UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

PRODUCTIVIDAD DE LA ENERGÍA EN MINAS DE CARBÓN

POR

ING. VALENTIN ZAVALA BERNAL

TESIS

EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN CON ESPECIALIDAD EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, N.L. MAYO DEL 2000

VZB

PRODUCTIVIDAD DE LA ENERGÍA EN MINAS DE CARBÓN

TM
Z5853
.M2
FIME
2000
Z3

1020130103

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

PRODUCTIVIDAD DE LA ENERGÍA EN MINAS DE CARBÓN

POR

ING. VALENTIN ZAVALA BERNAL

TESIS

EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACIÓN CON ESPECIALIDAD EN PRODUCCIÓN Y CALIDAD

SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, N.L. MAYO DEL 2000

0135-84260

TM
25853
.M2
FIME
2000
23.

FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FECULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

" PRDUCTIVIDAD DE LA ENERGIA EN MINAS DE CARBON"

POR

ING.VALENTIN ZAVALA BERNAL

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD EN PRODUCCION Y CALIDAD

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, NUEVO LEON
A 29 DE MAYO DE 2000

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FECULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

" PRDUCTIVIDAD DE LA ENERGIA EN MINAS DE CARBON"

POR

ING.VALENTIN ZAVALA BERNAL

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA ADMINISTRACION CON ESPECIALIDAD PRODUCCION Y CALIDAD

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, NUEVO LEON
A 29 DE MAYO DE 2000

DEDICATORIA

A MI ESPOSA,

J. Narcedalia montero Rodríguez de Zavala,
Mi gran compañera, quien con su comprensión y cariño me apoya y me alienta siempre a continuar trazando y alcanzando nuevas metas.

A MIS HIJAS,

Gabriela Astrid

Lucia Anahi

Mariel Alejandra

Natalia Analia,

Con amor y el deseo de que continúen su camino de formación educativa; con esfuerzo y dedicación lograran sus objetivos.

AGRADECIMIENTO

A MIS PADRES,

Agapito Zavala Salazar (+), descanse en paz

Ciria Bernal de Zavala (+), descanse en paz

Quienes me trajeron al mundo y me enseñaron el camino de la vida

A MIS HERMANOS

Por darme solvencia económica y alientos para lograr mis anhelos en la vida, en especial a Eva por comprenderme, apoyarme y conducirme.

A MIS AMIGOS

En especial aquellos que han contribuido en mi formación dentro de la vida y me han dedicado algún tiempo para la contemplación, la conversación, la vida en comunidad, fraternizar y ser mejor el estándar de vida.

INDICE

1.- Introducción.

1.1 Objetivos general del trabajo.

2.- La productividad ideal general.

2.1 Que es la productividad.

2.2 El objetivo de mejorar la productividad.

2.3 La importancia de mejorar la productividad.

2.4 Productividad contra inflación.

2.5 Factores que influyen en la productividad.

2.6 Productividad y calidad.

2.7 Oportunidad para mejorar la productividad.

2.8 Efecto de la productividad en la sociedad.

3.- La energía en la mina.

3.1 La electrificación del interior.

3.1.1 Introducción.

3.1.2 Ventajas de la electricidad.

3.1.3 Dificultades encontradas en la electrificación.

3.1.4 Corriente continua.

3.1.5 Fuerza electromotriz y diferencia de potencial

3.1.6 Corriente alterna.

3.1.7 Rectificadores.

3.1.8 Condensadores.

3.1.9 Inductancia.

3.1.10 Potencia.

3 1.11 Esquema eléctrico general de una mina

3 1.12 Estudio de seguridad.

4.- Cables eléctricos en la mina.

4.1 Tipo de cables.

4.2 Clasificación de los cables.

4.3 Descripción de los cables de minas.

4.4 Selección de cables.

4.5 Cables instalados.

4.6 Conclusiones concernientes a la elección de cables.

5.- Aparatos eléctricos en la mina.

5.1 Transformadores.

5.2 Aparatos de interrupción para baja tensión.

5.2.1 seccionadores

5.2.2 Interruptores manuales

5.2.3 Caja (coffret)

5.3 Motores eléctricos

6.- Equipo de explotación.

6.1 Minero continuo.

6.2 Carro transportador

7.- Banda Transportadoras.

7.1 Introducción

7.2 Descripción del transportador

7.3 Calculo de transportadores

8.- Equipo de apoyo.

8.1 Ventiladores

8.2 Locomotora

8.3 Compresores.

8.4 Bombas

8.5 Telesillas

8.6 Aserradero, taller, oficinas.

8.7 Malacate

9.- Medición y mejoramiento de la productividad.

9.1 Estrategia

9.2 Definiciones básicas.

9.3 Optimización de la productividad.

9.4 Análisis de la unidad de trabajo.

PROLOGO

La mayor parte de las industrias, empresas u organizaciones de servicios se hallan actualmente en un proceso continuo de cambios para lograr un funcionamiento más eficaz y mantenerse dentro de la competencia. Esto implica abatir costos, la costeabilidad es el resultado de la aplicación de métodos, estándares de tiempo equitativo y una motivación laboral con modernos sistemas de retribución. Los medios anteriores son factores que incrementan la productividad de una compañía manufacturera, una planta industrial o una institución de servicio. Aunado a esto la Comisión Federal de Electricidad ha instituido el premio nacional de ahorro de Energía Eléctrica, como un reconocimiento publico anual a las empresas industriales, Comerciales o de servicios, así como a las instituciones Educativas o de investigación, que mas se hayan destacado durante el año calendario inmediato anterior al del lanzamiento de la convocatoria, por los esfuerzos desarrollados y los logros obtenidos en el campo del uso eficiente y racional de la energía eléctrica con el consecuente ahorro.

Estos apuntes son elaborados para destacar como aumenta la productividad disminuyendo el divisor por el análisis de uno de los factores considerados como auxiliar que ayudan a las personas a ser más productivas en el mismo tiempo en consideración; actualizar el material que establece estrategias especificas para fomentar y apoyar la productividad en una mina de carbón, dotar a supervisores y personal operante, de una fuente de datos reales provenientes del resultado de las operaciones.

Ayudaron en la preparación de esta tesis, las sugerencias recibidas por parte de mis maestros. Mi reconocimiento en particular a las criticas constructivas de mis compañeros de trabajo a quienes me ayudaron en el desarrollo del mismo, también agradezco el apoyo económico brindado por la U.A.C. la ayuda de la empresa I.M.M.S.A. y al Ing. Ruben Escudero por permitirme realizar el estudio, al Ing. Fermín González al proporcionar información útil. Por ultimo, agradezco sinceramente el apoyo brindado por mi esposa, familia y amigos.

INTRODUCCIÓN

Atendiendo los requerimientos de la F.I.M.E en la cual establece la elaboración de tesis. hago estos apuntes para fomentar y apoyar la productividad en una empresa minera, que se encuentra evaluando acciones para una mejora en la productividad total de la mina.

Debido a la amplia disponibilidad de la energía eléctrica, la cual se emplea en todas las modernas instalaciones industriales y comerciales para la alimentación de la potencia mecánica, accionar maquinaria y controlar diversas operaciones industriales. Dicha maquinaria o los dispositivos mecánicos (Acoplamientos mecánicos, válvulas, etc.)conectados al árbol del motor (Directamente o bien acoplados por medio de engranajes, correas o poleas) son cargas, las cuales deben ser accionadas a diversas velocidades en uno u otro sentido, de acuerdo a una secuencia preseleccionada a voluntad. Frecuentemente en procesos más complejos, se necesitan varios motores acoplados para controlar cargas interdependientes (Por ejemplo en los procesos de la Industria Química, equipo de Laminación de Acero, Lavadoras de Carbón etc.).

La energía suministrada al motor, dependiente de la naturaleza de las condiciones de carga, esta generalmente programada y controlada para obtener en cualquier momento dado, el par motor, la velocidad y el sentido de giro con el fin de optimizar las operaciones y mejorar la productividad de las maquinas y de los procesos.

En parte, la selección del tipo de motor, conductor, alumbrado etc. Que reúna las condiciones deseadas, es función de la naturaleza de las de las condiciones de carga, del tipo de energía disponible y de los tipos de controladores de fabricación comercial.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo general del trabajo

Estimular a la empresa a que revise sus procesos y métodos de producción u operación, en la búsqueda de una mayor eficiencia mediante la aplicación de técnicas y equipos mas avanzados, así como la utilización de modernos sistemas operativos y organizacionales, encaminados a reducir el consumo y demanda de Energía Eléctrica.

Resulta de vital importancia efectuar un análisis minucioso de los sistemas y procesos establecidos en la empresa para valorizar la forma en que van evolucionando, estimando la enorme trascendencia que el ahorro de Energía Eléctrica encierra para la industrialización, diversificación de la economía, generación de empleos y para el desarrollo general del país, aquellas empresas o instituciones, quienes con el afán de superarse y ser mas eficiente y productivas, racionalizan el uso de la energía eléctrica como uno de los factores mas importantes para el logro de sus metas.

La implementación de programas adecuados de ahorro de energía eléctrica, incide evidentemente en la productividad y conlleva a una participación mas activa de la industria en el mercado internacional.

En nuestros días resulta un imperativo reducir al mínimo los despilfarros y la ineficiencia, por lo que es indispensable buscar con mas decisión, técnicas que permitan aumentar la producción con menores incrementos de energía (aumento de la productividad disminuyendo los costos de energía por tonelada extraída)

CAPITULO 2

LA PRODUCTIVIDAD EN MINAS DE CARBÓN

Idea general

Debe de estar enfocada, a la verificación que el plan o estrategia de ahorro se oriente; Hacia la eficiencia y productividad en el uso de la energía, mas que en un ahorro indiscriminado; Hacia la toma de decisiones basadas en cifras y datos verificables, mas que en opiniones; Hacia la introducción de nuevos procesos como resultado de la revaluación de sus métodos de producción y utilización de la energía; Hacia el ahorro económico no solo mejorando el balance energético, sino con perspectivas de mejorar los resultados en el futuro próximo y ser mas competitivos en las economías actuales.

2.1 Que es la productividad

Webster define la productividad como "el producto físico por unidad de trabajo productivo"; el grado de la eficiencia de la administración industrial en la utilización de las instalaciones de producción.

Jackson grayson, director del centro de productividad americano, la define simplemente como "lo que obtenemos de una actividad por lo que ponemos de ella". Probablemente la definición más sencillas "el producto dividido por el insumo".

Es posible calcular la productividad de la mano de obra, del capital, "de la energía", y de los materiales, puesto que todos ellos intervienen en la mayor parte de los procesos productivos.

Hay sistemas mediante los cuales se puede cuantificar en parte o en su totalidad la productividad de una operación, pesando cada uno de los factores del divisor y combinándolos en una medida general de productividad.

La definición y la medición de la productividad se pueden volver bastante complejas, pero la mayoría de los administradores prefieren verlas en una forma simple: "los bienes y servicios producidos por una persona en un tiempo dado". El capital y la energía se consideran como auxiliares que ayudan a las personas a ser más productivas, mientras que el consumo de materiales se mide normalmente por separado.

2.2 El objetivo es mejorar la productividad

Aunque es importante conocer la productividad especifica de una operación, para poder compararla con la de otras operaciones similares. El objetivo principal en materia de productividad es el mejoramiento, y compararla con otras empresas o con los resultados propios obtenidos en un periodo anterior.

El mejoramiento de la productividad se expresa normalmente como un porcentaje, el cual se determina dividiendo la productividad actual por la productividad de un periodo base.

2.3 La importancia de mejorar la productividad

¿Porqué es importante mejorar la productividad? Porque solo podemos tener aquello que producimos. El mejoramiento de la productividad tiene lugar cuando la persona produce mas bienes o servicios en el mismo tiempo.

El mejoramiento de la productividad tiene un efecto acumulativo. El que se logre el año que viene se suma al de este año y al anterior. Considerando periodos cortos en el transcurso de nuestra historia, la tasa de mejoramiento de productividad es la que determina el progreso de una nación.

La diferencia entre el estándar de vida en los E.U y el de los países en desarrollo comenzó con el mejoramiento de la productividad en la agricultura, la norteamericana es el mejor ejemplo de la historia del mejoramiento constante de la productividad. Hace unos 100 años se requería casi el 50 por ciento de la fuerza laboral para cultivar, los productos necesarios para alimentar al resto de la población, ahora se requiere menos del 4 por ciento. El gran avance de la productividad en las granjas en E.U ha hecho posible que las personas pasaran a las ciudades e ingresaran a la industria. Y esto proporciono la fuerza laboral para el desarrollo industrial lo que ha colocado a E:U: como el país más importante del mundo

El mejoramiento del estándar de vida, en términos materiales y servicios, es esencial para aliviar las presiones inflacionarias que actúan a largo plazo sobre los precios que se cargan al consumidor. Una tasa elevada de crecimiento de la producción por hora-hombre permite aumentar los sueldos y salarios sin aumentar los costos por unidad de mano de obra ni los precios de los bienes y servicios. El "uso más eficiente de la energía", los materiales y el capital permite compensar los precios crecientes de estos insumos. Aliviando las presiones inflacionarias a largo plazo mediante los mejoramientos de la productividad, lo cual permite que las industrias sean competitivas en los mercados mundiales y se mantenga el equilibrio comercial adecuado.

2.4 Productividad contra inflación

Los incrementos de la productividad son una arma tan potente contra la inflación de lo que se le supone generalmente. Un incremento en la productividad da lugar a un aumento de la oferta agregada, lo cual baja los costos unitarios de mano de obra. Esto a su vez, ejerce presión sobre los precios promedios de los artículos. Pero, en un grado que *no es muy notable, los aumentos de la productividad pueden dar lugar* a efectos "multiplicadores" en cuanto a moderar la inflación. Un incremento de una unidad en el crecimiento a muy largo plazo de la productividad puede dar lugar a una disminución de mas de una unidad en la tasa de inflación en el transcurso de un periodo.

Este efecto aumentado de los incrementos de la productividad se debe a la acción de la llamada "espiral salario - precio". Un aumento de los salarios puede hacer subir los precios, y el aumento de precios, a su vez, puede ser la causa de que suban los costos y, por lo tanto, los precios. Este aumento de precios vuelve hacer subir los salarios, lo cual hace que suban nuevamente los precios.... Y la espiral continua. Pero siempre que tenga lugar un aumento de la productividad, actuara frenando la espiral mas de una vez.

Suponiendo que el aumento del crecimiento de la productividad tiene lugar en un momento en que los salarios hacen subir los precios. En la primera vuelta, el aumento del crecimiento de la productividad moderara el aumento de precios inducido por los salarios. En la segunda vuelta, al controlar el aumento inicial de precios, el primer aumento de la productividad puede moderar los aumentos subsecuentes de salario. Análogamente, el aumento resultante de los precios será moderado, y esto continuara en cada vuelta de la espiral.

Los aumentos de la productividad son un contrapeso directo de los aumentos de salarios.

Si suponemos, en un caso, que no hay aumento de productividad, y en el segundo un aumento del 3 por ciento, la diferencia en los costos por unidad de mano de obra será del 3 por ciento.

	caso 1	caso 2
Los salarios aumentan	8%	8%
La productividad aumenta	0%	3%
Los costos por unidad de mano de obra	8 %	5 %

Puesto que los costos de mano de obra son un componente fundamental de los costos totales de una empresa, se sigue que, en el caso 1, la inflación será aproximadamente del 8 por ciento, y en el caso 2 será mas o menos del 5 por ciento.

2.5 Factores que influyen en la productividad

2.5.1 Factores que afectan a la productividad nacional

En 1975 la comisión nacional para la productividad y la calidad del trabajo declaro tres factores principales que intervienen en la productividad como política nacional

1) Los recursos humanos
2) La tecnología y la inversión del capital
3) La reglamentación por parte del gobierno.

2.5.1.1 Recurso humano

El nivel de educación es un factor importante de la productividad nacional. El uso de computadoras y de otro equipo sofisticado, con mejores sistemas, exige empleados mejor preparados. Mientras mas experiencia en contabilidad, estadística, sistemas de información y matemáticas tenga un empleado mas oportunidades tendrá dentro de una empresa. En E.U. la mano de obra contribuye con 0.5% del incremento de la productividad.

El reto de la productividad es difícil. Los insumos laborales con baja educación , insumos inadecuados de capital y tecnología anterior, son insumos de segunda clase. La alta productividad y las salidas de alta calidad requieren de insumos de alta calidad. Para ser productivos, los empleados deben de ser motivados. El sueldo no basta. Sus condiciones de trabajo deben de ser buenas y seguras y quieren ser reconocidos como el elemento mas vital de la empresa. Se ha vuelto evidente que todos los empleados desean *participar en la planeación del trabajo y que pueden contribuir positivamente al* mejoramiento de la productividad.

Los sindicatos y la administración pueden ser adversarios en cuanto a negociar los sueldos y beneficios, pero pueden colaborar en la búsqueda del mejoramiento de la productividad para beneficio de todos. El gobierno puede ayudar también patrocinando una mejor educación, en especial, en las áreas que afectan directamente la productividad.

