

LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

CONDUCTORES

Ing. Carlos Huayllasco Montalva

CONDUCTORES: CONSIDERACIONES ELÉCTRICAS

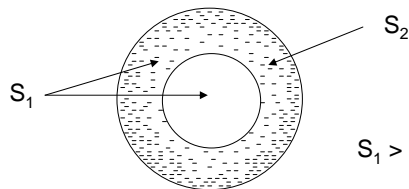
- Resistencia

- Varía con la temperatura

Mayor choque de electrones activos en la superficie con el flujo electrónico

- Varía con la frecuencia

Ubicación no homogénea de electrones en la sección del conductor



$$S_1 > S_2$$

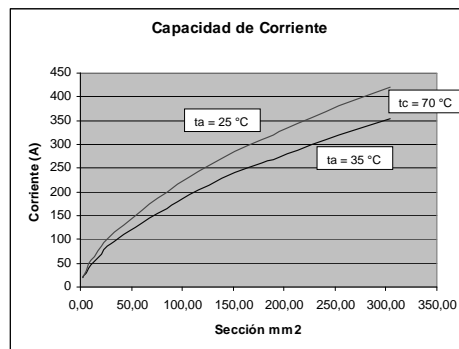
$$R_1 = \rho x / S_1 < R_2 = \rho x / S_2$$

CONDUCTORES: CONSIDERACIONES ELÉCTRICAS

- Conductividad
 - Depende del material conductor
 - Metales preciosos tienen alta conductividad (oro, plata)
- Reactancia
 - Depende de la disposición geométrica de conductores
 - Cables de energía empleados en redes subterráneas tiene menor reactancia que conductores de redes aéreas
 - Varía entre 0,3 a 0,5 Ω /km en red aérea y 0,08 a 0,13 Ω /km en red subterránea

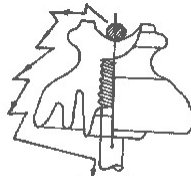
CONDUCTORES: CONSIDERACIONES ELÉCTRICAS

- Calentamiento
 - Pérdidas por efecto Joule
 - Cuando pasa cierto nivel deteriora el material, produce envejecimiento



CONDUCTORES: CONSIDERACIONES ELÉCTRICAS

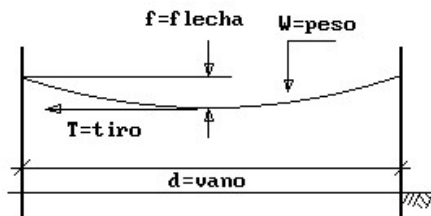
- Efecto Corona
 - Descargas eléctricas continuas y autosostenidas a través del medio donde están instalados los aisladores
 - Produce pérdidas de potencia
 - Depende de densidad del aire, humedad, rugosidad de superficie del conductor, diámetro del conductor, temperatura, sobretensiones, etc.



Corriente por Descarga Disruptiva

CONDUCTORES: CONSIDERACIONES MECÁNICAS

- Esfuerzos



Cuanto más se tire el conductor la flecha disminuye,
influye en la longitud del soporte

El tiro y el peso son factores bajo control del proyectista

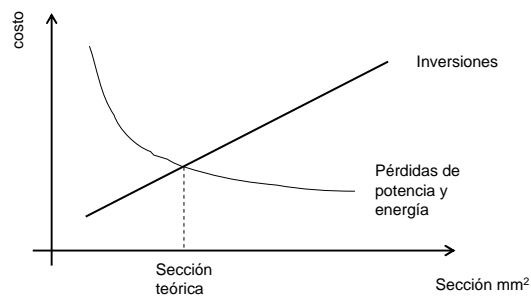
Preferible tiro grande y peso pequeño

CONDUCTORES: CONSIDERACIONES MECÁNICAS

- Comportamiento frente al medio ambiente
 - Ataque que el medio donde es instalado el conductor puede provocar al material seleccionado
 - Corrosión marina
 - Contaminación ambiental

