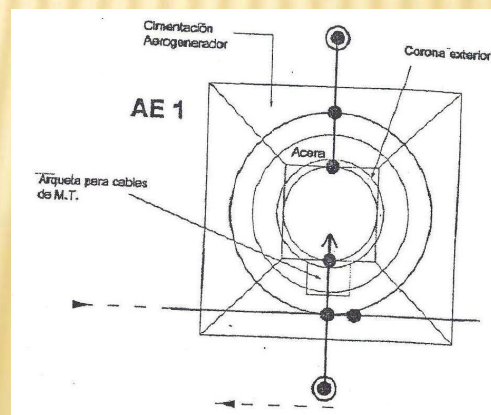
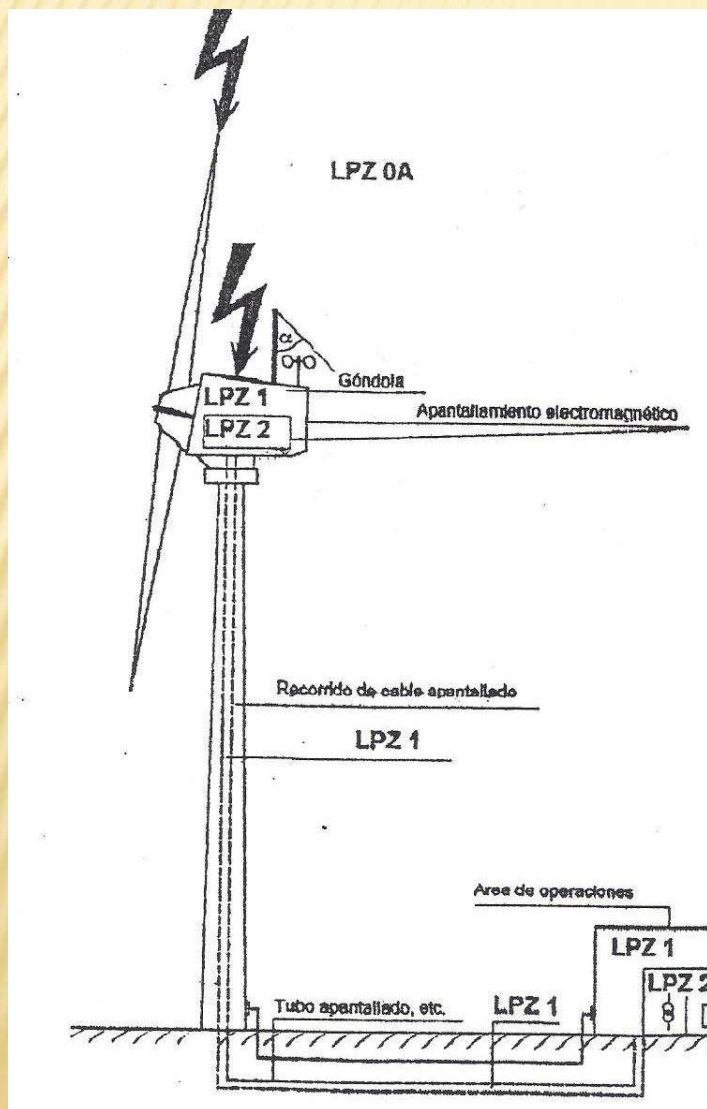
Energía Eólica

Protección de descargas atmosféricas



Energía Eólica

Protección de descargas atmosféricas



Energía Eólica

Bibliografía

- *“Sistemas Eólicos de Producción de Energía Eólica”*. José Luís Rodríguez Amenedo, et al. Editorial Rueda. Madrid (España). 2003.
- Cádiz Deleito, J.C. *“La Energía Eólica: Tecnología e Historia”*. Ed. Hermann Blume. España. 1984.
- Escudero López, J.M. *Manual de Energía Eólica: Investigación, diseño, promoción, construcción y explotación de distintos tipos de instalaciones*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 2004.
- Energía eólica. Pedro Fernández Díez. Documento pdf disponibles en <http://libros.redsauce.net>
- Manwell, J. McGowan, J. Rogers, A. *“Wind Energy Explained: Theory, Design and application”*. Second Edition. Jhon Wiley & Sons, ltd. 2009.