2.5.1.2 Tecnología e inversión de capital

El factor principal del mejoramiento constante de la productividad a largo plazo es la tecnología, y la nueva tecnología depende de la investigación y desarrollo (**i y d**). En E.U. contribuye con 1.6 % en el incremento de la productividad.

El apoyo más directo a la investigación en las universidades permitirá desarrollar nueva tecnología. Para que la industria o los servicios puedan aprovechar la nueva tecnología, tienen que invertir en nueva maquinaria, equipo y otras instalaciones. El gobierno puede hacer mucho para facilitar esa inversión:

- Fomentar el ahorro, a fin de que haya capital disponible para invertir.
- Disminuir los impuestos a las utilidades, de manera que haya un incentivo, así como capital disponible para invertir en nuevas instalaciones.
- Autorizar tasas de depreciación que proporcionen flujo de efectivo para la nueva inversión.
- Alentar directamente la nueva inversión con mayores créditos fiscales para la misma.

En E.U. el incremento de productividad por el concepto de capital es de 0.4 %

2.5.1.3 Reglamentación gubernamental

La reglamentación excesiva por parte del gobierno ha afectado negativamente la productividad porque el talento y la inversión se han destinado a actividades que no mejoran esa productividad. El gobierno podría hacer mucho para eliminar la reglamentación que sea innecesaria, así como efectuar análisis de costo-beneficio para determinar las que si son necesarias, como las que se relacionan con la salud y la seguridad.

2.6 Productividad y calidad

A menudo se ha pensado que la calidad y la productividad entran en conflicto. El personal de mercadotecnia dice a veces: "si introducen ese cambio, el costo bajara, si; pero ¿no bajara también la calidad del producto?" La productividad y la calidad van generalmente de la mano. No es productividad *contra* calidad, sino productividad con calidad. En el transcurso de los últimos 100 años, tanto la productividad como la calidad han mejorado substancialmente en los E.U. aprovechando la tecnología, la industria ha logrado producir bienes de calidad en forma masiva. Los refrigeradores, las maquinas de lavar, los automóviles, las computadoras y las cámaras fotográficas son productos cuya calidad ha mejorado año tras año, habiendo mejorado también constantemente la productividad de quienes hacen esos productos.

Los cambios tecnológicos que han contribuido al aumento de la productividad han acrecentado directamente la calidad del producto. La mecanización, la automatización auxiliados por la computadora han implicado la transferencia de la destreza del hombre a equipo mas confiable y preciso, con productividad elevada. La estandarización la especialización y la simplificación de los métodos han facilitado la producción masiva y la uniformidad del producto. La productividad y la calidad han mejorado juntas.

Es *muy posible que si consideráramos la productividad con* base en la máxima utilización de la "energía", los materiales, el capital y el esfuerzo humano que intervienen en la producción ""extractiva"" buscaríamos una calidad cada vez mas alta para tener también una productividad cada vez mas alta por lo que al cliente respecta. Estos podrán adoptar con el tiempo este punto de vista general, dejando de considerar únicamente el costo inicial. Un defecto de calidad puede invalidar miles de horas de trabajo altamente productivo. La productividad debe ser medida realmente por lo que hace el producto cuando da servicio al usuario.

2.7 Oportunidades para mejorar la productividad

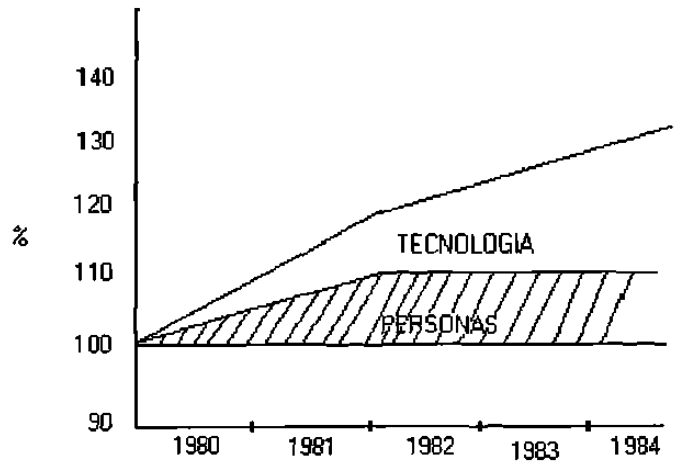
Cualquier que sea el tipo de trabajo que se estudie, sea una empresa extractiva, de fabricación o servicio ofrece grandes oportunidades para mejorar la productividad. Suponiendo que en 1980 sea del 100 por ciento, si no se hace nada diferente a partir de entonces permanecerá en ese nivel. Sin inversión alguna de capital, y sin nuevas tecnologías, es posible por lo general, subir la productividad un 10 por ciento en los dos años siguientes con solo trabajar con las personas inspirándoles el deseo de hacer un trabajo mejor. No quiere decir que deban trabajar con mas esfuerzo o con mas rapidez, sino mas productivamente. Es importante que todos deseen realmente hacer un trabajo bueno y productivo. El mejoramiento especifico se logra, disminuyendo el ausentismo, mejorando la calidad del trabajo, disminuyendo la energía, disminuyendo el mantenimiento, que no falten los materiales, etc. Todas estas medidas, además de pequeños cambios en los métodos, pueden implicar diferencias significativas y elevar el nivel general de la productividad.

Si se logra que todos los miembros del grupo realicen un esfuerzo conjunto, se puede a menudo mejorar la productividad mucho mas del 10 por ciento. En las emergencias, las personas pueden alcanzar tasas de productividad tres o cuatro veces mas altas que la normal. Cuando una maquina o una pieza vital del equipo se descompone, las cuadrillas de mantenimiento hacen a veces en una hora lo que normalmente harían en un día. La meta de un mejoramiento del 10 por ciento en la productividad de todos los miembros de la organización, en los dos años siguientes, es practica y debe ser la base de un mejoramiento constante con la ayuda de una tecnología mejor.

Es importante que todos los miembros de la organización estén informados de la nueva tecnología que se va a implantar. A las personas no les gusta ser sorprendidas, sobre todo en forma desagradable.. Los trabajadores, al igual que los administradores, temen aquello que no comprenden. Las personas que van a resultar directamente afectadas deben de participar en la planeación. Se les debe de pedir sus sugerencias e

ideas antes de hacer los cambios. Si interviene un sindicato, debe informarse a sus representantes acerca de lo que se planea en materias de mejoras tecnológicas, antes de ponerlas en operación.

2.8 Medición de la productividad



Grafica(1)productividad prevista de las personas y de la tecnologia

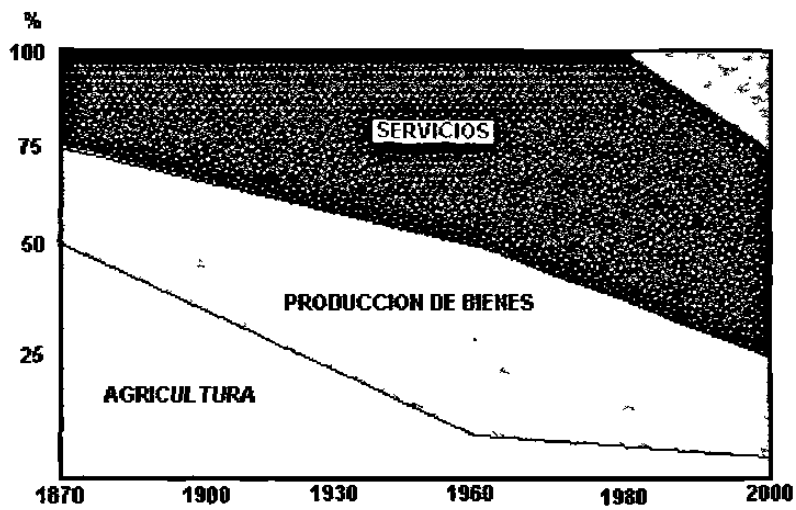
En la industria el trabajador ha sido medido con mucha exactitud desde los tiempos de teylor y gilbreth. Esa medición precisa ha permitido que la industria mejore constantemente la productividad del trabajador. Las piezas que salen de una maquina cada hora, las toneladas de carbón por Kilowatts consumidos, han sido la base del mejoramiento de la medición, para que sea posible seleccionar y poner en practica otros métodos mejores. El mejoramiento de la productividad en la industria ha sido suficiente para que el porcentaje de trabajadores industriales norteamericanos alcanzara su máximo en el periodo comprendido entre 1965 y 1970, y no esta lejano el día en que menos del 25 por ciento de nuestros trabajadores harán todas las cosas que necesitemos.

La medición lógica y aceptable inspira el mejoramiento. Roger Bannister, o cualquier otra persona, jamas habría corrido probablemente una milla en 4 minutos de no ser por

el cronometraje exacto. La medición y el mejoramiento van de la mano. Para mejorar, una medición cualquiera, aunque sea relativamente burda, es mejor que nada. Cuando no es posible fijar normas precisas, las comparaciones han sido útiles. Las normas relativamente burdas que han sido usadas para la comparación han permitido los mejoramientos de la productividad logrado en algunos servicios. Si un trabajo se puede medir con exactitud suficiente para que el rendimiento se pueda comparar con el otro trabajo similar realizado en otra organización, aquella que arroje el mejor rendimiento se puede tomar como norma. A los que no estén a esa altura se les puede pedir que igualen al mejor. En el peor de los casos, los resultados de un año se pueden comparar con los del anterior. El costo actual o el numero de personas se pueden relacionar con el costo comparable o con el numero de personas necesarias para hacer el trabajo del año anterior.

No hay mucho incentivo para hacer las cosas mejor si usted no sabe que lo esta haciendo mejor. Para optimizar los resultados se requieren mediciones creíbles, sencillas, precisas y normas con iguales características. La satisfacción del cliente tiene que entrar en la formula de productividad para medir el verdadero valor del servicio.

2.9 Efecto de la productividad en la sociedad



Gráfica (2) Distribución de trabajo en los E.U.A.

servicios, para el 2000 podremos tener todos los servicios que tenemos ahora y quedara todavía el equivalente del 25 por ciento de los trabajadores disponibles para algo mas, como lo indica el triángulo de la parte superior derecha de la gráf. (2).

Ese tiempo disponible se podrá aprovechar para mejorar la preparación de cada uno. Se podría usar también para auxiliar a las personas que dediquen su tiempo total o parcialmente en los campos artístico y cultural, o para ayudar a quienes viven en las áreas en desarrollo a mejorar sus estándares de vida, tiempo para la contemplación, la conversación y la vida en comunidad; tiempo para estar *con la* familia, tiempo para fraternizar y ser mas humanos unos con los otros.

No hay un limite previsible para el mejoramiento de la productividad, y este puede producir un efecto marcadamente benéfico en la calidad de nuestra vida futura.

CAPITULO 3

LA ENERGÍA EN LAS MINAS

3.1 La electrificación del interior

3.1.1 Introducción

Para la extracción de mineral de las minas se utiliza la energía en dos formas principales la eléctrica y el aire comprimido.

El uso del aire comprimido como energía es muy antiguo, pero su defecto, es que tiene bajo rendimiento. Los rendimientos totales y el sostenimiento total de los diferentes etapas de la producción, del transporte y de la utilización de la energía, por aire comprimido y por la electricidad tienen los valores medios siguientes que se muestran en la tabla.

Visto de otra manera, con igual trabajo útil, el aire comprimido consume una energía 8 veces superior a la que consumiría una instalación eléctrica semejante. Esto es lo que justifica el desarrollo de la energía eléctrica en las minas.

		Aire comprimido	Electricidad
Antes generadores		0.7	0.9
	Fugas	0.75	0.9
Transporte	Perdidas	0,8	
	Por carga		
Motores		0.2	0.85
Rendimiento total		0.084	0.7

El grado de electrificación de los trabajos de explotación en las minas se expresa por la relación propuesta por coevillet.

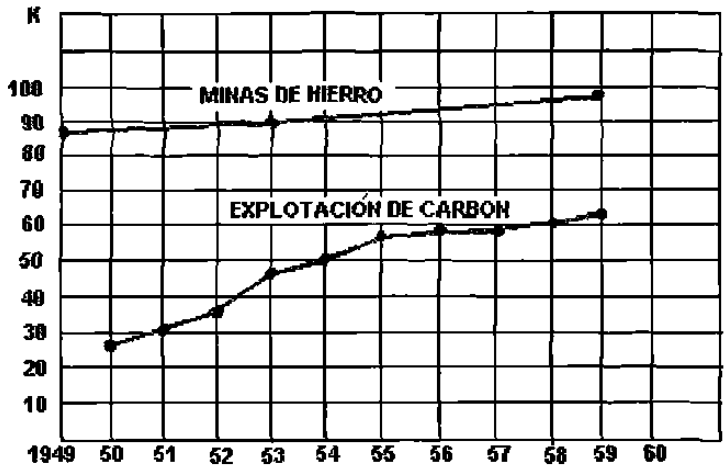
$$K = \frac{8\ e}{8e + c} \times 100$$

Donde

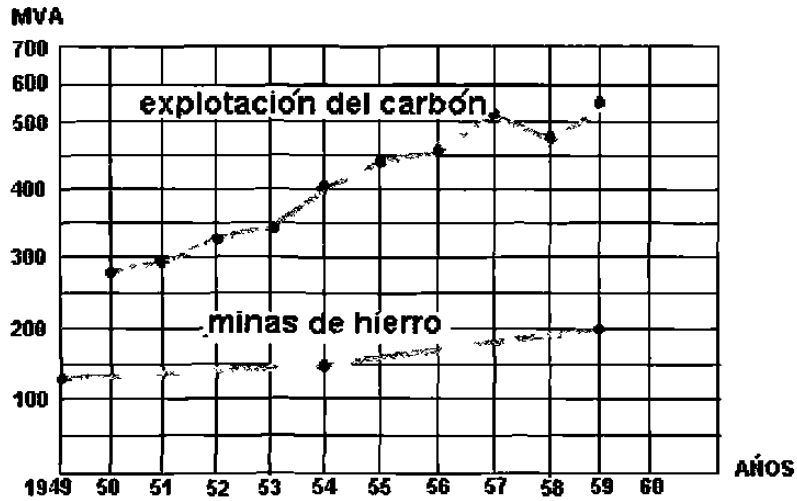
e Es el consumo anual de la energía en maquinas eléctricas del interior

C Es el consumo de energía anual de los compresores del interior

En la gráfica (3) que se muestra a continuación se ve la rápida electrificación del interior en los transcursos de los últimos años en las minas de carbón y de hierro de Francia.



Grafica (3) Electrificación de las minas de carbon y de hierro



Grafica (4). Potencias instaladas

En el gráfico (4) de las potencias instaladas (sin desagüe principal y sin ventilación principal) confirma la rapidez de esta evaluación , que se explica por la reciente aparición de la electricidad en los trabajos del interior: ya que, los primeros ensayos en las minas de hulla no datan mas que de 1934. La electrificación en escala importante no comenzó hasta 1947.

3.1.2 Ventajas de la electricidad

Las principales razones que dan a la electricidad un interés creciente son :

* Costo de la energía
- Gastos de mantenimiento
- Continuidad de operación
- Potencia
- Facilidad para unir
- Control a distancia

3.1.2.1 Costo de la energía .

La relación entre los rendimientos de la electricidad y el aire comprimido hemos visto que es de 8. Por lo tanto sus precios están en forma inversa, la sustitución del aire comprimido es interesante desde el punto de vista de los gastos de energía.

La ventaja económica de la electricidad es especialmente importante cuando se alcanza la electrificación total y se elimina la red de aire comprimido.

3.1.2.2 Gastos de mantenimiento

Al tratar de comparar los gastos de mantenimiento que se generan por la utilización de la electricidad y del aire comprimido se hace difícil por no existir instalaciones comparables de los dos tipos. Algunos estudios particulares afirman el sentimiento general, a saber, que los gastos de mantenimiento son menores con el material eléctrico.

3.1.2.3 Continuidad de operación

Los explotadores poco entusiasmados por la electrificación que finalmente han sido seducidos por la disminución de fallas y averías. Es, en efecto, esencial, en un conjunto mecanizado llevar una continuidad en la operación, ya que toda falla de material origina el paro de las instalaciones situadas antes y después de las explotaciones pudiendo interrumpir el ciclo de trabajo.

3.1.2.4 Potencia

La mecanización y la concentración conducen cada vez a poner en marcha maquinas mas potentes, por ejemplo los mineros continuos (joy 12CM10 y 12CM17 con 535hp y 605hp) y maquinas corteras con potencias instaladas grandes las cuales no serian realizables con motores de aire ya que serian mas voluminosas y necesitarían diámetros de tubería y potencia de compresores muy grandes además generarían mucho polvo. En este sentido podemos afirmar que la electricidad es la base de toda mecanización y concentración de la explotación.