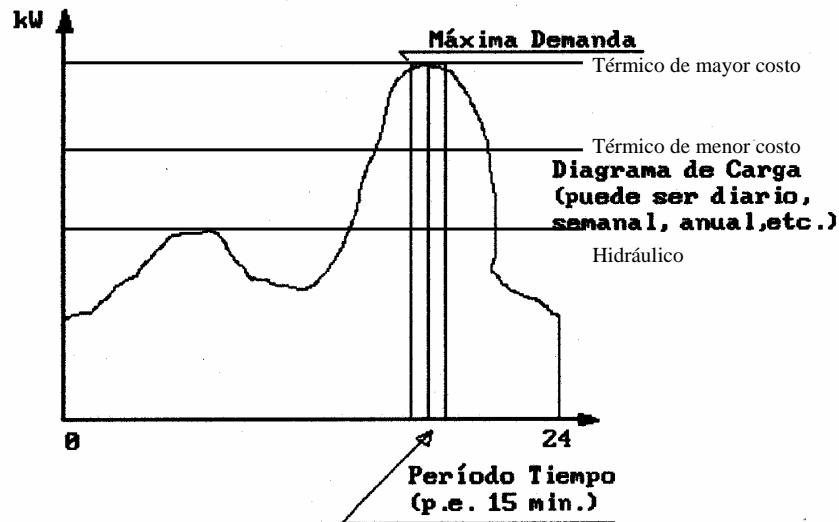
CONDUCTORES: SELECCIÓN ECONÓMICA

- Todo estudio de una LT considera el análisis económico para la selección del conductor



CONSIDERACIONES ECONÓMICAS

Costos Marginales: Costo en que se incurre por la producción de una unidad adicional

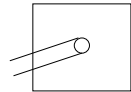


MATERIALES USADOS EN CONDUCTORES EN LÍNEAS AÉREAS

- Cobre (Cu)
 - Es caro
 - Resiste entre 32-36-38 kg/mm²
 - Cobre blando, semiduro y duro
- Aluminio (AAC)
 - Resiste 15 kg/mm²
 - Frente a corrosión marina se vuelve vidrioso, quebradizo
- Aleación de Aluminio (AAAC)
 - Resiste 28 kg/mm²
 - Aleación con Mg y Si

MATERIALES USADOS EN CONDUCTORES EN LÍNEAS AÉREAS

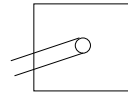
- Aleación de Aluminio (AAAC)
 - Recibe nombres como: Aldrey (Suiza), Arvidal (Canadá), Almelec (Francia), Silmalec (Gran Bretaña)
 - Se corroe en presencia de medios nitrosos (se debe impregnar con grasa neutra especial)
 - Existe problemas cuando pasa entre el trefilado y recocido en la fabricación



