

ELECTRIFICACIÓN DE MINAS DE CARBÓN

¿Por qué ELECTRIFICAR?

LAS DIFERENTES ENERGÍAS EN LA MINA

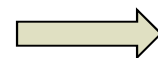
- Energías en la mina (neumática, eléctrica, hidráulica).
- Rendimiento de la energía eléctrica respecto a la energía neumática es: 8/1
- Energía, generación: E.E./90% A.C./70%.
- Transporte: E.E./90% A.C./60% (fugas + pérdidas de carga tuberías).
- Rendimiento (Motores-Maquinas) E.E./85% A.C./20%
- Por tanto:

$$A.C.=0,7 \times 0,6 \times 0,2=0,084$$



8,4% Rendimiento

$$E.E.=0,9 \times 0,9 \times 0,85=0,70$$



70% Rendimiento

RIESGOS ASOCIADOS A LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE INTERIOR DE MINAS DE CARBÓN

- Explosión
- Incendio
- Electrocutación
- Disfunciones y falsas maniobras

RIESGO DE EXPLOSION

- En el carbón tenemos metano CH₄.
- Entre 5% y 15% es explosiva.
- Por debajo del 5% arde.
- Por encima del 15% ni explosiona ni arde por falta de oxígeno.
- Entre el 8.3 % y el 9.5% tiene su máxima peligrosidad.
- Límite para uso eléctrico 1.5%.
- También el polvo de carbón puede inflamarse y producir una explosión de características más violentas que la explosión de metano.
- Límite de temperatura para riesgo de incendio de polvo de carbón 150°C.

METODOS DE PROTECCION FRENTE AL METANO

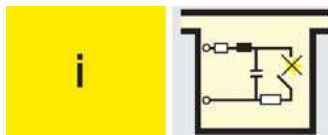
- Foco de inicio puede tener distintos orígenes (chispas mecánicas, chispas eléctricas, explosivo,..)
- **Modos de protección eléctricos** frente a gases explosivos.

Separar de la atmosfera explosiva. (m)

Confinar una eventual explosión. (d)

Reducir la energía. (i)

Impedir la aparición de chispas y arcos eléctricos. (e)



Seguridad intrínseca



Seguridad aumentada



Encapsulado



Envolvente antideflagrante

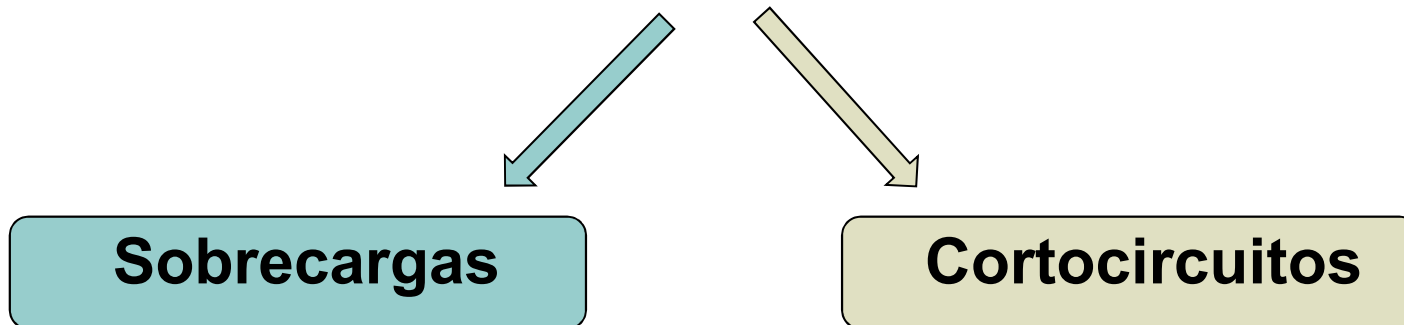
METODOS DE PROTECCION FRENTE AL POLVO DE CARBÓN

- Proteger los equipos frente al **ingreso del polvo** a su interior.
- **Limitar** la temperatura.
- Esto se consigue dotando a los equipos eléctricos de un “**grado de protección**” (IP).

INCENDIOS DE ORIGEN ELÉCTRICO.