3.1.2.5 Facilidad para unir

La electricidad nos conduce a la solución de muchos problemas, de los cuales citamos algunos:

- Alimentación de varios motores
- Exclusión de ciertas maniobras
- Limitación de esfuerzo
- Telemando

3.1.2.6 Control a distancia

En cuanto a control a distancia, con el apoyo de la electrónica ha rebasado barreras que limitaban la producción de las minas.

Su aplicación llegara a ser muy variada. Reduciendo a su mas mínima expresión, permite seguir a distancia el arranque y paro de una máquina, con un mejor rendimiento en su operación, permite seguir, desde el exterior con una computadora las marchas de todas las máquinas del interior e intervenir rápidamente al aparecer una falla como lo han hecho en algunas minas de Europa reduciendo la duración de paradas de las maquinas.

Además el control a distancia nos permite monitorear los parámetros en cuanto a la seguridad se refieren como son :

- El contenido de CH4 (metano, grisú)
- El contenido de CO (monóxido)
- El flujo de aire a través de las galerías
- Posición de las puertas de ventilación
- Control de la velocidad de los motores de ventiladores para su mejor regulación en cuanto a flujo.

Ya no es inconcebible realizar operaciones totalmente automáticas. En las minas esta materia ha sido poco explotada.

Ningún explotador puede quedar indiferente ante tantas ventajas aportadas por la electrificación apoyada con la electrónica.

3.1.3 Dificultades encontradas en la electrificación

Hay tres obstáculos principales que limitan la aplicación de la electricidad en las minas.

- La seguridad
- El precio elevado de los materiales
- La dificultad de electrificar algunos aparatos de movimiento reciprocantes.

3.1.3.1 La seguridad

Al usar la electricidad encierra consigo un peligro, que se acrecienta en el ámbito minero. Consideremos, en efecto.

3.1.3.1.1 El riesgo de electrocución

Aumenta considerablemente por la humedad de la atmósfera de la mina y la transpiración de las personas. Además, en la mina las subestaciones se desplazan continuamente; los transportes y los desplazamientos repetidos de material eléctrico le causan defectos con mucha rapidez. Es necesario crear materiales resistentes y organizar servicios de mantenimiento y vigilar continuamente.

3.1.3.1.2 El riesgo de incendio

Aumenta por el movimiento de los terrenos y sobre todo por la ventilación forzada; al romperse un cable eléctrico o deteriorarse el forro aislante seguido de un derrumbamiento puede dar origen a incidentes muy graves. El incendio, tiene como primera consecuencia la creación de humos irrespirables que ponen en peligro la vida de todo el personal que se encuentra adelante del incendio y en el mismo circuito de ventilación.

3.1.3.1.3 El riesgo del metano (CH_4)

Al existir una mezcla grisuosa explosiva y la formación inevitable de una chispa eléctrica son un riesgo y este no ha podido ser reducido a un valor suficientemente pequeño mas que por las nuevas técnicas usadas en los aislamientos de conductores y

equipo antideflagrante. El riesgo, aunque reducido, existe. Aunado con esto el reglamento exige, como precaución suplementaria, el corte de corriente en todas las partes donde el contenido de metano pase momentáneamente del 1%.

3.1.3.2 El precio del material

La contribución de un material con características que respondan a una condición para eliminar suficientemente los riesgos es de precios muy elevados. Por lo tanto se comprende, que al comienzo de la electrificación las instalaciones eléctricas hayan tardado en imponerse en las instalaciones que no conocían mas que el aire comprimido: los gastos del equipo parecían demasiado importantes. Y lo eran mas cuando un fabricante se encontraba ante pedidos reducidos que conducían a costos de fabricación elevados y que no permitían una amortización a corto plazo de los gastos de estudio y de equipo a usar.

Hoy por el contrario, comprobamos que una instalación eléctrica tiene un precio de costo menor gracias a todas las ventajas que se han señalado y también a la robustez y perfección del material, que se puede así amortizar en periodos mas largos.

3.1.3.3 Los aparatos de movimiento reciprocantes

De estos se encuentran muchos en la mina por ejemplo:

1) martillos picadores
2) martillos perforadores
3) pistones de apertura y cierre en los equipos

Constituyen una aplicación del aire comprimido en consecuencia retrasan el desarrollo de la electrificación. Afortunadamente el desarrollo de transmisiones hidráulicas ha disminuido esta resistencia. De otra manera, la instalación de compresores de potencia pequeña en la frente (punto de ataque del minero continuo) permite, en caso

de ser necesario, la alimentación de un aparato o de un grupo de varios aparatos de aire comprimido por una red de aire limitada, de fácil instalación y vigilancia.

3.1.4 Corriente continua

3.1.4.1 Principios

Recordemos algunas definiciones, magnitudes y unidades eléctricas correspondientes.

3.1.4.1.1 Corriente eléctrica

Es la intensidad con que fluye la electricidad en un conductor o circuito.

Puede expresarse como :

$$i = \frac{q}{t}$$

i es la corriente en amper

q es la cantidad de carga en coulomb

t es el tiempo en segundos

Al tener una intensidad variable con el tiempo formulada

$$i = \frac{dq}{dt}$$

3.1.4.2 Resistencia y ley de joule

Un conductor al ser recorrido por una corriente disipa potencia en forma de calor. La práctica ha enseñado que existe una proporción entre esta potencia disipada y el cuadrado de la intensidad.

$$P = I^2 R$$

Esta fórmula constituye la ley de joule

Donde :

p es la potencia en watts

I es la corriente en amperes

R es la resistencia en ohms

La resistencia de un conductor depende, del material que lo constituye (cobre, aluminio, etc.), de la sección transversal, y de la longitud:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Donde .

R es la resistencia del conductor en ohm. Su símbolo (Ω)

L es la longitud del conductor en " metros"

A es la sección transversal del conductor en centímetros cuadrados

ρ es la resistividad del conductor en (ohm-metro)

La resistividad permite clasificar los diferentes materiales en tres tipos

3.1.4.3 Conductores

Estos permiten el paso de la corriente con facilidad y su resistividad es inferior a 0.00000015 (ohm-metro).

Los principales conductores y sus características se muestran en la tabla a continuación.

Material	ρ a 20 ^{0}c Ohm-metros	ρ a 20 ^{0}c Ohm-plg	α a 20 ^{0}c Por grado ^{0} c
Aluminio	$2.83x10^{-8}$	17	0.00391
Bronce	$7.00x10^{-8}$	42	0.002
Cobre	$1.72x10^{-8}$	10.37	0.00393
Oro	$2.44x10^{-8}$	14.7	0.0034
Plata	$1.47x10^{-8}$	9.9	0.0038

3.1.4.4 Los aislantes

Son aquellos llamados también como dieléctricos y dejan pasar solamente una breve corriente transitoria que lo carga electrostáticamente, su resistividad es del orden de 10^{10} a 10^{13} (Megaohm- metro), y presentan mucha resistencia al paso de la corriente. Esta propiedad se utiliza en la construcción de material eléctrico.

Unas substancias pueden impedir prácticamente el paso de la corriente si el voltaje aplicado es muy bajo y al mismo tiempo puede no ser apropiada para altos voltajes. Los aislantes son muy variados: papel, resinas textiles, barnices, fibra de vidrio, madera, silicon, caucho, porcelana, arena, aceites, etc. Se precisa hacer mención de algunos aislantes sintéticos que sean muy utilizados hoy en día:

3.1.4.4.1 Los fenoplasticos

Están hechos de fenol y de formol añadidos a una carga mineral o vegetal

3.1.4.4,2 Los alquidos

Están hechos a base de resina poliester, cargada con fibra de vidrio. Tiene una resistencia mecánica equivalente a la de un acero de 40 kg/ cm^2

3.1.4.4.3 Epoxicos

Resina poliester y cargada de arena cuarzosa.

Muchos son los factores que intervienen en la elección de los aislantes:

3.1.4.4.4 Propiedades mecánicas

Resistencia, dureza, flexibilidad, porosidad y absorción de la humedad.

3.1.4.4.5 Propiedades químicas

Estabilidad, resistencia a la corrosión, incombustibilidad

3.1.4.4.6 Propiedades térmicas

Resistencia a la temperatura

3.1.4.4.7 Propiedades eléctricas

Resistencia de aislantes, resistencia al arco y a la ionización

La resistencia de los aislantes es primordial y depende de dos factores:

3.1.4.4.8 La resistencia propia del aislamiento

3.1.4.4.9 La resistencia superficial de aislamiento

Es la resistencia que opone el aislante al paso de la corriente

Es característica la facilidad con la que la corriente se desplaza por el contorno del cuerpo aislante en lugar de atravesarlo. Esta resistencia superficial depende mucho del estado de la superficie, de la humedad y del polvo.

A la vez siempre desde el punto eléctrico, la "rigidez dieléctrica" indica la tensión máxima a la que se puede someter un aislante de espesor dado sin que sea atravesado por una chispa (para un buen aislante es del orden de 30 a 45 kv. para un espesor de 1mm).

3.1.4.5 Los semiconductores

Algunos cuerpos tienen una resistencia intermedia entre la de los conductores y los aislantes: son los semiconductores, los cuales son de material de germanio, silicio, selenio , etc. Hoy utilizados en toda su extensión dentro de la electrónica . En nuestro estudio por el momento los evocamos a los rectificadores.

También la mezcla de caucho incombustible y de carbón negro (negro de acetileno) se encuentra con una resistividad intermedia entre la de cobre y la de caucho. Y encuentran aplicación en la fabricación de cables para minas.

3.1.5 Fuerza electromotriz y diferencia de potencial.

3.1.5.1 Ley de ohm

Si tenemos un red eléctrica a la cual están conectados diferentes equipos

(motores lámparas etc.) y en la que la energía es proporcionada por un generador, se demuestra que en la unidad de tiempo, esta energía es proporcional a la corriente que circula por la red o circuito.

Podemos escribir :

$p = e\ i$

Donde

P es la potencia en "watts"
e es la fuerza electromotriz en "volts"
i es la corriente en "amper"

La diferencia de potencial es la que existe entre dos puntos de un circuito, generalmente se simboliza por la letra " V " y tiene las mismas unidades que la fuerza electromotriz por lo tanto podemos escribir la relación

$$V = \frac{p}{i}$$

Si relacionamos esta formula con la ley de joule $p = i^2\ R$
Deducimos.

$$V = i\ R$$

La cual constituye la ley de ohm.

3.1.6 Corriente alterna

Hoy mas del 95% de la energía eléctrica utilizada por la industria y los hogares se produce en forma de corriente alterna. Esto no se debe primordialmente a ninguna

superioridad de la corriente alterna sobre la continua en cuanto a su aplicación a fines domésticos e industriales. En realidad, hay muchos casos en los que la corriente continua es absolutamente necesaria para determinadas industrias, como los tranvías urbanos, los procesos electroliticos, los motores de corriente continua son preferibles para los ascensores, prensas, mineros continuos y muchos accionamientos con velocidad variable.

Sin embargo en todos estos casos, la energía se produce y se transporta la mayoría de las veces en forma de corriente alterna y se convierte después en corriente continua.

Algunas de las razones de producir la energía en forma de corriente alterna es que puede producirse a tensiones relativamente altas, puede elevarse y reducirse fácilmente por medio de transformadores estáticos. Con ello es posible el transporte económico de energía como corriente alterna hasta distancias muy largas valiéndose de altas tensiones de transporte, lo que representa una gran ventaja, ya que el peso del conductor varia en forma inversa del cuadrado de la tensión, cuando la potencia, la distancia y las pérdidas admitidas no varían . Después es posible reducir con elevado rendimiento la tensión de transporte al alcanzar el punto de utilización de la energía.

Es posible construir generadores de corriente alterna de gran tamaño que giren a elevadas velocidades de modo que su costo de construcción y los gastos de explotación por kilowatt resulten reducidos, y estos generadores se adaptan perfectamente a turbinas motrices de elevada velocidad.

Para trabajar a velocidad constante, el motor de inducción de corriente alterna tiene mejor rendimiento que el de corriente continua, es mas barato y su fabricación es menos costosa, lo que se debe en parte al hecho de que el motor de inducción no tiene colector. Conviene, por la tanto, producir la energía eléctrica en forma de corriente alterna para poder utilizar motores de inducción.

Los elevados rendimientos de transporte que pueden alcanzarse con la corriente alterna, hacen que sea económico producir energía eléctrica en cantidades muy grandes

en una central única para distribuirla sobre un extenso territorio. El alternador de gran tamaño tiene un rendimiento que puede alcanzar hasta un 98.5 % y aun, como las grandes calderas y turbinas de vapor requieren menos personal por kilowatt, las cargas de explotación por kilowatt- hora, referentes a trabajo y vigilancia, son pequeñas.

Por tales motivos, suele ser más económico producir energía eléctrica por medio de unidades grandes, transformarla en corriente continua, que producir directamente corriente continua en el propio lugar de su utilización.

Recordemos, no obstante, que los reducidos gastos de producción se contrarrestan, en parte por lo menos, por el costo de la distribución debido a la instalación de líneas, cables, subestaciones, maquinaria, etc., Unidos a los gastos de personal de explotación y los de mantenimiento de la red de distribución.

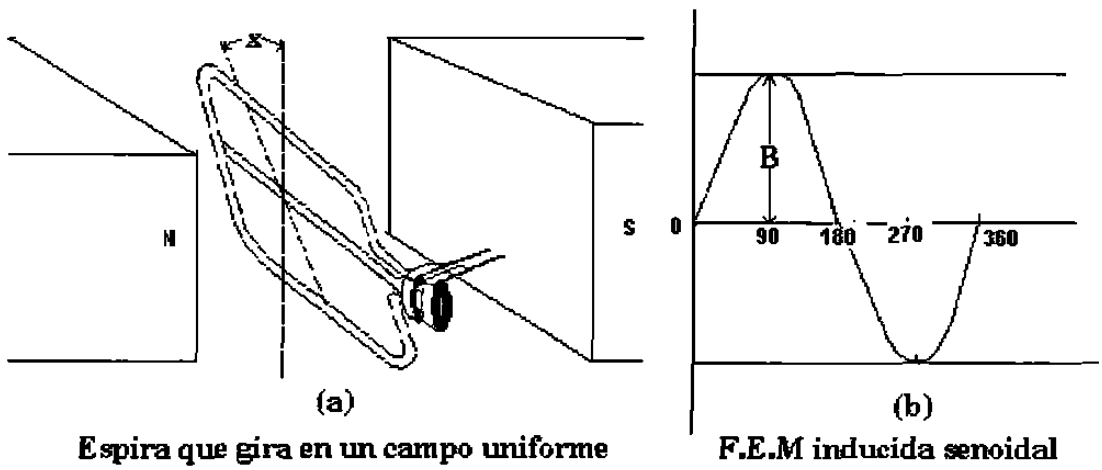


Fig.1. Espira que gira en un campo magnético uniforme

La teoría y análisis de la corriente alterna se fundan en el empleo de una bobina que gira en un campo magnético uniforme a velocidad constante para generar una f.e.m. inducida que varia de una forma senoidal como se observa en la figura (1)

Cuya expresión viene dada por:

$$e = B\, l\, v \operatorname{sen} \theta \times 10^{-8} \quad \text{volts.}$$

En la que :

B Es la densidad de flujo en (gauss o líneas/cm^2)

l Es la longitud activa del conductor que corta el flujo en (cm)

v Es la velocidad relativa entre el conductor y el campo en cm/seg.

e Es la f.e.m. inducida en (volts)

3.1.6.1 Periodo; frecuencia

Si el conductor de la fig. (1a) gira durante un tiempo (t) en segundos a partir de la posición 0^0, habrá dado (st) revoluciones, o (f t) ciclos. Estando (s) en (r.p.m.) y (f) en periodos por segundo. Por lo tanto:

$x = 2\pi s t = 2\pi f t$ radianes o $360\ f t$ grados

Si la velocidad angular es (w) (en radianes por segundo), concluimos:

$w = 2\pi f$ radianes por segundo

$w = 360\, f$ grados por segundo

La frecuencia de un alternador depende del numero de par de polos frente a los cuales pasa la espira por segundo . Por lo tanto:

$$f = \frac{p}{2}\, s \quad \text{o sea} \quad f = \frac{P\,S}{120} \quad \text{periodos por segundo}$$

s velocidad en r. p. s.

S velocidad en r. p. m.

P numero de polos

3.1.6.2 Frecuencias industriales

Una compañía que suministra energía para luz y fuerza debe adoptar una frecuencia de 60 ciclos / seg. , porque a frecuencias menores por ejemplo a 25 ciclos/ seg. Las lamparas oscilaran de una manera inadmisible y los transformadores para la frecuencia mas baja son mas voluminosos y pesados además mas caros que los de frecuencia elevada. En cambio, una empresa que produzca energía únicamente destinada a fuerza puede adoptar la frecuencia de 25 ciclos/ seg. Esta frecuencia se utiliza en ferrocarriles para las locomotoras eléctricas en E.U.