Trefilado



Recocido

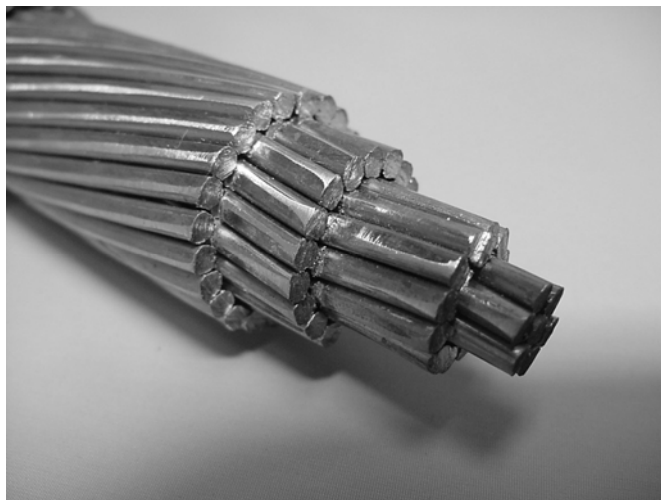


Trefilado

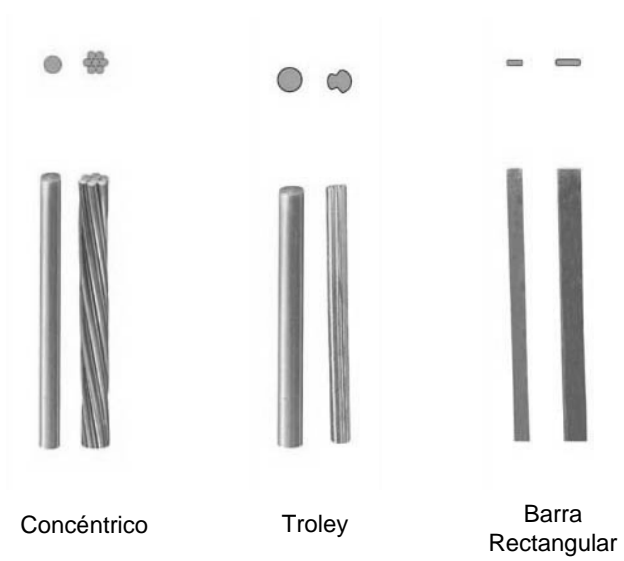


Recocido

MATERIALES USADOS EN CONDUCTORES EN LÍNEAS AÉREAS - Cobre



MATERIALES USADOS EN CONDUCTORES EN LÍNEAS AÉREAS - Cobre



MATERIALES USADOS EN CONDUCTORES EN LÍNEAS AÉREAS - AAC



Alambres de Aluminio



Alambrones de Aluminio

MATERIALES USADOS EN CONDUCTORES EN LÍNEAS AÉREAS - AAC



7 Strand 19 Strand 37 Strand 61 Strand 91 Strand

Aluminio Desnudo

MATERIALES USADOS EN CONDUCTORES EN LÍNEAS AÉREAS - AAAC



7 Strand 19 Strand 37 Strand 61 Strand 91 Strand

Aleación de Aluminio Desnudo

PROBLEMAS DE CORROSIÓN CON EL AAAC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Diagnóstico de la falla:

Alambres fragilizados por acción corrosiva del medio ambiente.

Corrosividad activada aún más por alta densidad de precipitados complejos del material del alambre que tienen carácter electropositivo respecto de la matriz de aleación.

PROBLEMAS DE CORROSIÓN CON EL AAAC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Recomendaciones:

- Investigar el tratamiento térmico más adecuado para los alambres del cable de modo de lograr retardar la velocidad de corrosión, determinando el diámetro y densidad óptimos de los precipitados.
- Investigar la posibilidad de cambiar los elementos de aleación del material de los alambres de modo que se mantengan sus características para uso eléctrico.

PROBLEMAS DE CORROSIÓN CON EL AAAC

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA

Conclusiones:

El mecanismo de corrosión acelerado es como consecuencia de:

- La gran variedad de partículas precipitadas que originan con respecto a la matriz de aluminio diferencias de potencial lo suficientemente altas como para generar corrosión electrolítica.

PROBLEMAS DE CORROSIÓN CON EL AAAC

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA

El mecanismo de corrosión acelerado es como consecuencia de:

- La gran cantidad de tensiones internas acumuladas por efecto del trefilado (deformación plástica en frío), observaciones realizadas en los hilos de sección longitudinal, los cuales constituyen el mecanismo de corrosión bajo tensiones.

PROBLEMAS DE CORROSIÓN CON EL AAAC

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA

El mecanismo de corrosión acelerado es como consecuencia de:

- El medio ambiente, específicamente las zonas cercanas a ambientes nocivos, se observa por la presencia de cloruros que aceleran el mecanismo de corrosión.

PROBLEMAS DE CORROSIÓN CON EL AAAC

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA

Recomendaciones:

- Hacer un estudio del medio ambiente donde se están empleando y se planean utilizar estos cables.
- Reducir las tensiones internas, con el fin de no acelerar más la corrosión, lo cual significa reducir el porcentaje de reducción final así como el ángulo de la hilera, si éste fuera el no indicado.