- En la mina existe todo tipo de material combustible, desde el carbón, hasta madera, aceites, grasas, plásticos.
- Un incendio en la mina puede ser **más devastador** que una explosión, su duración es mucho mayor y su extinción mas difícil.

Principales causas eléctricas de incendio en la mina



MÉTODOS PARA LA PREVENCIÓN DE INCENDIOS

- Las reglas afectan tanto al diseño de la instalación como a su operación y mantenimiento:
- Adecuada **selección de los cables**.
- Correcta regulación de las **protecciones** de sobrecarga y cortocircuito.
- Cuidado en la **colocación y manejo** de los cables.
- Evitar el almacenamiento de **materiales extraños** (papeles, etc.), dentro de armarios y equipos eléctricos.
- Vigilar la **refrigeración** de los equipos eléctricos.

ELECTROCUCIÓN

- El paso de la corriente eléctrica por el cuerpo humano puede producir diferentes efectos fisiológicos, desde un simple calambre hasta la muerte.
- Estos efectos dependen de diferentes factores:
 - la intensidad de la corriente.
 - el tiempo de duración.
 - el camino de recorrido por el cuerpo humano.
 - el peso y constitución de la persona.
- Se fija como **tensión de seguridad** la de 50 voltios en ambientes secos y 24 v en emplazamientos húmedos.

ELECTROCUCIÓN, TIPOS DE CONTACTOS

- Se pueden considerar dos tipos de contactos:

Contacto directo, es el contacto con una parte activa de la instalación, (un bornero de conexiones, un embarrado, un cables pelado,..), es el mas peligroso y la única forma de prevención **es evitar que se produzca**.

Contacto indirecto, es el que se produce al tocar una parte metálica cualquiera, que normalmente no debería estar en tensión, y que por causas de un **defecto a tierra** de la red presenta un potencial determinado respecto a tierra.

- Sobrecarga de origen atmosférico.

PROTECCIONES CONTRA ELECTROCUCIÓN

- Contra contactos directos:
 - **Encerrar** las partes activas en una envolvente con un grado de protección adecuado.
 - **Aislar** las partes activas impidiendo acceso directo.
 - **Alejar** las partes activas de la instalación
- Contra contactos indirectos:
 - Garantizar que un defecto a tierra de una máquina, no llegue a alcanzar un potencial peligroso, se consigue colocando una adecuada **puesta a tierra** de los equipos.
 - Disponer de **protecciones eléctricas** que provocan la desconexión cuando detectan el defecto.

DISFUNCIÓN O FALSAS MANIOBRAS

- En muchas ocasiones las máquinas tienen **arranques automáticos**, (cintas transportadoras), o **arranques a distancia**. o **enclavamientos** con otras máquinas. esto hace que en ocasiones puedan ser posibles **arranques intempestivos** que pueden producir accidentes.
- Para prevenir estas situaciones debemos actuar sobre:
 - El **diseño** de los circuitos de mando y control.
 - Mantener en perfecto estado los sistemas de **preaviso de arranque, señalizaciones y paradas de emergencia**.
 - **Impedir** el acceso de las personas a las máquinas.
 - En las operaciones de **mantenimiento** no modificar o anular ninguna protección.

CONCLUSIONES

- Las instalaciones eléctricas de las minas presentan un fuerte potencial de accidentes de distinta naturaleza, desde una explosión a un incendio, una posible electrocución o un arranque intempestivo de una máquina.
- Para evitar todos estos riesgos, existen medidas técnicas, y para que resulten efectivas tienen que ser tenidas en cuenta:
 - **Diseño.**
 - **Montaje**
 - Un correcto **mantenimiento** en toda la vida útil de la instalación.