3.1.6.3 Formula de la variación senoidal de la intensidad de la corriente

Si la curva de la fig. 1 (b) , el valor de la ordenada (y) en un punto cualquiera se puede hallar multiplicando b por el seno del ángulo correspondiente. Por lo tanto:

$$Y = b \operatorname{sen} x$$

Donde x esta expresado en grados

Si reemplazamos en esta ecuación x por su valor $2 \pi f t$ y $2 \pi f$ se reemplaza por w obtenemos la ecuación de la intensidad de la corriente alterna senoidal.

$$i = Im \operatorname{sen} 2 \pi f t = Im \operatorname{sen} w t$$

Donde

i es el valor de la corriente instantánea dado un instante t.

Im es el valor máximo de la corriente

$W = 2\pi f$ velocidad angular en radianes/ seg., o frecuencia circular

3.1.6.4 La intensidad de la corriente alterna

Un amperímetro de corriente continua, conectado para determinar el valor de la intensidad de la corriente, debe indicar cero, puesto que dicho instrumento mide valores medios. Pero el valor de la intensidad de la corriente alterna no se mide por su valor medio, sino por su efecto térmico y se puede definir como sigue:

Una corriente alterna de intensidad de " un amper"; es aquella que, al circular por una determinada resistencia óhmica, produce la misma cantidad de calor que si pasara una corriente continua de un amper.

El efecto térmico es proporcional al cuadrado de la intensidad de la corriente, o sea que en un instante cualquiera su valor es :

$$\text{efecto térmico} = .i^2 R$$

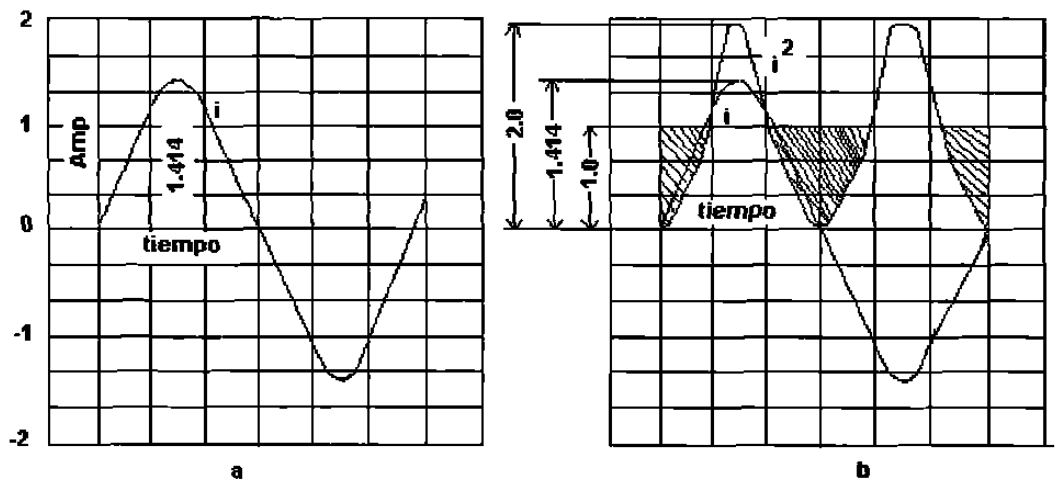


Figura (2) Valores máximo y eficaz de la intensidad de una corriente alterna

En la fig.2 (b) se representan las curvas de variación de la corriente y sus valores elevados al cuadrado. El valor máximo De la curva de i es $(1.4142)^2 = 2$, puesto que el máximo de la curva de los valores de i es $1.4142 = \sqrt{2}$. La curva de los cuadrados se halla siempre encima del eje, este valor de la intensidad de corriente recibe el nombre de " intensidad media cuadrática" o " valor eficaz" de la intensidad de la corriente.

Para cualquier corriente senoidal, la relación entre el valor máximo de la intensidad y el valor eficaz es igual a $\sqrt{2}$, o sea 1.4142. La relación entre la intensidad

eficaz y la máxima es a su vez, $\frac{1}{\sqrt{2}} = 0.707$

$$Ief = 0.707.I.m = \frac{1}{\sqrt{2}} I m$$

En los casos de rectificadores de corriente para , galvanoplastia, carga de baterías, lo que los resultados son proporcionales al numero de coulomb que circulan por el circuito y no a la potencia. Se ha de rectificar la ondulación de la corriente alterna.

El valor medio, que es aplicable a la rectificación de la curva senoidal completa como muestra la fig. 3(a) 2/ π o sea o.637 veces el valor máximo.

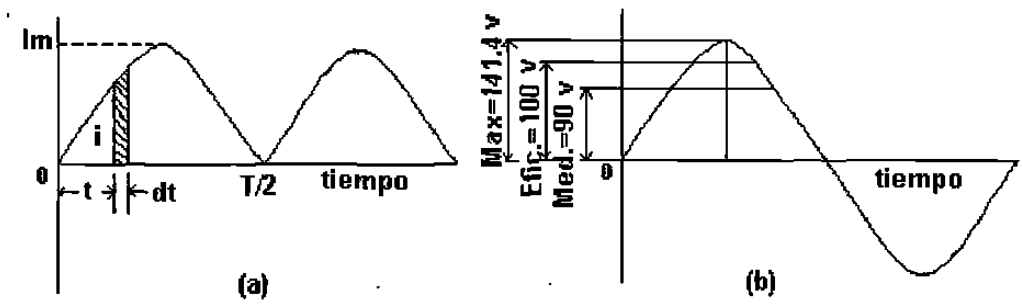


Fig.3 Valores máximo,eficas y medio en una onda sinusoidal.

La media de los valores de las tensiones e intensidades de corriente no debe emplearse en los cálculos de potencia ya que los aparatos de medida dan los valores de tensión e intensidad eficaz (y proporcionan en si el efecto térmico) o efecto joule, de tal manera que podemos escribir.

$$p = R\ I\ ef^2$$

3.1.6.5. Ley de ohm

Si consideramos un circuito que tiene solo resistencias donde se cumple:

$$e = R\,i = R\,Im\,Sen\,w\,t = Em\,sen\,w\,t$$

Donde

Em es el valor de la tensión.

La intensidad y la tensión tienen la misma frecuencia $f = w/2\pi$. Ambos también están en fase cuando $t = 0$, $sen\,wt = 0$ esto se muestra en la fig. 4(a)en la que están representadas cuando cortan el eje y toman su valor máximo al mismo tiempo. En la misma fig.4 (b) se representan tanto el voltaje como la corriente en un diagrama vectorial.

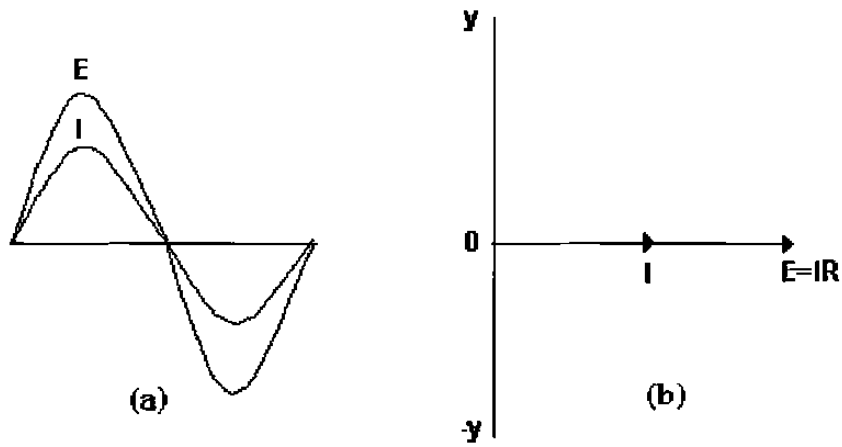


Fig. 4 Curva de tension y corriente en fase con el diagrama vectorial correspondiente

Cuando no hay mas que resistencias, la corriente alterna sigue las mismas leyes de la corriente continua en lo que se refiere a las relaciones que existen entre la tensión y la intensidad de la corriente, la resistencia y la potencia.

3.1.7. Rectificadores

Los cuerpos cuyo átomo tienen cuatro electrones de valencia en su última capa poseen unas características de conducción intermedias, y por este motivo se llaman semiconductores. Los cuerpos o elementos semiconductores mas utilizados en la electrónica industrial son los de silicio y germanio. Estos reúnen las propiedades eléctricas y mecánicas necesarias, son de obtención fácil y baratas.

Para la fabricación de tiristores se prefiere el silicio al germanio, el silicio posee varias ventajas sobre el germanio; una de ellas es la mayor resistencia de su estructura cristalina a temperaturas y tensiones de servicio elevadas.

semiconductor	impureza	Tipodesemiconductor	temperatura
germanio	Indio Aluminio	N P	55 ^{0}C
silicio	Arsénico Aluminio	N P	100 ^{0}C

Los semiconductores tipo P y N se usan raramente, excepto en combinaciones o asociación mutua.

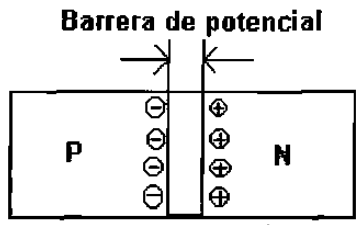


Fig.5 Union de dos semiconductores

Se llama diodo semiconductor a la unión o combinación de dos semiconductores, uno tipo P y el otro tipo N, formando una unión tipo PN con una barrera de potencial entre la unión como la muestra la fig.(5).

Los diodos P-N están formados por un material semiconductor que tiene exceso de huecos, como portadores mayoritarios y otro que tiene exceso de electrones libres, como (portadores mayoritarios). Como estos portadores son opuestos, el diodo P-N conduce mas en una dirección que en la otra; su símbolo en diagramas eléctricos y electrónicos es ver fig.6.

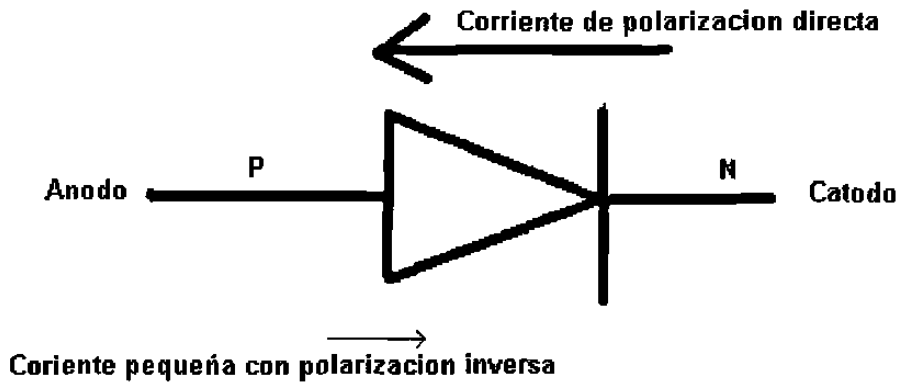


Fig.6. Simbolo del diodo

La polarización es directa cuando el polo negativo de una batería se conecta al semiconductor tipo N y el polo positivo al semiconductor tipo P ver la fig.7(a) y es inversa como se observa en la fig.7(b).

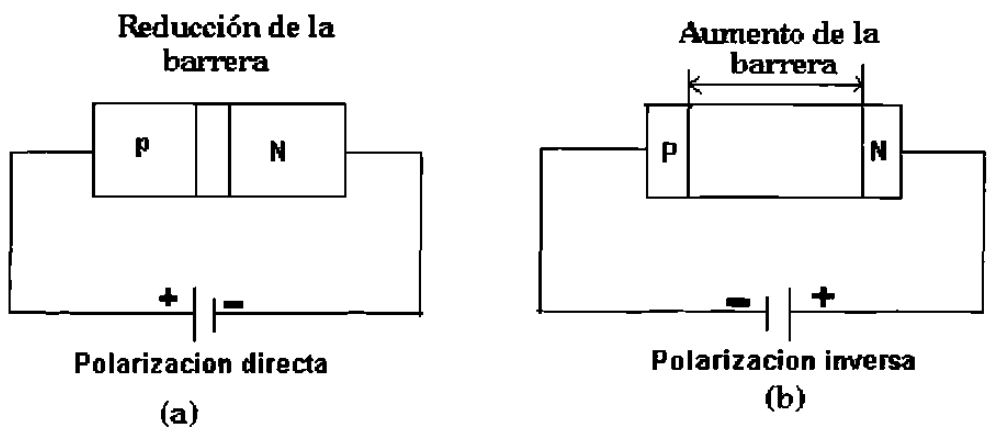


Fig.7 Polarizacion del diodo

Es esta característica la que le da su uso como diodo rectificador para convertir la corriente alterna en corriente continua, detector en la radio, etc.

También se fabrican diodos con características de resistencia negativa (diodo túnel) que se utiliza como interruptor electrónico su símbolo es el que se muestra en la fig.8.

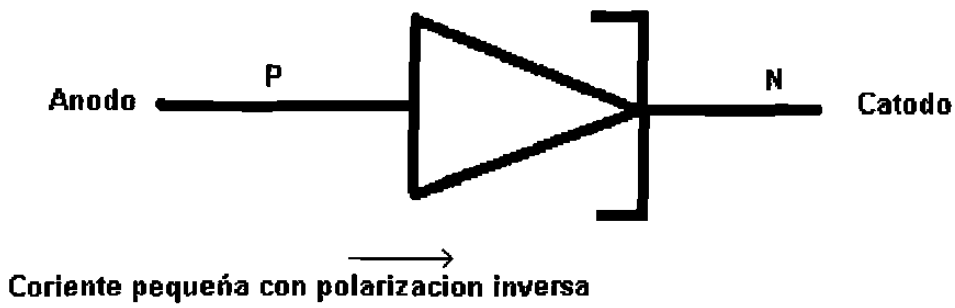


Fig.8 Simbolo del diodo túnel

Otro diodo que también es muy usado como regulador es el diodo zener; el cual trabaja en la zona de la corriente inversa (ruptura zener) su símbolo es el que se muestra en la fig.9.

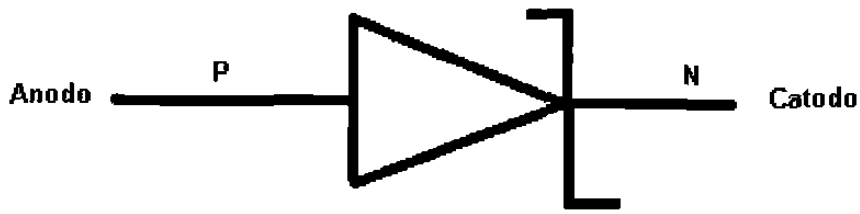


Fig.9 Simbolo del diodo zener

Los rectificadores controlados de silicio o SCR están constituidos por cuatro elementos pnpn y funcionan como dos transistores en serie como se ve en la fig.10

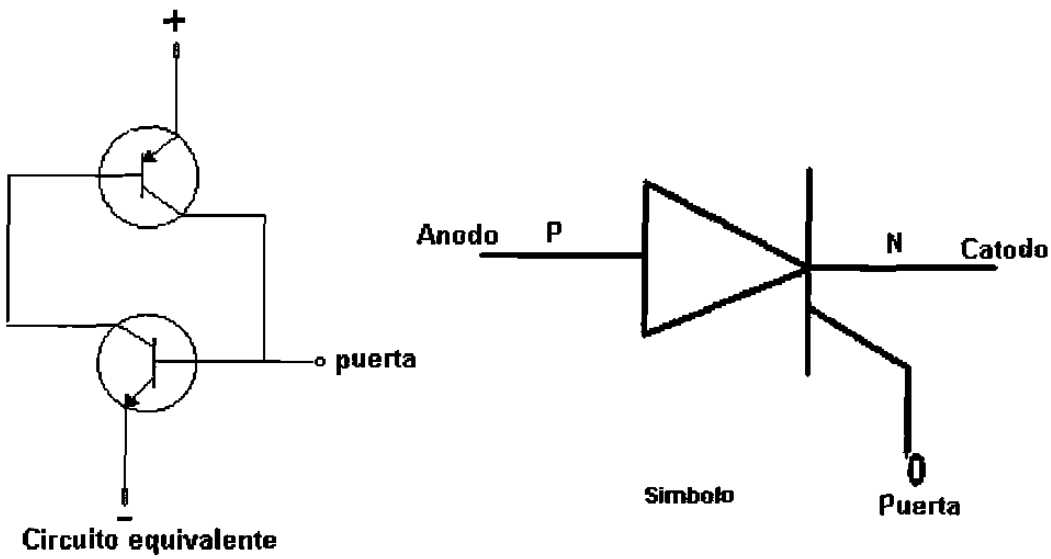


Fig.10. Circuito y simbolo del SCR

Para que conduzca este rectificador es necesario aplicar un voltaje directo en forma de pulso a la puerta, de esta manera circula una corriente muy grande, entre el cátodo y ánodo y el pulso deja de tener control sobre la puerta, de tal manera que para que deje de conducir el SCR es necesario cambiar la polarización del ánodo o del cátodo. Ahora

bien, si por medio de un circuito especial de disparo del pulso (caja lógica) puede conseguirse que el tiristor se dispare en un instante determinado de cada semionda positiva de tensión, se obtiene un sistema excelente para gobernar o ajustar la velocidad de un motor de corriente continua como en los motores de tracción de los mineros continuos y otros equipos etc. En la fig.11 se muestran los circuitos para el control de la tensión de inducido unidireccional en puente de onda completa.