PROBLEMAS DE CORROSIÓN CON EL AAAC

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA

Recomendaciones:

- Con el fin de actuar sobre los precipitados finales, establecer el mecanismo correcto de calentamiento y enfriamiento, ya que durante éste último es que se da lugar a la presencia de los precipitados en cantidad y forma y a su vez la incremento de la conductividad eléctrica.

PROBLEMAS DE CORROSIÓN CON EL AAAC

NOKIA METAL INDUSTRIES

Conclusiones:

- El conductor está fuertemente corroído. En los alambres se observan quiebras en varios lugares. En la superficie de todo el conductor, pero especialmente entre los alambres, se observan productos de la corrosión.

PROBLEMAS DE CORROSIÓN CON EL AAAC

NOKIA METAL INDUSTRIES

Conclusiones:

- Los productos de la corrosión tienen color gris y al romperlos forman como agujas triangulares y duros. En cambio, en el interior del conductor hay un polvo blanco que no se adhiere al metal.
- Los productos de la corrosión tienen compuestos insolubles de silicio. Estos contienen 0,5 – 1% de una materia orgánica parecida a grasa.

PROBLEMAS DE CORROSIÓN CON EL AAAC

NOKIA METAL INDUSTRIES

Conclusiones:

- Los productos de corrosión contienen multitud de materia ajena al aluminio, son materiales que corroen al aluminio. Esto nos muestra que el conductor ha sido instalado en un ambiente muy corrosivo. El contenido de NaCl es alto.

PROBLEMAS DE CORROSIÓN CON EL AAAC

NOKIA METAL INDUSTRIES

Mecanismo de corrosión:

- A la superficie se adhieren del ambiente partículas ajenas como polvo, arena, sal, etc. de esta manera el conductor se cubre con una masa que se junta entre los alambres. Una masa en la cual al final hay muy poca grasa pero mucha materia ajena y productos de la corrosión del aluminio.

PROBLEMAS DE CORROSIÓN CON EL AAAC

NOKIA METAL INDUSTRIES

Mecanismo de corrosión:

- La masa es higroscópica e impide que el aluminio seque tras una lluvia. Al secarse la masa se rompe formando fisuras que abren el paso al aluminio puro. De esta manera hay tanto corrosión general como local en forma de puntos.

PROBLEMAS DE CORROSIÓN CON EL AAAC

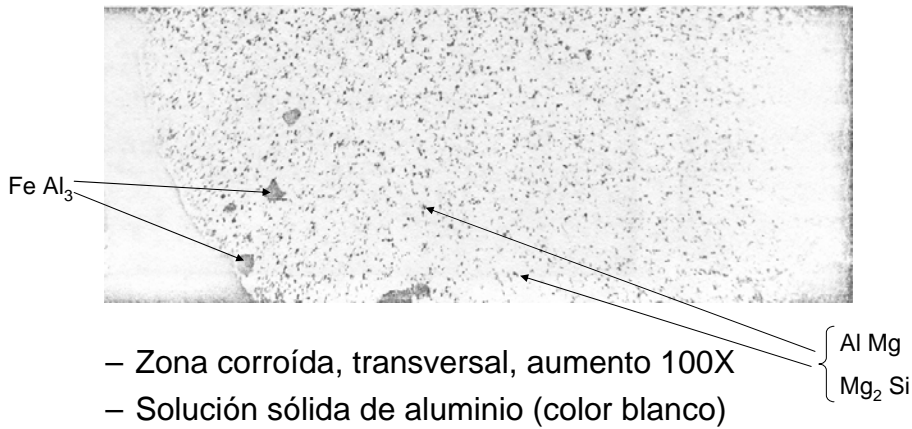
NOKIA METAL INDUSTRIES

Mecanismo de corrosión:

- La masa que cubre al conductor impide que se forme la capa protectora de óxido de aluminio y siendo húmeda, funciona como un electrolito de buena conductividad. La corrosión local de los alambres fácilmente crece tanto que al final los alambres se ponen frágiles y se quiebran

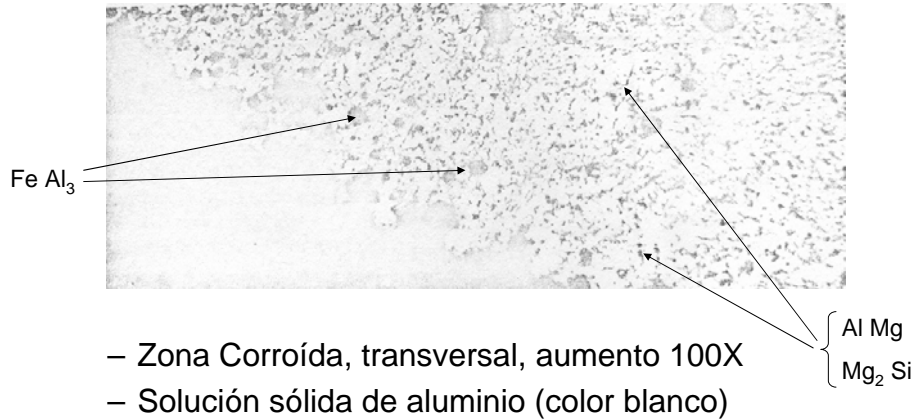
PROBLEMAS DE CORROSIÓN CON EL AAAC

- Aleación de Aluminio (AAAC)
 - Problemas de corrosión galvánica



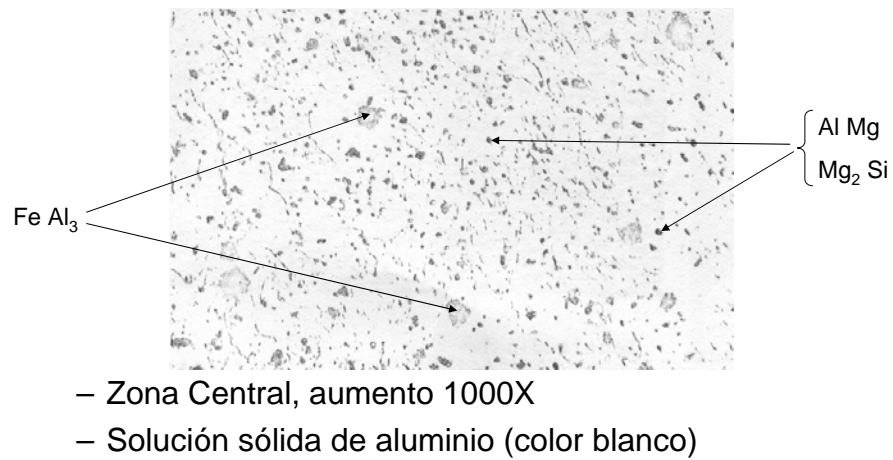
PROBLEMAS DE CORROSIÓN CON EL AAAC

- Aleación de Aluminio (AAAC)
 - Problemas de corrosión galvánica



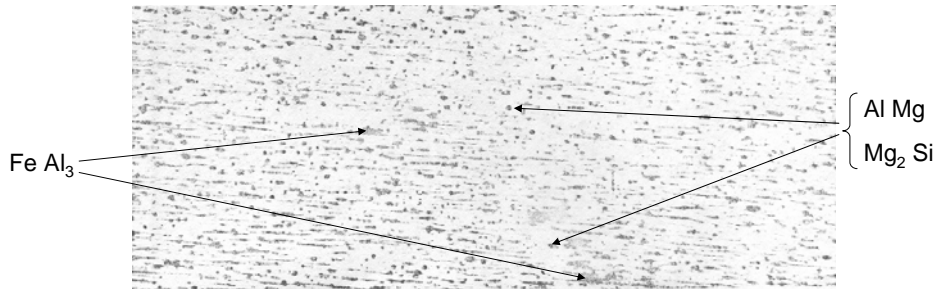
PROBLEMAS DE CORROSIÓN CON EL AAAC

- Aleación de Aluminio (AAAC)
 - Problemas de corrosión galvánica



PROBLEMAS DE CORROSIÓN CON EL AAAC

- Aleación de Aluminio (AAAC)
 - Problemas de corrosión galvánica



- Zona Longitudinal, aumento 200X
- Solución sólida de aluminio (color blanco)