MODOS DE PROTECCION CONTRA ATMOSFERAS EXPLOSIVA

- El empleo de material eléctrico en presencia de una atmosfera potencialmente explosiva puede dar lugar a una explosión.
- La causa pueden ser:
 - **Calentamientos** en la superficie o puntos del interior de los equipos.
 - **Arcos o chispas** producidas en la apertura y cierre de circuitos.
- Para evitar esto los aparatos instalados en atmosferas potencialmente explosivas, deben estar contruidos según determinadas técnicas que impidan esas circunstancias.
- Estas técnicas se denominan “**modos de protección**”

MODOS DE PROTECCIÓN

Descripción	Símbolo
Envolventes antideflagrantes	“d”
Seguridad aumentada	“e”
Seguridad intrínseca	“i”
Encapsulado	“m”
Inmersión en aceite	“o”
Sobrepresión interna	“p”
Relleno pulverulento	“q”
Antichispas	“n”
Respiración restringida	“r”
Sellado hermético	“h”
Protección especial	“s”

GRUPO DE GASES

- Grupo I: minas con metano.
- Grupo II: resto de atmosferas explosivas.
- Dentro del grupo II se distinguen tres subgrupos a, b, c, en función de la energía necesaria para su inflamación.
 - ▶ Grupo IIa: metano, propano, butano, benceno,....
 - ▶ Grupo IIb: etileno, éteres, gas de coque,....
 - ▶ Grupo IIc: hidrogeno, acetileno,.....
- Los grupos “c” son los mas sensibles, y por tanto los mas peligrosos al ser mas facil su inflamación.

TEMPERATURA SUPERFICIAL

- Cualquier gas combustible puede inflamarse si está en contacto con un equipo cuya temperatura esté por encima de la de temperatura mínima de ignición.
- Complementan el “modo de protección”, todo equipo eléctrico que opere en una atmosfera potencialmente explosiva ha de ser seguro también en este aspecto.
- Por este motivo, equipos eléctricos y gases han de conjugarse en cuanto a clasificación por temperaturas.
- Para ello se definen unas “clases de temperatura” que sirven para clasificar el equipo según la máxima temperatura superficial que puede llegar a alcanzar.

CLASES DE TEMPERATURA

Clase de temperatura	Temperatura máxima superficial del equipo
T1	450°C
T2	300°C
T3	200°C
T4	135°C
T5	100°C
T6	85°C

- Todo equipo para mina ha de tener al menos T1 por el metano, pero si tiene polvo de carbón será T4.
- La temperatura de ignición del metano es de 537° C, la de inflamación del polvo de carbón a partir de 180° C, según condiciones.

MARCADO DE EQUIPOS

- 1.-Nombre del fabricante.
- 2.-Referencia del equipo.
- 3.-Ex o EEx según normas, son válidos los dos.
- 4.-Modo de protección.
- 5.-Grupo I o II (Minería del carbón o Industria)
- 6.-Clase de temperatura.
- 7.-Número de fabricación.
- 8.-Siglas del laboratorio certificador.
- 9.-Número de certificación.
- 10.-Marcado complementario.



Nombre del fabricante

Referencia del equipo

Modo de protección "Ex ia I"

Sigla "Ex"



Grupo "I M1"



DIRECTIVA “ATEX”

- Sustituye a las directivas anteriores, es una directiva europea “ATEX”. el mercado de equipos cambia, los aparatos y sistemas se clasifican en categorías, para minería (grupo I) las categorías son dos:
- **M1**, que presenta un nivel de protección muy alto, los aparatos de esta categoría podrán permanecer operativos en presencia de metano.
- **M2**, que presentan un nivel de protección alto, estos aparatos deberán desconectarse en presencia de atmosfera explosiva.

GRADOS DE PROTECCION

- “Grado de protección” (**IP**) de una envolvente o material eléctrico es el nivel de resistencia de dicha envolvente la entrada de cuerpos sólidos (polvo), al ingreso de agua, e impactos mecánicos.
- El grado de protección de una envolvente se especifica con las siglas **IP d1 d2 d3** ejem **IP549**.
- **d1** indica la protección frente a la entrada de cuerpos sólidos.
- **d2** protección contra entrada de agua.
- **d3** proteccion mecánica contra impactos.
- En frentes de arranque y avances de minas los equipos deberán ir dotados de **IP549**, en otros emplazamientos de la mina el grado de proteccion puede ser menos exigente.

MODOS DE PROTECCION “ENVOLVENTE ANTIDEFLAGRANTE”

- Es el modo de protección en el cual el material eléctrico capaz de inflamar una atmosfera explosiva está contenido en una envolvente resistente a la presión de una eventual explosión interna, al mismo tiempo que impide que dicha explosión se propague a la atmosfera circundante externa a la envolvente.