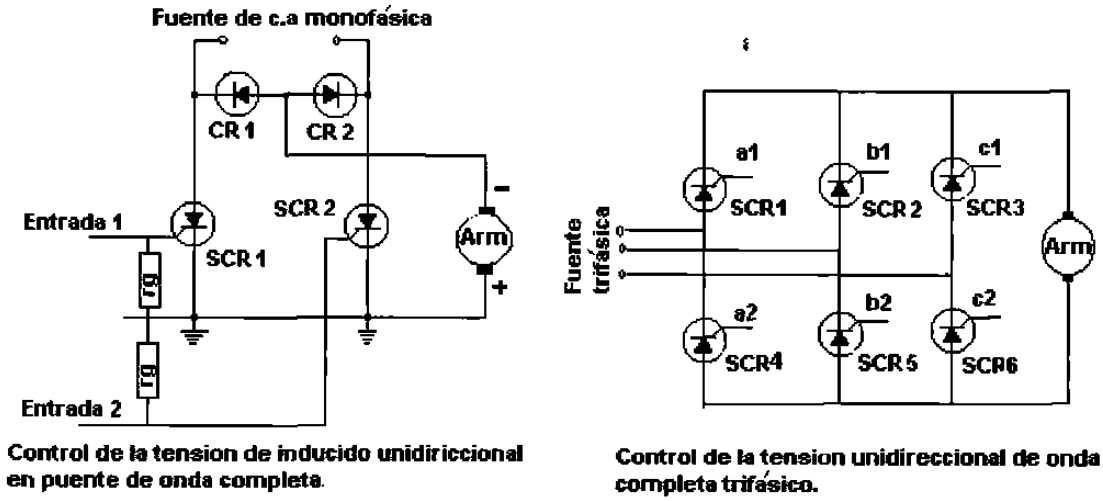


Fig.11 Diagrama de puentes rectificadores monofasico y trifasico

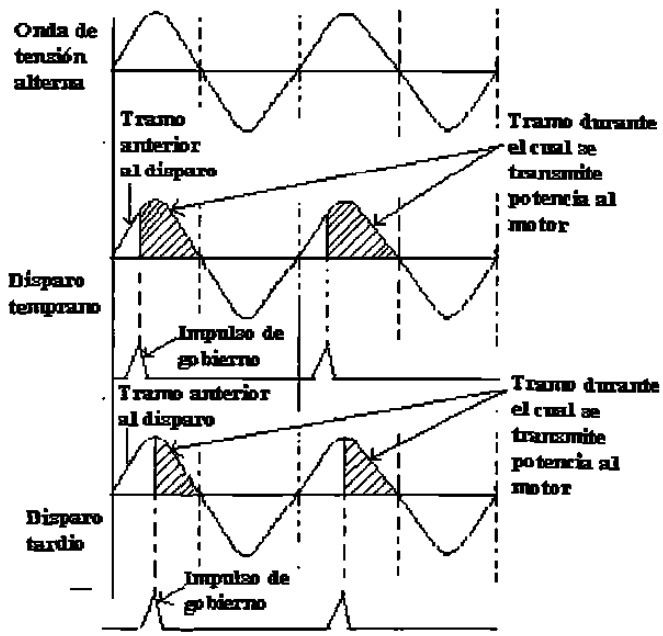


Fig.12
Efecto del dispara de un SCR con diferentes ángulos de abertura. el tramo sombreado de cada semionda positiva es mayor o menor

3.1.8. Condensadores

Un condensador esta constituido por dos placas metálicas separadas por un dieléctrico, trabaja bajo los principios de las cargas en los átomos de los materiales de lo que están hechas las placas, las cuales al ser conectadas a una tensión quedan cargadas. Esta carga que adquieran las placas es proporcional a la tensión de tal manera que podemos formularla.

$$Q = C\,V$$

Donde :

C es el coeficiente de proporcionalidad o capacidad del condensador en faradios ; como el Faradio es una unidad muy grande se utiliza el μ F que representa una millonésima de Faradio (10^{-6} Faradios)

V Es la tensión o diferencia de potencial en volts

Q Es la carga que adquiere el condensador en coulomb

Si después de haber cargado un condensador se le aísla, este conserva su carga. Al contrario si se unen sus placas a través de una resistencia R se descarga según una ley exponencial.

$$v = V\,e^{-t/RC}$$

donde

v Es la diferencia de potencial en la descarga en cualquier instante

RC Es la constante de tiempo

t = RC , t en seg.

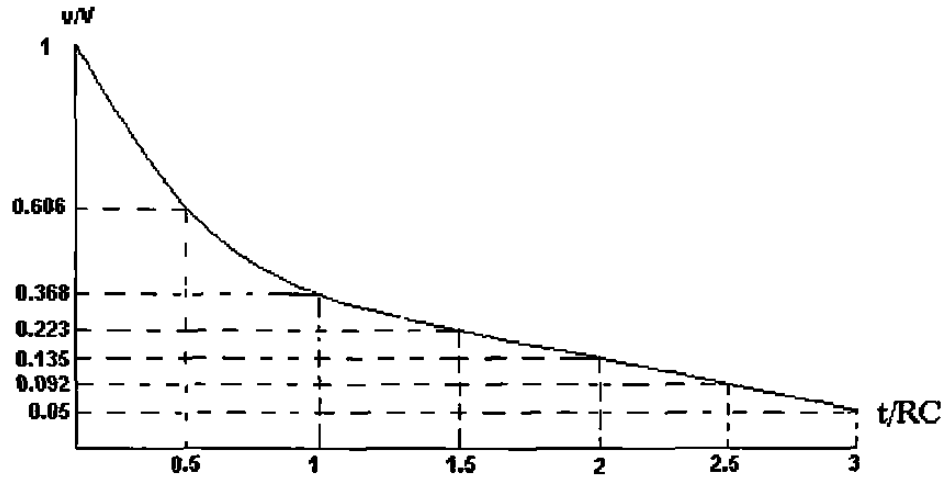


Fig.13. Potencial de un condensador durante su descarga

Para t = RC la diferencia de potencial de las placas alcanzan 36,8 % en un seg.

3.1.8.1. Importancia de los fenómenos de capacidad

Los fenómenos de capacidad desempeñan un gran papel en las redes eléctricas del interior de las minas. Ya que un conductor aislado forma la placa de un conductor y la tierra forma la otra, de tal manera que entre mas largo sea el conductor mayor será su capacidad y en un aislante rebajado por raspones o por otros motivos es mas fácil que se forme el arco eléctrico y electrocutar al personal que lo maneja o dañar el equipo.

3.1.8.2. Utilización de los condensadores

Prácticamente no existe instalación eléctrica sin condensadores, a continuación damos algunos ejemplos de utilización.

1.- Electrónica

2.- Control eléctrico (relevadores de tiempo)

3.- Para corregir el factor de potencia

En corriente alterna el condensador adelanta la corriente con respecto al voltaje, el cual si lo consideramos perfecto el ángulo de defasamiento es de 90 grados como se muestra en la fig.14 (b, c).

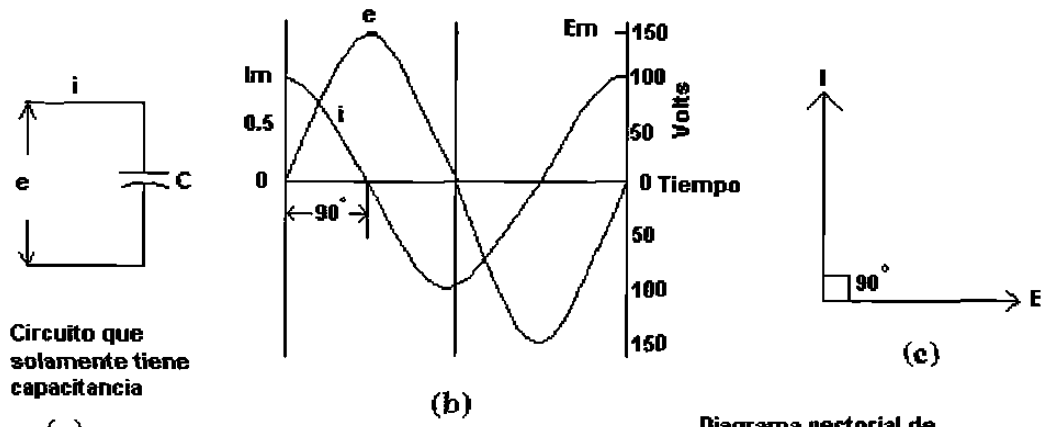


Fig.14

Es esta la característica que se usa para corregir el factor de potencia. También forma parte inversamente al crear una oposición al flujo de la corriente alterna, dicha oposición se le llama reactancia capacitiva y se representa por XC.

$$XC = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{w C}$$

XC Es la reactancia capacitiva en ohm

f Es la frecuencia en ciclos/seg. o hertz

C Es la capacidad en faradios.

3.1.8.3. Clases de condensadores

Son muchas y varían en particular según la gama, muy amplia, de las capacidades que se desean. Se distinguen los condensadores de aire, de aceite, de dieléctrico sólido. Los mas clásicos están formados por bandas de papel comprendidas entre hojas de aluminio muy delgadas y enrolladas en cilindros.

3.1.9. Inductancias

3.1.9.1. Campo magnético

En todo conductor recorrido por una corriente eléctrica se crea un campo magnético al rededor de el que es proporcional a dicha corriente.

Si el conductor se enrolla en forma como un resorte (solenoide) , el campo magnético será reforzado dependiendo del número de vueltas dándole el nombre de fuerza magnetomotriz (f:m:m) al producto de la corriente por el numero de vueltas.

$$fmm = N\,I \quad \text{amper-vueltas}$$

El flujo es el número de líneas que forman el campo magnético y es proporcional a la corriente que circula por la bobina o solenoide.

Si la corriente que pasa por el conductor que forma el solenoide es variable se presenta el fenómeno de autoinducción y el flujo será:

$$\varphi = L\,I$$

Donde L se llama inductancia en henry, es una propiedad de la bobina o elemento en estudio; también se le llama coeficiente de autoinducción.

3.1.9.2. Fuerza electromotriz de inducción

3.1.9.2.1. Ley de lenz:

En todos los casos de inducción electromagnética, la tensión inducida tenderá hacer circular en un circuito cerrado una corriente en un sentido tal que su efecto magnético se oponga a la variación que la ha engendrado.

$$e = \frac{d\varphi}{dt}$$

Puesto que $\varphi = L\,i$

$$d\varphi = L\,di$$

Por lo tanto

$$e = -L\,\frac{di}{dt}$$

3.1.9.2.2. Consecuencias

En todos los circuitos eléctricos en donde intervienen bobinas hay inductancia que crean campos que inducen a su vez en el circuito una f:e:m: de *inducción* (e). La cual puede alcanzar valores muy grandes del 50 a 100% de la tensión de la red. Esto es lo que explica la sobreintensidad del arco al abrir o cerrar un circuito.

El transformador basa sus principios en la inducción cuyo papel es esencial dentro de la transmisión, distribución de la energía eléctrica a escala nacional, internacional y en la industria, para proporcionar los diferentes voltajes requeridos en las mejores condiciones económicas.

3.1.9.3. Inductancia y corriente alterna

En un circuito puramente inductivo la corriente atrasa al voltaje en un ángulo de 90 grados como se muestra en la fig.15 (b). Si se aplica una tensión de forma senoidal.

$$v = Vm \cos w\,t$$

La fuerza electromotriz de inducción contrarrestaría a esta de acuerdo a la primera ley de kirckooff.

$$-L\frac{di}{dt} + Vm \cos w t = 0$$

Despejando

$$.di = \frac{1}{L} Vm \cos w t \, dt$$

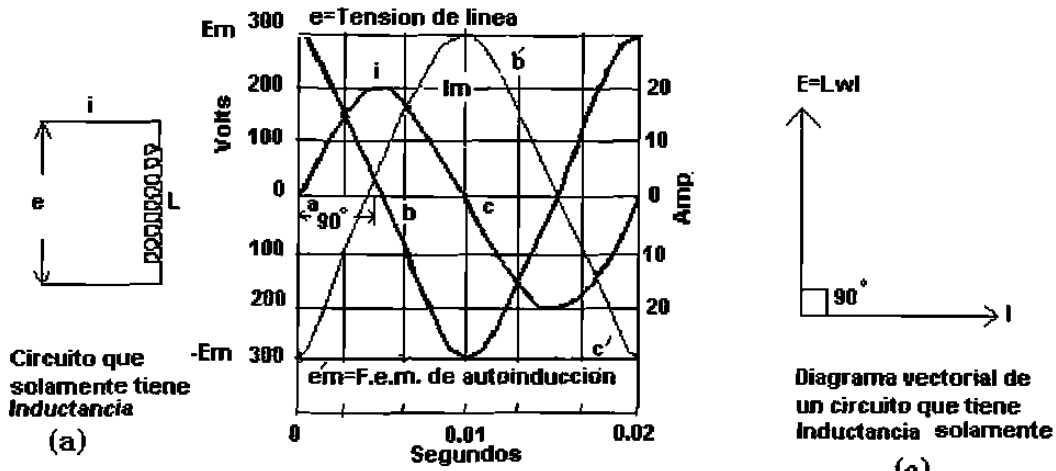
Integrando

$$.i = \frac{1}{L w} Vm \operatorname{sen} [w t - \frac{\pi}{2}]$$

$$.i = \frac{Vm}{L w} \operatorname{sen} [w t - \frac{\pi}{2}]$$

$$i = I m \operatorname{sen} [w t - \frac{\pi}{2}]$$

Al gráficar el voltaje y la corriente se observa en la fig.15 (b) el defazamiento así como también la f:e:m: de inducción.



Fig,15

Si la asemejamos a la ley de ohm, el factor Lw nos representaría la resistencia pero como el circuito es inductivo se representa por XL = Lw,

XL = 2π f L y se llama reactancia inductiva " en ohm".

Ahora podemos escribir aplicando la ley de ohm al circuito inductivo.

XL(i) = v

$$wL\ Im\ sen\left(wt - \frac{\pi}{2}\right) = V\ m \cos wt$$

Puesto que

sen (w t - 90) = cos w t

w L I.m. Cos w t = v m cos w t

El valor máximo del cos w t = 1

w L Im. = v m

Los valores de voltaje y corriente máximos pueden ser leídos en osciloscopio y algunos instrumentos digitales.

En lo que respecta a los aparatos analógicos estos dan valores eficaces del voltaje y la corriente, aplicando las relaciones.

$$I.m. = Ief\ \sqrt{2}, \qquad vm = Vef\ \sqrt{2}\ , \qquad w\,L\ Ief\ \sqrt{2} = Vef\ \sqrt{2}$$

$$Ief = \frac{Vef}{w\,L} = \frac{Vef}{XL}$$

3.1.9.3.1 Impedancia Z (ley de ohm generalizada)

Si se aplica una tensión a un circuito serie que contenga resistencia, capacidad e inductancia aparecerán las siguientes relaciones del diagrama vectorial mostrado en la *fig.16(b)*.

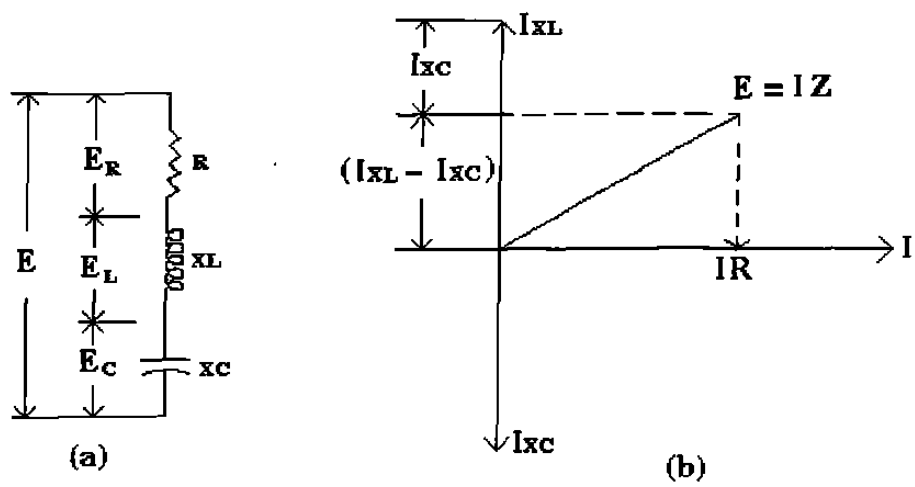


Fig.16 Circuito serie con R, L, C.