MATERIALES USADOS EN CONDUCTORES EN LÍNEAS AÉREAS

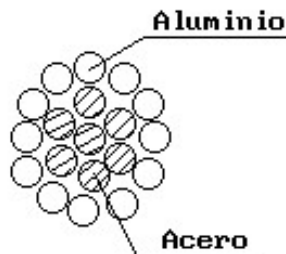
- Aleación de Aluminio (AAAC)
 - Las normas IEC especifican una aleación de más de 0,5% de Mg y más de 0,5% de Si, el resto es aluminio
 - Las normas IEC especifican los porcentajes aceptados de otros metales
 - Las variaciones entre aleaciones producen esfuerzos entre 28 a 32 kg/mm²
 - En ambientes altamente corrosivos deben ser impregnados con grasa neutra especial

MATERIALES USADOS EN CONDUCTORES EN LÍNEAS AÉREAS

- Trenzas de acero
 - Resiste 180 kg/mm^2
 - Se emplea como cable de guarda y en retenidas (acero galvanizado)
 - El cable de guarda no es de uso frecuente en redes de distribución, estudios indican la conveniencia económica de usar pararrayos en lugar de cable de guarda hasta 33 kV
 - En ocasiones los pararrayos se reemplazan por coordinación de descargadores de cuerno y recerradores (reclosers)

MATERIALES USADOS EN CONDUCTORES EN LÍNEAS AÉREAS

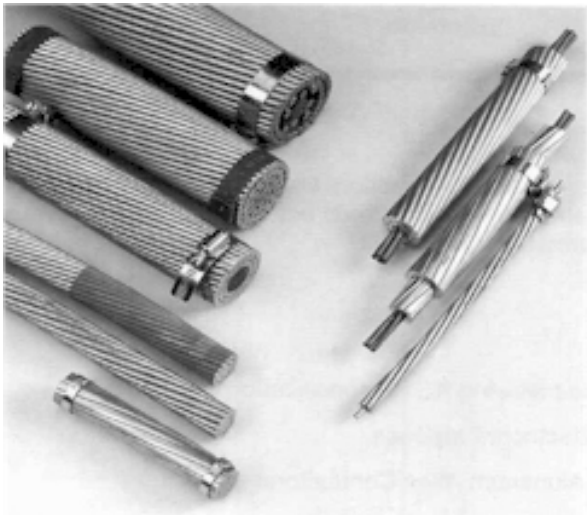
- Aluminio Acero (ACSR)
 - ACSR = Aluminium Conductor Steel Reinforced



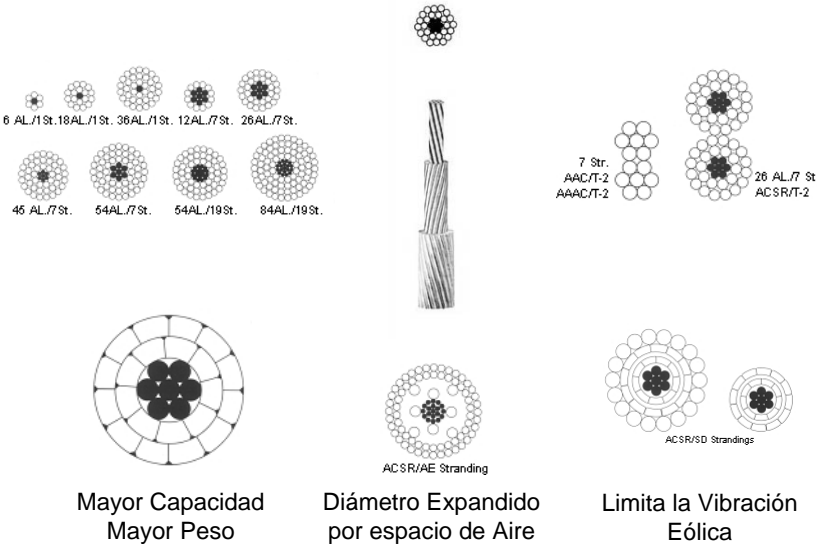
- El paquete acero-aluminio resiste aprox. 32 kg/mm^2
- Produce reacción galvánica (corrosión) entre los metales en atmósfera salina