“ENVOLVENTE ANTIDEFLAGRANTE” EQUIPOS ELECTRICOS QUE LO UTILIZAN

- Motores (en la caja de bornes seguridad aumentada).
- Transformadores.
- Elementos de aparamenta (cofres, interruptores,...
- Luminarias y elementos de alumbrado.
- Equipos y elementos de circuitos de mando y señalización.
- Cajas de empalme y derivación.
- Entradas de cables, conectores y tomas enchufables.

ENVOLVENTE ANTIDEFLAGRANTE MOTORES



ENVOLVENTE ANTIDEFLAGRANTE COFRE DE TAJO



“ENVOLVENTE ANTIDEFLAGRANTE” MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS ELECTRICOS

- Comprobar la **integridad mecánica**, (tornillos, ...
- Las **juntas** deben estar limpias, sin grasa ni pinturas.
- Las **entradas de cables** deben estar apretadas y los cables correctamente instalados.
- Los **conectores y tomas enchufables** correctanente montados .
- **Todos los orificios** de la envolvente han de estar adecuadamente cerrados mediante tapones y placas de obturación suministradas por el fabricante.
- Evitar **acumulaciones de polvo** sobre el cofre.
- No realizar **ninguna modificación**.
- Utilizar siempre **repuestos originales** suministrados por el fabricante.

MODOS DE PROTECCIÓN “SEGURIDAD AUMENTADA”

- Es el modo de protección consistente en aplicar ciertas medidas con el fin de evitar, con un **coeficiente de seguridad elevado**, la posibilidad de temperaturas excesivas y la aparición de arcos o chispas en el interior y sobre las partes externas del material eléctrico que en condiciones de servicio normal no se produzcan.
- Es decir, la seguridad se basa, no en las características de la envolvente, sino en el diseño de los componentes del interior del equipo, se hace de forma que no se pueda llegar a generar nunca una explosión en su interior. de hecho se transmitiría al exterior.

“SEGURIDAD AUMENTADA” MEDIDAS DE DISEÑO

- Las medidas a tener en cuenta en el diseño de un equipo de seguridad aumentada son dos:
 - Asegurar que no aparezcan los arcos o chispas
 - Asegurar la no existencia de temperatura elevada.
- Para ello en el diseño de estos equipos se sobredimensionan ciertas características de los elementos que lo componen, tales como:
 - **Distancia al aire.**
 - Distancias superficiales o **líneas de fuga.**
 - Categoría y espesor de los **aislantes.**
 - Secciones de las **partes conductoras.**
 - Diseño especial de **bornas**, para reducir riesgo de aflojamiento.
 - Un **IP 54x** para evitar el ingreso de polvo y agua en su interior, **alto grado de estanqueidad.**

“SEGURIDAD AUMENTADA” EQUIPOS Y USOS MAS CORRIENTES

- La ventaja de los equipos de seguridad aumentada respecto a los antideflagrantes es fundamentalmente su menor costo.
- No es aplicable en materiales o equipos que en servicio normal produzcan chispas (interruptores, reles, motores de escobillas.
- Las aplicaciones mas usadas son:
 - Equipos con devanados pero sin contactos móviles (transformadores, motores)
 - Cajas de conexión y derivación,
 - Luminarias fluorescentes, resistencias de caldeo
 - Electroimanes
 - Indicadores de equipos de medidas (voltímetros, amperímetros,.....)

“SEGURIDAD AUMENTADA” MANTENIMIENTO

- Dado el principio de este modo, resulta evidente que es fundamental mantener el interior del equipo en perfecto estado de limpieza y mantener el grado de estanqueidad (IP).
- Para ello los principales puntos a tener en cuenta son:
 - Mantener el interior de los equipos **limpios** de polvo, humedad y objetos extraños (tornillos, planos....)
 - Estado de las **juntas de goma** de las tapas y puertas.
 - Observar si hay **deformaciones** por causas mecánicas
 - La ejecución de las **entradas de cable**.
 - Las **conexiones** serán siempre las originales.
 - El ajuste de las **protecciones eléctricas** será el adecuado, (evitar calentamientos).