En la cual se pone como referencia en el eje horizontal la corriente, ya que esta es la que se atrasa o se adelanta con respecto al voltaje dependiendo el tipo de circuito que predomine. En el caso del circuito resistivo la corriente y el voltaje están en fase.

La tensión de la línea debe ser igual al vector suma de las tres tensiones y es la hipotenusa del triángulo rectángulo cuyos catetos son I R, e I(X L - X C)

$E^2 = (I R)^2 + [I (X L - X C)]^2$

$E^2 = I^2 [R^2 + (X L - X C)^2]$

$E = I \sqrt{R^2 + (XL - XC)^2}$

El factor $\sqrt{R^2 + (X L - X C)^2}$ se le da el nombre de impedancia y se representa como.

$Z = \sqrt{R^2 + (X L - XC)^2}$

De tal forma que podemos escribir.

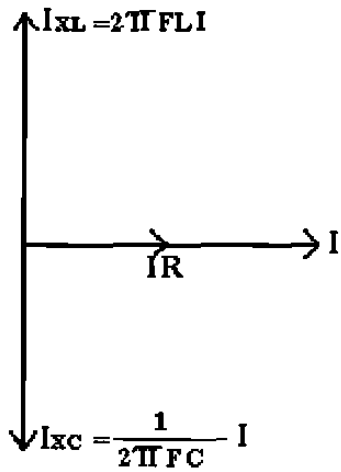
$E = I Z$, despejando I tenemos $I = \frac{E}{Z}$

El ángulo de fase φ se halla de la expresión $tg\ \varphi = \frac{XL - XC}{R}$

El factor de potencia del circuito es f. $P = \cos \varphi = \frac{R}{Z}$

3.1.9.4. Resonancia en el circuito serie

Cuando la reactancia inductiva es igual a la reactancia capacitiva sucede la resonancia y la tensión en terminales de la inductancia es igual al de la tensión en el capacitor y se equilibran mutuamente, de manera que la caída de tensión I R se hace igual a la tensión de la línea como se muestra en el diagrama vectorial de la fig.17 .



$$XL = XC$$

$$2\Pi FL = \frac{1}{2\Pi FC}$$

$$F^2 = \frac{1}{4\Pi^2 LC}$$

$$F = \frac{1}{2\Pi\sqrt{LC}}$$

Fig.17 Diagrama vectorial de la resonancia

Cuando el circuito es resonante la tensión en el inductor es igual a la del capacitor y ambas tensiones pueden alcanzar altos valores, aun cuando la tensión sea reducida, esta relación también es aplicada a circuitos en paralelo.

3.1.10. Potencia

La fórmula para la potencia en corriente continua p = e i, en corriente alterna esta formula también se acepta. Si consideramos valores instantáneos su expresión.

p= E m sen wt- [Im sen (w t - φ) = 1/ 2 Em I m [cos φ - cos (2wt - φ)] el valor medio de esta potencia

P=1/2 (Em Im cos ϕ)

Em= √2 Eef, Im= √2 Ief,

Puesto que $Eef = \frac{Em}{\sqrt{2}}$ y $Ief = \frac{Im}{\sqrt{2}}$

$P = Eef\, Ief \cos \phi$

Esta potencia es el efecto realmente útil de la corriente. Se llama potencia real o potencia activa, mientras que el producto de Eef x Ief es la potencia aparente y se representa por la letra S; al cos φ le llama factor de potencia.

3.1.10.1 Potencia compleja

La potencia compleja o potencia aparente esta dada por el producto V I y se denota por el símbolo S. Las unidades de S son volts amper o sus múltiplos. en la forma trigonométrica la potencia compleja tiene la forma.

$S = V\, I \cos \varphi + j\, V\, I \operatorname{Sen} \varphi$

Donde como ya vimos V I cos φ es la parte real o potencia real (p), al producto V I sen φ que es la parte imaginaria, se le conoce como la potencia reactiva se representa por la letra (Q) de manera que la potencia compleja se puede expresar;

$S = P + J\, Q$

Si la corriente va atrasada con relación al voltaje (circuito inductivo) se tiene el triángulo de la fig.18.

1020130103

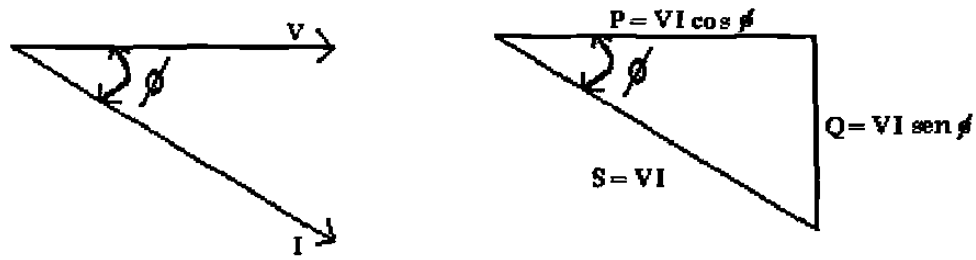


Fig18. Triangulo de potencia para cicuito inductivo

Para corriente adelantada al voltaje (circuito capacitivo) fig.19.

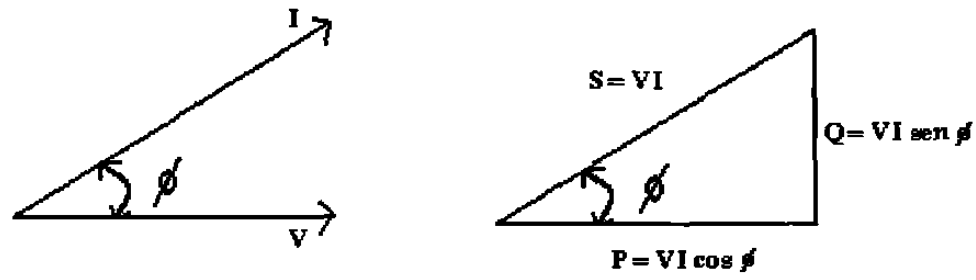


Fig.19 Triangulo de potencia para circuito capacitivos

La potencia compleja S también se obtiene del producto V I

Resumen de fórmulas para determinar la potencia real, reactiva, aparente.

Potencia real

$P = V\,I\,\cos\phi$

$P = I^2 R$

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Potencia reactiva

$Q = V\,I\,\mathrm{Sen}\phi$

$Q = I^2 X$

$$Q = \frac{V^2}{X}$$

potencia aparente

$S = V\,I$, $S = I^2 Z$, $S = \dfrac{V^2}{Z}$

Factor de potencia

$\cos\phi = \dfrac{R}{Z}$, $\cos\phi = \dfrac{P}{S}$

3.1.10.2. Corrección del factor de potencia

En algunas aplicaciones de los circuitos eléctricos, especialmente en los casos de sistemas industriales, es necesario hacer correcciones en el factor de potencia, para evitar multas por parte de C.F.E. que establece un (0.9) mínimo.

3.1.10.2.1. Potencia en circuitos trifasicos balanceados

Las conexiones mas empleadas (de transformadores, motores) en la industria son las conexiones Delta (Δ) y Estrella (Y) y las relaciones entre potencia, corriente y voltaje para cada una de ellas se muestra a continuación.

$St = \sqrt{3}\ Vl\ Il$ (Volts Amper)

$Qt = \sqrt{3}\ Vl\ Il\ Sen\ \varphi$ (Volts Amper reactivos)

Para Δ

$Pt = \sqrt{3}\ Vl\ Il\ Cos\ \varphi$ (Watts)

$Il = If\ \sqrt{3}$

$Vl = Vf$

Para Y

$P = \sqrt{3}\ Vl\ Il\ Cos\ \varphi$ (Watts)

$Il = If$

$Vl = Vf\ \sqrt{3}$

Pt = potencia total en Watts

Vl = voltaje de línea en Volts

Il = corriente de línea en Amperes

Vf = voltaje de fase en Volts

If = corriente de fase en Amperes

3.1.11. Esquema eléctrico general de una mina

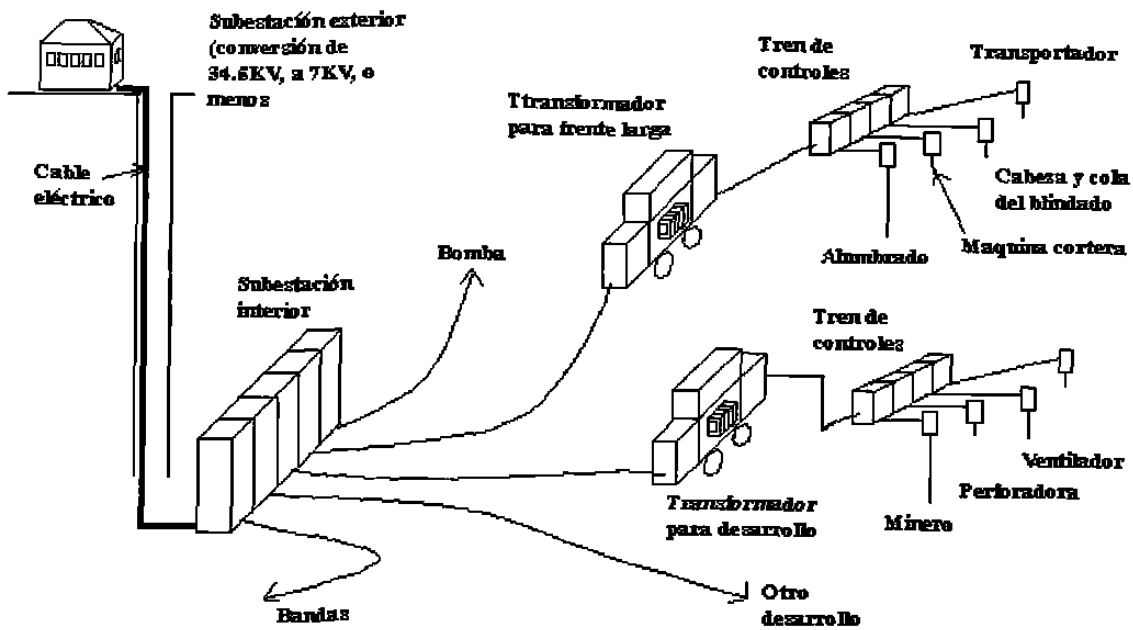


Fig.20. Diagrama eléctrico general de una red minera

3.1.12. Estudio de seguridad

El estudio de la seguridad de las redes, tanto de neutro a tierra como de neutro aislado, muestran mucha importancia de una puesta a tierra correcta de las masas de la red para que dediquemos algunas líneas al modo practico de realizarlas.

3.1.12.1 Línea a tierra

Se trata de un conductor que sigue aproximadamente el mismo trayecto que las tres fases de la red. Su objetivo es facilitar la unión con tierra de todas las masas metálicas: cárter de los transformadores, de motores, de cajas de conexión, etc. Reglamentariamente, las líneas de tierra deben tener una conductancia por unidad de longitud al menos igual a la del conductor activo mas grueso de alimentación.

Puede estar constituido por

A) La armadura metálica de un cable armado

B) Una vaina de plomo de un cable

C) Un conductor especial

En los cables de baja tensión, un cuarto conductor, añadido en el cable a los tres conductores de fase, suele ser el que se utiliza como línea de tierra.

3.1.12.2 Toma de tierra

a) Depende de la resistividad del suelo. Esta varia de 40 a 5000 ohm-m^2/m, cuando se pasa de la tierra de labor humedad al gres ordinario. Las pizarras secas

tienen resistividades de 200 a 1000 Ohm-m^2/m. L a humedad reduce mucho estas ultimas cifras.

b)También depende de la forma geométrica y de las dimensiones de la armadura metálica que las constituyen. En general, la resistencia de la toma de tierra disminuye con las dimensiones.

3.1.12.2.1 Algunos casos mas corrientes:

1.- Tubo introducido verticalmente en un agujero: no requiere pasar de 1.5 más. De longitud. La resistencia es aproximadamente de 0.12ρ

2. - placa de hierro laminado: una superficie de un metro cuadrado es suficiente; corresponde a 0.4 ρ

3. - conductor enterrado; constituye una buena toma de tierra. El diámetro del conductor tiene poca importancia. Mas allá de 50 mts, de longitud las ventajas son, por otra parte, pequeñas. Para 50 mts. La resistencia es alrededor de 0.15 ρ

4.- Varios tubos verticales conectados en paralelo: se estima inútil colocar mas de 8. Se les podrá colocar a 2 mts. De otros y la resistencia será de 0.05ρ .

Una buena realización practica consistirá en colocar dos series de 4 tubos ligados entre ellos por 50 mts. De conductor enterrado en el suelo.

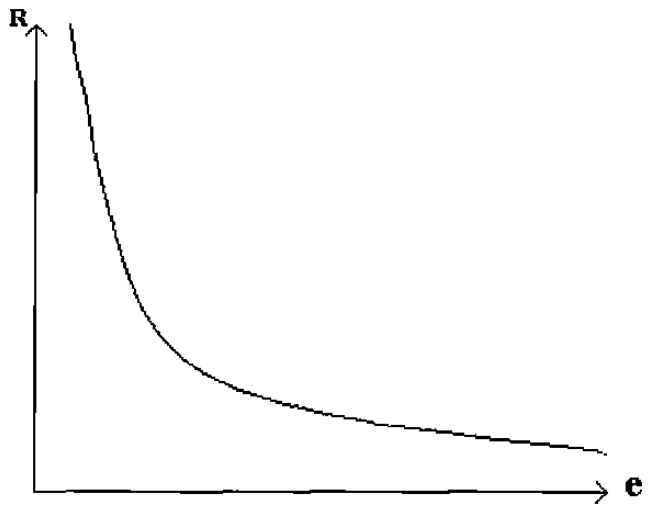


Fig.20 Variación de la resistencia de una toma de tierra en función de una de sus dimenciones

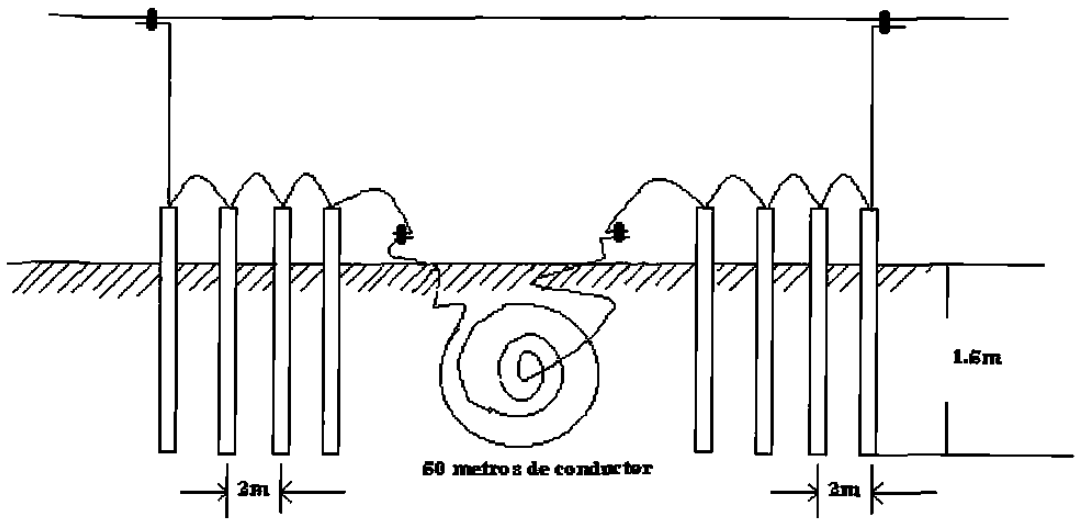


Fig.21 Toma de tierra

Resistencia

Para el tubo = 0.12 ρ

Para la placa = 0.4ρ

Para los conductores = 0.15ρ

Para los 8 tubos = 0.05ρ

3.1.12.3 El riesgo de incendio

Toda circulación de corriente lleva consigo un calentamiento de los conductores por efecto joule. Y esto puede provocar un incendio, si no se cumplen ciertas condiciones cuyas consecuencias pueden ser catastróficas.

La electricidad en el interior de las minas exige precauciones especiales. Por ejemplo, examinemos las circunstancias por las que una instalación eléctrica puede dar lugar a un incendio. Se distingue cuatro tipos de fenómenos:

a) La sobrecarga
b) El corto circuito
c) La fase a tierra
d) El arco eléctrico.

3.1.12.3.1 La sobrecarga

La elección de las distintas partes de una red eléctrica se hace dé tal modo que los desprendimientos de calor a lo largo del servicio, sean bastantes débiles para que se disipen sin ningún riesgo.

Pero con frecuencia ocurre que una explotación evoluciona, teniendo que soportar la red eléctrica motores adicionales o suplementarios, arrastrar transportadores más largos y en ocasiones mas cargados, alimentar un minero o una maquina cortera que encuentra carbón mas duro, etc. Si la selección no ha sido adecuada algunas partes de la red soportaran intensidades de corriente mas elevadas que aquellas para las que habían sido previstas: existirá entonces sobrecarga.