MATERIALES USADOS EN CONDUCTORES EN LÍNEAS AÉREAS - ACSR

AAAC y ACSR



MATERIALES USADOS EN CONDUCTORES EN LÍNEAS AÉREAS - ACSR

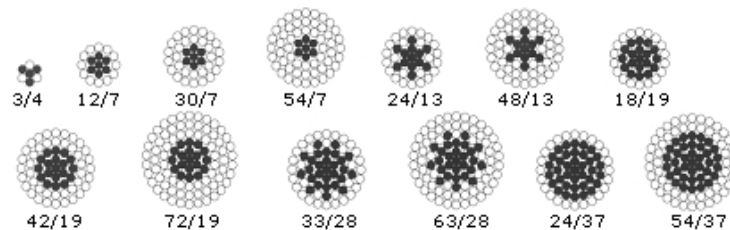


MATERIALES USADOS EN CONDUCTORES EN LÍNEAS AÉREAS

- ACAR
 - Similar al ACSR, el acero se reemplaza por aleación de aluminio eliminando condición para corrosión
- COPPERWELD
 - Acero recubierto con cristales de cobre que penetran las hebras del acero, forma capa que evita corrosión
- ALUMOWELD
 - Acero recubierto con cristales de aluminio

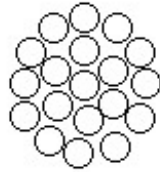
Los dos últimos se emplean como cable de guarda y para retenidas

MATERIALES USADOS EN CONDUCTORES EN LÍNEAS AÉREAS - ACAR



FORMACIÓN DE LOS CONDUCTORES

- Hilos concéntricos cuyas capas se desplazan en forma helicoidal y sentido inverso una de otra



hilos

$$1 + 6 = 7$$

$$7 + 12 = 19$$

$$19 + 18 = 37$$

$$37 + 24 = 61$$

$$61 + 30 = 91$$

Igual diámetro de cada hilo

- En su especificación indicar número de hilos, normalmente 1, 7 ó 19 hilos

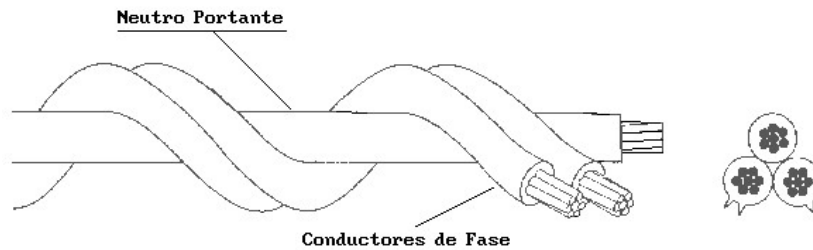
COMPARACIÓN SEGÚN CONDUCTIBILIDAD

	Cu	AAC	AAAC	ACSR		Copperweld
				26/7	54/7	
Sección	100	161	180	187	180	300-250
Diámetro	100	127	135	137	134	180-160
Esf. de rotura	100	77	155	145	130	Según acero
Peso	100	48,8	55	71	68	300-230