MODOS DE PROTECCIÓN “SEGURIDAD INTRINSECA”

- El método consiste en **limitar la potencia** disponible en un circuito eléctrico de forma que las chispas, arcos y puntos calientes que este circuito sea capaz de producir en condiciones de funcionamiento normal, o incluso en caso de defecto, libere una energía **por debajo del umbral mínimo necesario** para inflamar la mezcla.
- Existen dos categorías:
- **Ex ia**, es el de mayor nivel de seguridad.
- **Ex ib**, supone un nivel de seguridad un poco menor.
- Es el modo mas seguro de todos ya que no depende de envolventes, sino del circuito eléctrico.
- Es el único modo que podría permanecer activo **por encima del 1,5% de metano**, según reglamento.

“SEGURIDAD INTRINSECA” PRINCIPIOS DE DISEÑO DE EQUIPOS

- A la hora del diseño de un circuito de seguridad intrínseca, para limitar la energía del mismo se adoptan tres principios básicos:
 - ▶ Se limitan, las **fuentes de alimentación**, los valores máximos de **tensión e intensidad**.
 - ▶ Se limita la utilización de **elementos almacenadores de energía**, tales como **condensadores e inductancias**.
 - ▶ Deben de separarse de otros circuitos.

“SEGURIDAD INTRINSECA” PRINCIPALES USOS Y APLICACIONES

- Se utiliza en equipos que no requieran mucha potencia eléctrica para su funcionamiento:
 - ▶ Equipos portátiles de **medición de gases**.
 - ▶ **Instalaciones y equipos de medición** y control de gases fijas.
 - ▶ **Equipos de mando, señalización y protección** asociados a equipos con otro modo de protección, (cofres antideflagrantes).
 - ▶ En instalaciones “d” para usar estos equipos se incorpora una barrera “d” a “i”.

“SEGURIDAD INTRINSECA” MANTENIMIENTO Y REPARACIONES

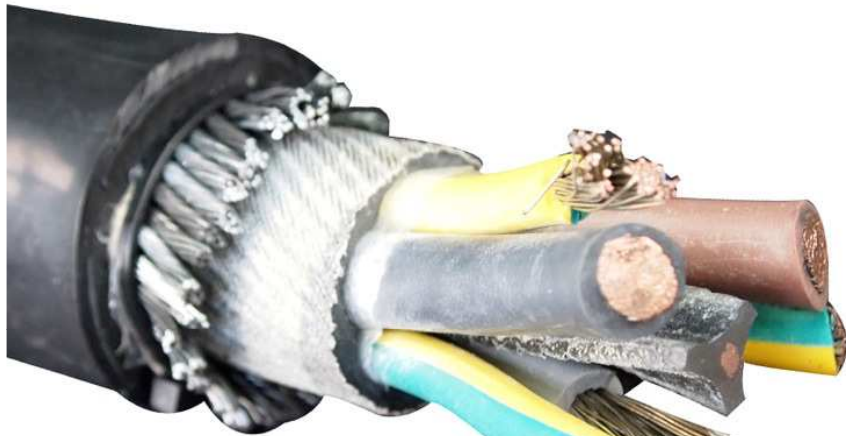
- La correcta ejecución de las operaciones de mantenimiento es fundamental para que los equipos conserven el modo de protección.
- Reparaciones en mina:
 - Mantener el **grado de protección** IP54.de las envolventes.
 - Mantener **limpios** los interiores de los equipos.
 - Aunque se admite, **no trabajar bajo tensión**.
 - **No sustituir** por elementos que no sean idénticos.
- Reparaciones en el taller:
 - **Reparaciones mecánicas** de la envolvente.
 - **Sustitución de piezas** suministradas por el fabricante.