Las sobrecargas tienen como efecto someter a los aislantes a temperaturas elevadas. Por lo tanto se afectan sus cualidades, hay descomposición y a veces hasta su inflamación.

3.1.12.3.2 El cortocircuito

Es el incidente en que se establece un contacto directo entre dos fases o entre fase y tierra en una red con neutro a tierra. Este fenómeno va acompañado casi siempre de un arco que desprende un calor importante. Tales arcos, pueden provocar el incendio de los cables o provocar la explosión de aparatos llenos de aceite.

Los cortocircuitos tienen los diversos orígenes siguientes:

1,-Degradación del material por una causa exterior:
2.-Degradación progresiva de los aislantes.
3.-Error del material.

3.1.12.3.3. La avería fase a tierra

En una red con neutro aislado, esta avería no provoca cortocircuito. Es esta una de las ventajas más importantes de este tipo de red que se añade a la de su seguridad en cuanto al riesgo de electrocución.

3.1.12.3.4. El arco eléctrico

Se trata del arco que salta entre los dos extremos de un corte sobre un conductor y que conserva así, a pesar de este corte, el paso de una corriente. Lo que puede ser suficiente para provocar un incendio. Por lo tanto es necesario considerar.

1) Medidas preventivas, para evitar su aparición.
2) Disposiciones de protección para contener el fenómeno inmediatamente.

3.1.12.3.4.1. Medidas preventivas.

La utilización de un material eléctrico fabricado con materiales de cualidades seguras de resistencia al fuego. Como es el caucho incombustible y se eliminan los aparatos de aceite.

3.1.12.3.4.2. Protección para contener el fenómeno.

La supresión de materiales combustibles, y principalmente de la madera en la proximidad inmediata de los puntos mas delicados de la red del interior.

CAPITULO 4

CABLES ELÉCTRICOS EN LAS MINAS

Generalidades

En cualquier instalación eléctrica se requiere que los elementos de conducción de energía tengan una buena conductividad y cumplan con otros requisitos en cuanto a sus propiedades eléctricas y mecánicas, considerando desde luego el aspecto económico. Por esta razón la mayor parte de los conductores empleados en instalaciones eléctricas están hechos de cobre o aluminio que son comercialmente los materiales con mayor conductividad y con un costo bajo como para que resulten económicos, ya que existen otros materiales con mejor conductividad como son la plata y el platino, pero con un costo elevado lo que hace antieconómico su utilización en instalaciones eléctricas.

Desde el punto de vista de las normas, los conductores se han identificado por un numero que corresponden a lo que comúnmente se conoce como el calibre y que normalmente sigue el sistema americano (awg, circular mil) o europeo, siendo el mas grueso el numero 4/0, siguiendo en orden descendente del área del conductor los números 3/0, 2/0, 1/0, 1,2,4,6,8,10,12,14,16,18,20, que es el mas delgado usado en instalaciones eléctricas. Los países europeos usan generalmente el milímetro cuadrado por tal motivo es necesario tener una conversión de medida que puede hacerse utilizando la relación.

Circular mil=mmx1973.5

la tabla que se muestra a continuación presenta estas equivalencias.

Dimensiones de los conductores eléctricos desnudos				
Calibre	Sección		Diámetro	
A.W.G. M.C.M	C.M.	mm2	Pulgs.	mm
20	1022	0.5176	0.03196	0.812
18	1624	0.8232	0.04030	1.024
16	2583	1.3090	0.05082	1.291
14	4107	2.0810	0.06408	1.628
12	6530	3.3090	0.08081	2.053
10	10380	5.2610	0.1019	2.588
8	16510	8.3670	0.1285	3.264
6	26250	13.3030	0.1620	4.115
4	41740	21.1480	0.2043	5.189
3	52630	26.6700	0.2294	5.827
2	66370	33.6320	0.2576	6.543
1	83690	42.4060	0.2893	7.348
1/0	105500	53.4770	0.3249	8.252
2/0	133100	67.4190	0.3648	9.266
3/0	167800	85.0320	0.4096	10.403
4/0	211600	107.2250	0.4600	11.684
250		126.644	0.575	14.605
300		151.999	0.630	16.002
350		177.354	0.681	17.297
400		202.709	0.728	18.491
500		253.354	0.814	20.675

A excepción de los conductores eléctricos usados en líneas aéreas y redes de distribución, los conductores empleados en las instalaciones eléctricas están aislados con aislante tipo termoplástico con diferentes denominaciones comerciales según el tipo de fabricante, siendo los mas comunes: tipo tw, vinanel 900, vinanel nylon, vulcanel E.P, vulcanel XLP.

cada tipo de conductor tiene propiedades especificas que lo diferencian de otros, pero en general en la selección de un conductor deben considerarse los agentes que los afectan durante su operación.

El cable destinado a la conducción de la energía en el interior de la mina debe satisfacer muchos imperativos que resultan en la explotación y que se pueden agrupar como:

1)agentes químicos (agua , humedad, hidrocarburos, ácidos, álcalis)
2) agentes mecánicos (presión mecánica, abrasión, elongación, dobles a 180 grados)
3) agentes eléctricos (rigidez dieléctrica).

Por otra parte los cables alimentan diferentes tipos de aparatos: aparatos fijos (transformadores) semifijos (transportadores) móviles (mineros continuos, maquinas corteras, perforadoras etc.) el cable debe estar concedido en forma que se evite todo peligro de electrocución., con algún dispositivo que lo ponga fuera de servicio cuando se presente una avería .

En estas condiciones un solo tipo de cable no puede satisfacer a la vez todas las condiciones. con la aparición de materiales nuevos en la fabricación, conducen a modificaciones constantes en la concepción actual de los cables de mina.

Por lo que es necesario abordar las siguientes cuestiones.

1).- Principales tipos de cable
2).- Elección y calculo.
3).- Accesorios de cable.

4.1. Tipos de cable.

4.1.1. Definiciones y generalidades.

4.1.1.1. Conductor.

Un cable comprende varios conductores que al manejar corriente trifasica se requiere que contenga mínimo 3 conductores , un conductor esta formado de una alma rodeada de una envoltura aislante .

La flexibilidad del alma y por lo tanto del cable, depende de los elementos siguientes:

1).- La naturaleza del cable.

2).- El diámetro de los conductores.

3).- Ejecución Toron o tordon (es mas flexible tordon).

4).- Para un alma de varias cuerdas, no unidas, la flexibilidad aumenta cuando esta unión disminuye.

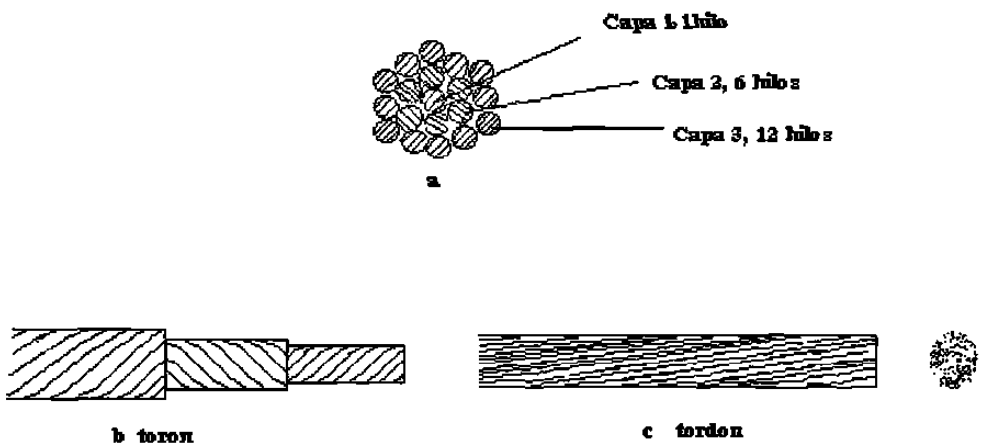


Fig.22. Constitución de un cable de 4 conductores (3 fases y un hilo de tierra)

4.1.1.2. Vainas

Todos los conductores están revestidos por un cilindro continuo cuyas funciones son diversas. Se distinguen las que se muestran en la fig.23

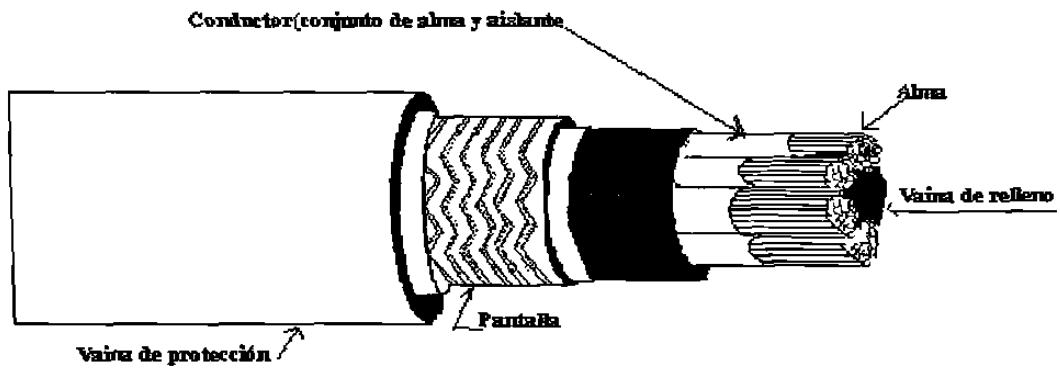


Fig.23. Constitución de un cable

4.1.1.3. Pantallas

En algunas categorías de cable se coloca en la masa de la vaina aislante una vaina conductora o (pantalla) redondea al conjunto de los conductores para la protección eléctrica del cable . puede ser.

1).- Estampado metálico.

2).- Trenza mixta de cobre.

3).- Caucho semiconductor.

4.1.1.4. Revestimiento armado.

Constituye una protección suplementaria muy resistente contra el deterioro . la fig. muestra dos clases de revestimiento.

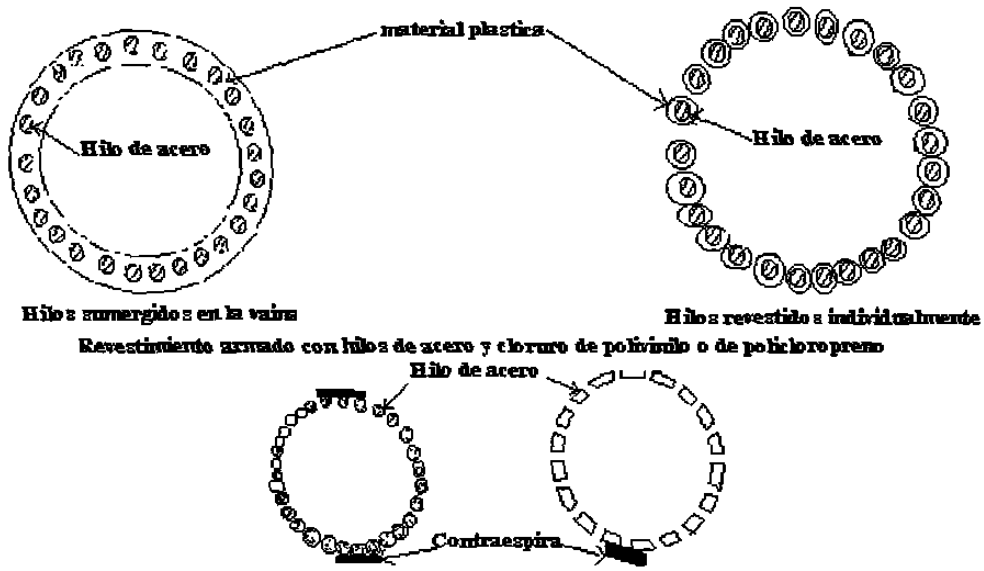


Fig.24.Revestimiento en hilos de acero

Algunos cables llevan además hilos pilotos, se llaman así a pequeños conductores incorporados a la masa del cable y que están destinados a conducir una corriente pequeña (alimentados generalmente de 24 volts), con el fin de trasmitir ordenes de protección.

4.2 Clasificación de los cables

Se distinguen tres categorías.

A).- Cables armados (para maquinas fijas como transformadores etc.)

B).- Cables semiflexibles (maquinas semifijas como cabeza motrices)

C).- Cables flexibles (maquinas móviles como mineros, maquinas corteras, perforadoras etc.)

4.2.1. Cables armados.

Llevan esencialmente.

Vainas de relleno.

Vainas de Estanqueidad.

Revestimiento Armado.

4.2.2. Cables semiflexibles (o semifijos).

Los conductores, semiflexibles por construcción están redondos :

de una vaina de relleno.

De una armadura metálica flexible, destinada a reforzar mecánicamente el conjunto.

de una vaina de protección.

4.2.3. Cables flexibles (o cables móviles)

Los conductores cuya flexibilidad ha sido especialmente estudiada, están rodeados de una vaina de relleno de una pantalla y de una vaina de protección.

4.3. Descripción de los cables de mina.

4.3.1. Para tensión media : cables armados

Para baja tensión
- Cables Armados
- Cables semiflexibles
- Cables Flexibles

Cables armados de tensión media (3200 a 5500V) son los únicos cables utilizados con tensión media.

Composición

Tres conductores aislados con papel impregnado, vaina de relleno de papel, vaina de estanqueidad de plomo, revestimiento armado.

Propiedades: estos cables son pesados y no flexibles: su diámetro de arrollamiento debe ser al menos treinta veces su diámetro. Resisten muy bien la humedad, a condición , no obstante, de no ser desplazados cuando llevan algunos años de servicio, ya que esto da lugar a fisuras en la vaina de plomo.

Utilización: desde la subestaciôn exterior hasta los transformadores del interior.

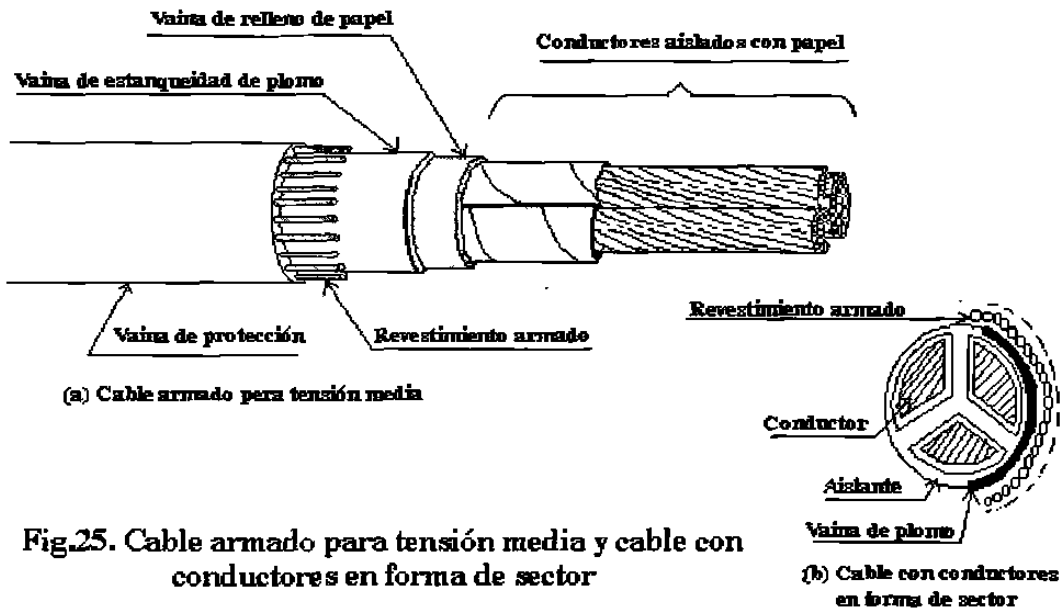


Fig.25. Cable armado para tensión media y cable con conductores en forma de sector

4.3.2. Cables armados de baja tensión (menos de 750v)

Composición.

Tres ó cuatro conductores aislados con caucho vulcanizado, una vaina de estanqueidad de policloropleno (que hace el mismo tiempo de una vaina de relleno).un revestimiento armado.

Propiedades: muy resistentes que permiten un enrrollamiento de veinte veces su diámetro.

Utilización : cable de galería que acaba en una maquina fija o que se desplaza muy raras veces.