Tomando en comparación el cobre

CABLES AUTOSOPORTADOS O AUTOPORTANTES

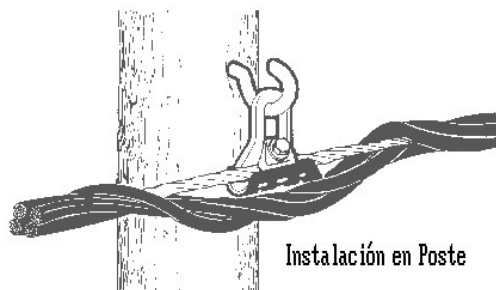
- Paquete de cables montados alrededor de un cable neutro portante o cable guía



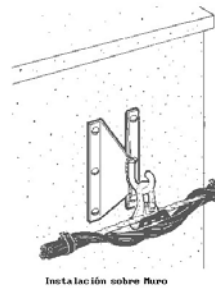
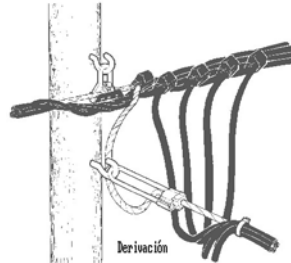
- Neutro portante aislado o cable desnudo de acero, ACSR o aleación de aluminio

CABLES AUTOSOPORTADOS O AUTOPORTANTES

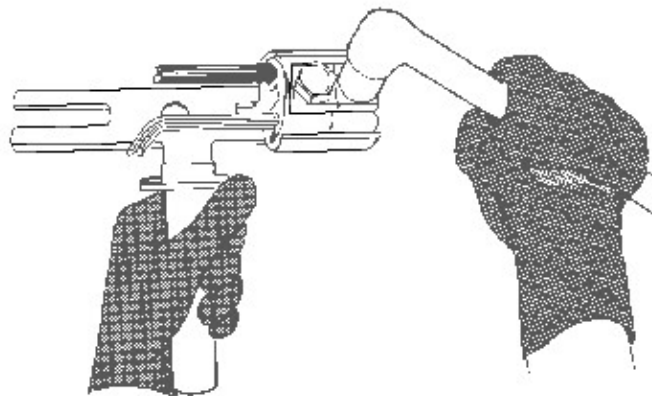
- Se emplea en media y baja tensión
- Se ha usado en MT en Cajabamba (Cajamarca) con cable NYSY
- En BT se ha usado en Mantaro, Ica y Cusco, su uso se ha difundido a nivel nacional



CABLES AUTOSOPORTADOS O AUTOPORTANTES



CABLES AUTOSOPORTADOS O AUTOPORTANTES



Trabajos con Tensión

CABLES AUTOSOPORTADOS O AUTOPORTANTES

- **Ventajas:**
 - Ahorra entre 20 a 30% del sistema convencional
 - Ahorro mayor si se instala en muros, superando dificultades con calles no rectas
 - Mayor seguridad con conductores desnudos en red primaria, evita cortocircuitos provocados por elementos que se enredan en ellos y la humedad
 - Menor caída de tensión por menor reactancia
- **Desventajas**
 - Perú no tiene aluminio, se fabrican secciones hasta 25 mm² en Cu
 - Se debe reemplazar el cable por asentamiento

AISLAMIENTO DE CONDUCTORES

- Se usa polietileno ordinario, polietileno especial (PVC – policloruro de vinilo) o polietileno reticulado

70° C Polietileno ordinario

90° C Polietileno especial

90° C Polietileno reticulado

SELECCIÓN DE CONDUCTORES

- Tener presente el medio ambiente
- Se tiene mala experiencia con aleación de aluminio y ACSR en la costa peruana
- Emplear grapas bimetálicas cuando se une cobre con aluminio (Cu es electropositivo con respecto al aluminio)
- Las líneas de transmisión son por lo general con conductor desnudo (problemas con humo sulfuroso, caso Chimbote)
- En sierra y selva no hay dificultad con material, sólo limpieza por presencia de moho (selva)