CABLES ELÉCTRICOS PARA MINAS

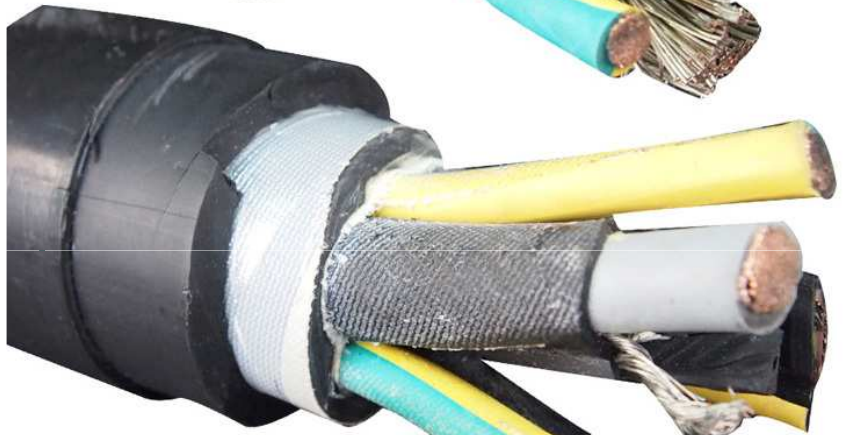
- Los cables eléctricos aislados constituyen el medio para el transporte de la energía eléctrica hasta los distintos servicios y receptores finales. de todos los componentes que forman las instalaciones eléctricas del interior de la mina, son los únicos que **no están dotados de modo de protección**.
- Esto quiere decir que si se llega a producir en el cable un defecto que origine arcos, chispas, llamas o puntos calientes, **no existe ningún medio o protección adicional que impida la inflamación de la atmosfera circundante**, incluso explosión o incendio si se dan las condiciones para ello.

CABLES ELÉCTRICOS PARA MINAS COMO PROTEGERLOS

- La única forma de protección posible, es evitar que se produzcan esos arcos o chispas y para ello disponemos de los siguientes elementos:
- La **protección mecánica** propia de los cables (armaduras, cubiertas,..) contra aplastamientos o caídas de piedras sobre ellos.
- Una adecuada **selección de la sección y aislamiento** de los cables.
- Unas correctas **protecciones eléctricas**, ajustadas.
- Los **elementos de desconexión** apropiados y debidamente situados para eliminar lo mas rápidamente posible los defectos que se lleguen a presentar.



Cable semiflexible



Cable flexible



Cable armado



CABLES ELÉCTRICOS PARA MINAS ELEMENTOS Y MATERIALES CONSTRUCTIVOS DE LOS CABLES (CONDUCTORES)

- Conductores.
 - Conductor principal o de fase activa.
 - Conductor de protección (conductor de tierra).
 - Conductores piloto.
 - Conductores pantalla.

El material de este conductor por normativa para minas de carbón ha de ser el cobre.

CABLES ELÉCTRICOS PARA MINAS ELEMENTOS Y MATERIALES CONSTRUCTIVOS DE LOS CABLES (AISLAMIENTOS)

- Aislamientos normalizados:
 - Policloruro de vinilo (pvc), (cables rígidos armados).
 - Goma de etileno propileno (epr) (cables flexibles).
 - Polietileno (pe), (cables de telecomunicaciones).
 - Polietileno reticulado (xlpe), (cables de alta tensión).

CABLES ELÉCTRICOS PARA MINAS ELEMENTOS Y MATERIALES CONSTRUCTIVOS DE LOS CABLES (PANTALLAS)

- Pantallas, son los forros de material conductor que tienen la función de establecer una separación eléctrica entre los distintos componentes de un cable, o entre este y el exterior, pueden ser de:
 - Una trenza de conductor de **cobre**.
 - Una trenza **cobre-textil**.
 - Una capa **semiconductora**.
 - Una lamina de **aluminio**.

En los cables flexibles, que no tienen armadura, las pantallas permiten disponer de una protección contra defectos mecánicos.

CABLES ELÉCTRICOS PARA MINAS ELEMENTOS Y MATERIALES CONSTRUCTIVOS DE LOS CABLES (RELLENOS, CUBIERTAS EXTERIORES)

- Rellenos, se incorporan para mejorar la simetría y la forma del cable. suelen ser de goma.
- Cubiertas interiores, los cables armados y apantallados incorporan una cubierta interior como “asiento de armadura” para agrupar los conductores y dar forma al cable, mejora la estanqueidad del cable.