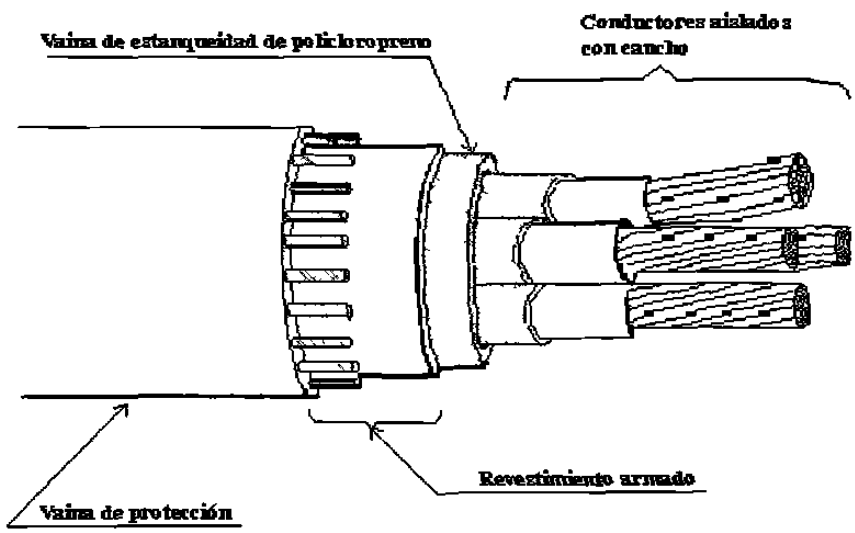


Fig.26.Cable armado para baja tensión

4.3.3. Cables semiflexibles (baja tensión)

Composición.

Cuatro conductores (e hilos guía), aislados con cartucho vulcanizado y reunidos alrededor de un relleno central.

Vaina de relleno de policloropleno, armadura de hilos de acero.

Vaina de protección de policloropleno.

Propiedades: estos cables son mucho mas flexibles que los anteriores, se enrollan en tambores que tengan 12 veces su diámetro. Su fabricación esta prevista para bajas tensiones y para conductores que no pasen de 50 mm^2 de sección. Como la armadura no puede servir de línea de tierra, se requiere cuatro conductores.

Utilización: los cables semiflexibles alimentan, a partir de cajas de conexión , maquinas semifijas (motores que no se desplazan mas que una o dos veces cada 24 horas), como cabezas de transportadores y bandas , etc.

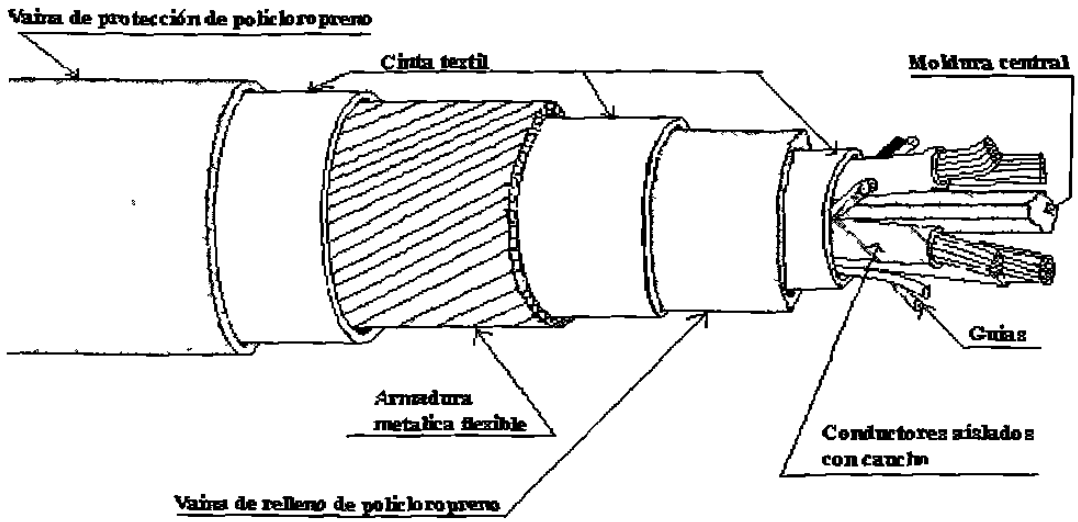


Fig.27. Cable semiflexible

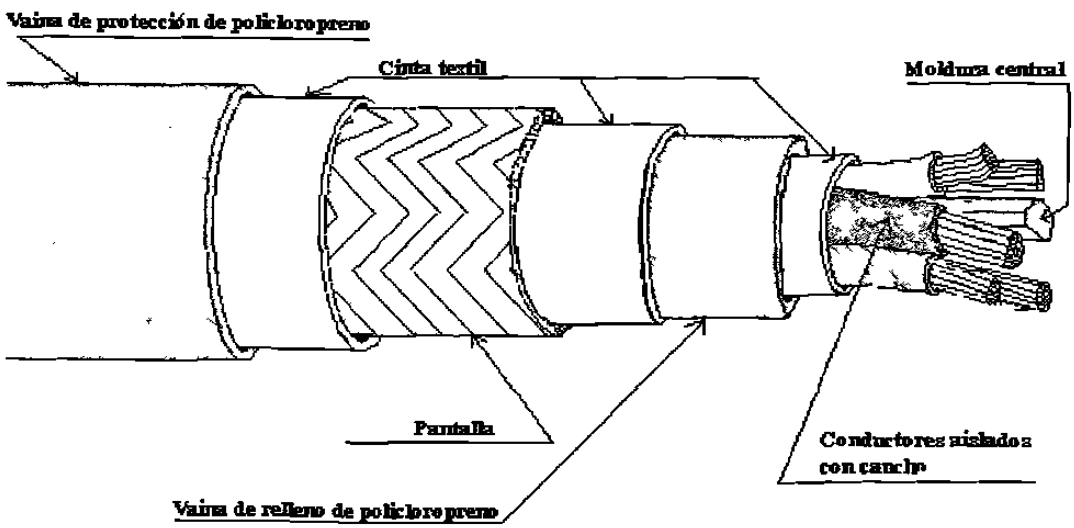


Fig.28. Cable flexible con pantalla clásica

4.3.4. Cables flexibles (siempre de baja tensión).

Se utilizan en todas las alimentaciones de maquinas (mineros continuos, carros).deben ser flexibles para adaptarse a sus desplazamientos . son los mas expuestos de la mina y deben tener garantías de seguridad muy especiales.

Composición. Los cables flexibles tienen una composición idéntica a la de los cables siemiflexibles , con las diferencias siguientes:

Los conductores de las almas conductoras son mas finos .

No existe armadura metálica

Una pantalla conductora o semiconductora ocupa el lugar de la armadura metálica .

Propiedades: el diámetro de enrrollamiento de estos cables es 8 veces su propio diámetro. Su pantalla de seguridad puede hacer desconectar el circuito de alimentación del cable, en caso de dañarse este.

Las pantallas están constituidas por trenzados mixtos de algodón y cobre, por pequeños cabos de cobre ensamblados, caucho semiconductor.

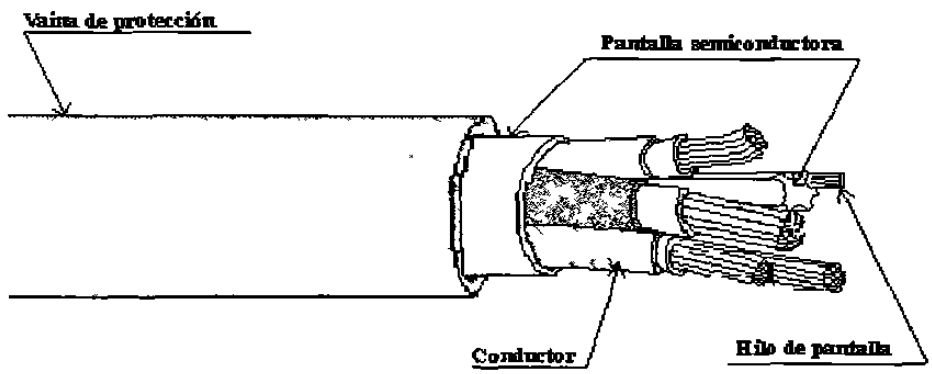


Fig.29. Cable flexible con pantalla semiconductora

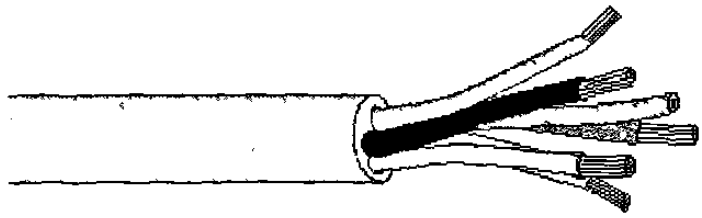


Fig.30. Cable de perforadora

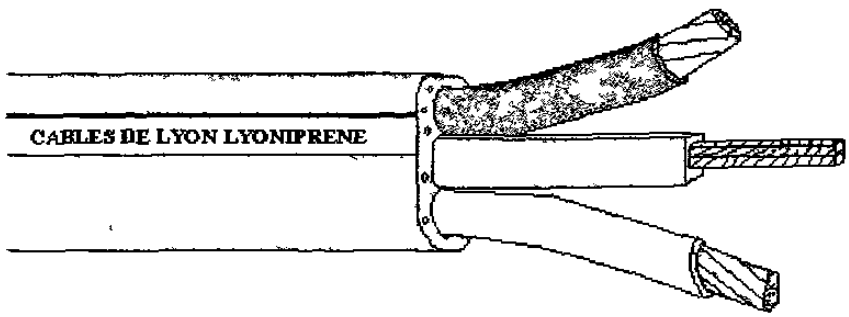


Fig.31. Cable semiplano

4.4. Selección de un cable

Primero conviene elegir el tipo de cable a usar, que depende de su utilización. Como segundo punto, elegir la sección de los conductores, de acuerdo a las secciones normalizadas que da la tabla siguiente (sección en mm^2 para un conductor de fase):

Cables armados H.T	Cables armados B.T	Cables semiflexibles	De pantalla metálica	Cables Flexibles De pantalla semiconductora	Sin pantalla
		2			
	3.5				3
	5.5	5			5
					6
			8		
	10	10			
		16			
18	18				
			21		
		25		25	
30	30				
		40	40	40	
50	50	50	50		
75	75				
95	95				
	120				
150	150				

Al elegir la sección de cable se debe considerar además los siguientes puntos:

1) Calentamiento en servicio normal
2) Reacción en caso de cortocircuito
3) Desenganche de las protecciones mas comunes para la corriente de corto circuito mínima.
4) Caída de tensión

4.4.1 Calentamiento de los cables

Para la buena conservación de un cable, todos los constructores admiten que los conductores no deben pasar nunca de una temperatura limite.

La tabla que se muestra a continuación permite determinar la intensidad permanente y constante Ic de la corriente que calienta los conductores hasta 50 ^{0}c

sección nominal del cable (es decir, sección de cada conductor de fase), en mm	Cable aislado con papel impregnado		Cable aislado con caucho	
	Intensidad máxi-ma admisible Ic	Densidad de corriente	Intensidad máxi-ma admisible Ic	Densidad de corriente
10	55	5.5	55	5.5
16	77	4.8	77	4.8
18	84	4.6	84	4.6
21	92	4.4	92	4.4
25	102	4.1	102	4.1
30	112	3.7	112	3.7
40	135	3.4	133	3.3
50	153	3.1	147	2.9
75	190	2.5	175	2.3
95	212	2.2	195	2
120	231	1.9	210	1.7
150	248	1.7	223	1.5

Esta tabla hace recordar la noción de densidad de corriente, que es la relación entre la intensidad de la corriente y la sección de los conductores es de :

5.5 A/mm^2 para una seccione nominal de cable de 10mm^2

1.7 A/mm^2 para una sección nominal de cable de 150mm^2

4.4.1.1. Corrección de temperatura ambiente

En caso de trabajar un cable a temperaturas superiores a 20 ^{0}c es necesario hacer la corrección de la nueva Ic de acuerdo con la siguiente formula.

$Ic' = Ic\sqrt{50-Ta/30}$

Donde . Ta = temperatura ambiente

Ic =Intensidad máxima admisible

4.4.1.2. Corrección para marchas intermitentes

El arranque de un motor eléctrico necesita durante algunos segundos una corriente de 6 a10 veces superior a la corriente nominal. esta sobre corriente no puede despreciarse siempre, teniendo en cuenta que el efecto joule es proporcional en todo momento al cuadrado de la intensidad y que puede estar multiplicado por valores de 36 a 100 durante los periodos de arranque.

Consideremos por ejemplo, el motor de un transportador con potencia de 50 HP y 550 volts, se comprobó que su marcha efectiva era de 45 minutos en una hora; se procedió a arrancar una media de 18 veces (2 segundos cada uno).

El ciclo medio se descompone:

(45) (60)/18 = 150 segundos de marcha de los que 2 son de arranque.
(15) (60)/18 = 50 segundos de parada.

Si admitimos que el motor funciona a plena carga, su intensidad nominal es de 50 amperes y que en el arranque toma 400 amperes, la fig,32. muestra su comportamiento.

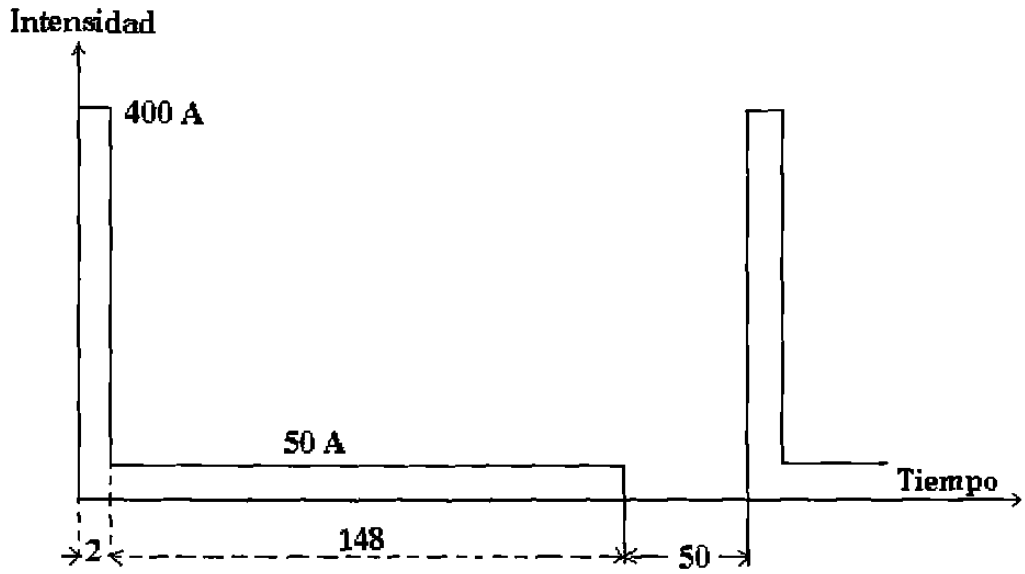


Fig. 32. Ciclo medio de marcha intermitente

Desde el punto de vista de calentamiento, es la media del cuadrado de la intensidad la que interviene. Esta es:

$I^2 = 2\,(400)^2 + 148\,(50)^2/200 = 3450$, $I = 58.73$ amperes

Si no hubiéramos tenido en cuenta esta corrección, el error hubiera sido del 33.5%

Es interesante conocer la temperatura exterior de un cable, cuando las almas de los conductores alcanzan 50 ^{0}c, ya que es una manera de asegurarse de la buena utilización del cable desde el punto de vista térmico. El cuadro siguiente muestra la relación con la temperatura ambiente.

Temperatura exterior de los cables			
Temperatura ambiente	Cables armados aislados con papel impregnado	Cables armados aislados con caucho	Cables flexibles o semiflexibles
15 ^{0}c	38 ^{0}c	35 ^{0}c	32 ^{0}c
20 ^{0}c	40 ^{0}c	38 ^{0}c	35 ^{0}c
25 ^{0}c	42 ^{0}c	40 ^{0}c	38 ^{0}c
30 ^{0}c	44 ^{0}c	42 ^{0}c	40 ^{0}c
35 ^{0}c	45 ^{0}c	44 ^{0}c	42 ^{0}c

4.4.2. Reacción en caso de corto circuito

Las protecciones de las redes están provistas para cortar las corrientes de corto circuito. Pero es preciso admitir que este corte necesita algún tiempo, muy corto, durante el cual la red soporta la fuerte intensidad de la corriente.

El tiempo de corte es normalmente inferior a 0.2 segundos. Sin embargo, por razones de seguridad, se admite que puede prolongarse durante 2 segundos y se deduce que una gran duración de la red esta asegurada si la corriente de corto circuito, aun la mas grande, no pasa de 90 amperes por mm^2 de conductor.

4.4.3. Desenganche para la corriente de corto circuito mínima

Los desconectadores deben:

1)Quedar insensibles a las corrientes inferiores de 6 a 10 In, a fin de no impedir el arranque de los motores.

2)Responder a todas las corrientes superiores a todas las corrientes de cortocircuito mínima (Ic2m) y para mejor seguridad a 2/3 de Ic2m.

Ahora bien, en el calculo de estas corrientes interviene la impedancia del cable. Si es grande, el valor 2/3 Ic2m puede ser mas pequeño que 6 a 10 In. En este caso, ningún desconectador reunirá a la vez las dos condiciones contradictorias anteriores. Es necesario entonces, aunque el cable convenga desde el punto de vista de la densidad de corriente y de todas las demás condiciones, pasar a un cable mas grueso, de impedancia menor.