CABLES ELÉCTRICOS PARA MINAS ELEMENTOS Y MATERIALES CONSTRUCTIVOS DE LOS CABLES (RELLENOS, CUBIERTAS EXTERIORES)

- Armaduras, funciones:
 - Conferir al cable una notable resistencia a la tracción.
 - Proteger al cable contra golpes y aplastamientos.
- Cubiertas exteriores, pueden ser:
 - Policloruro de vinilo (pvc).
 - Policloropeno o neopreno.
 - Politenos clorosulfurados o Hypalon

CABLES ELÉCTRICOS PARA MINAS

CARACTERÍSTICAS DE LOS CABLES

- Los cables eléctricos de mina se caracterizan en función de una serie de parámetros:
 - Tensión nominal. (0,6/1kv)
 - Uso del cable, (cable de potencia, señalización ...).
 - Tipo constructivo, (armado, flexible,..)
 - Sección y composición.

CABLES ELÉCTRICOS PARA MINAS

TIPOS DE CABLES

- Cables de potencia:
 - Cables armados.
 - Cables rígidos armados.
 - Cables flexibles armados.
 - Cables flexibles
- Cables auxiliares:
 - Cables de mando.
 - Cables de telefonía y señalización.

PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES CONTRA SOBREINTENSIDADES

- Las sobreintensidades pueden ser producidas por:
- Sobrecargas.
- Cortocircuito.

PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES CONTRA SOBRECARGAS

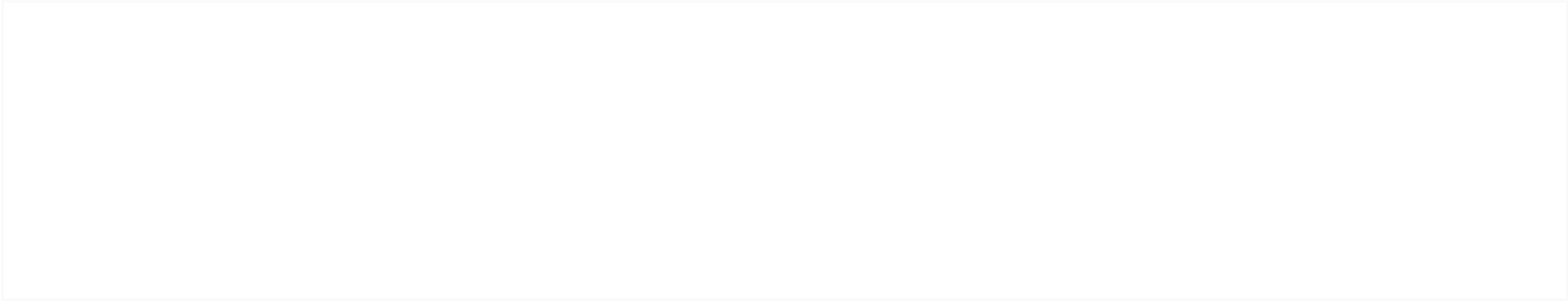
- Las sobrecargas pueden ser producidas por:
 - Un aumento de la potencia mecánica.
 - Una bajada de tensión.
 - Un arranque muy prolongado en motores.
 - La coincidencia de pequeñas sobrecargas.
- Los dispositivos de protección contra sobrecargas se conocen con el nombre de “**relés térmicos**”, pueden ser de distintos tipos (bilamina, reles indirectos, reles electrónicos,...)

PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES CONTRA CORTOCIRCUITOS

- Los cortocircuitos pueden producirse por muchas causas, las más frecuentes son:
 - Deterioro del aislamiento de los cables entre fases.
 - Por una acción mecánica, golpes, caídas de piedras,...
- Los dispositivos para proteger las instalaciones son:
 - Fusibles.
 - Disyuntores.

RIESGOS DE ELECTROCUCIÓN Y SUS PROTECCIONES

- Para contactos directos:
 - La única forma es evitar el contacto, diseñando las instalaciones.
- Contra los contactos indirectos:
 - Puesta a tierra de las masas.
 - Dispositivos de corte automático.
- Instalaciones con neutro aislado.



FIN

muchas gracias