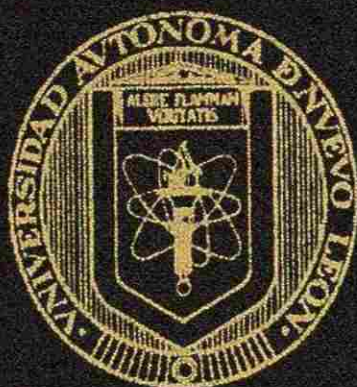


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**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**

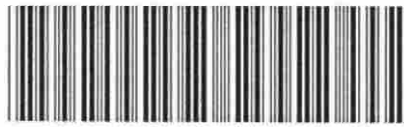
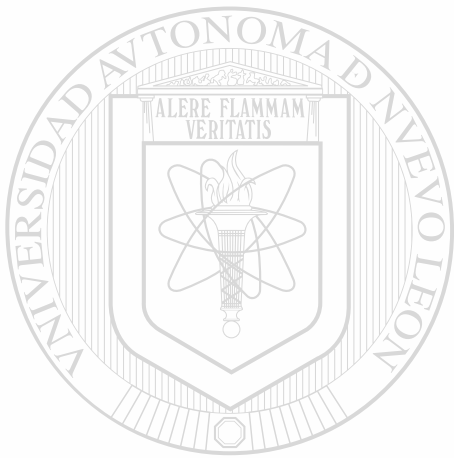
SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, N.L.

MAYO DEL 2000

TM
Z5853
.M2
FIME
2000
Z3

PRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA EN MINAS DE CARBÓN

VZB



1020130103

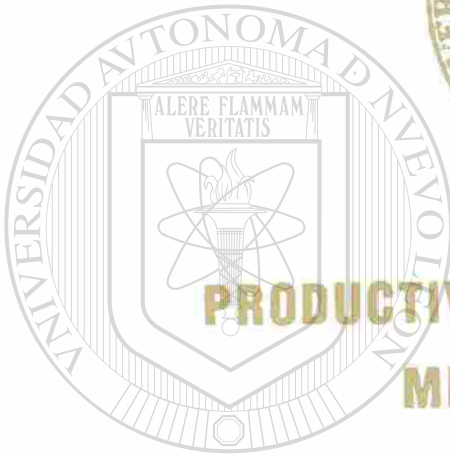
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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



**PRODUCTIVIDAD DE LA ENERGÍA EN
MINAS DE CARBÓN**

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS
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

TH
25853
• M2
FINE
2000
23.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

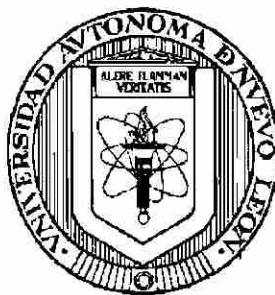


**FONDO
TESIS**

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FECULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



“ PRODUCTIVIDAD DE LA ENERGIA EN MINAS DE CARBON”

POR

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

ING. VALENTIN ZAVALA BERNAL



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

TESIS

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

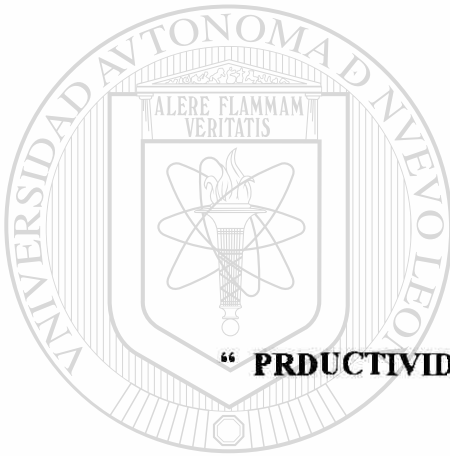
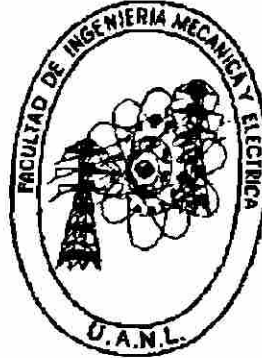
SAN NICOLAS DE LOS GARZA, NUEVO LEON

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

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

ING.VALENTIN ZAVALA BERNAL
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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.

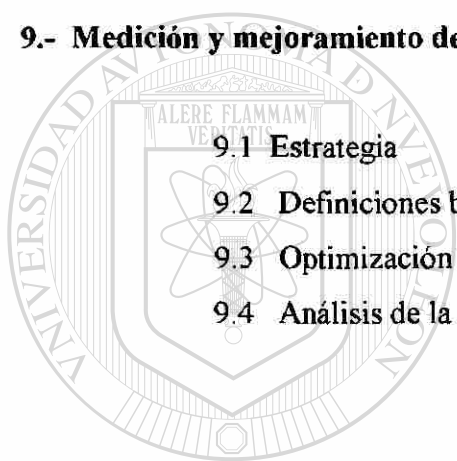
- 7.1 Introducción
- 7.2 Descripción del transportador
- 7.3 Calculo de transportadores

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.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



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 específicas 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 fisico 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 específica 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.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

2.4 Productividad contra inflación

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

	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.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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

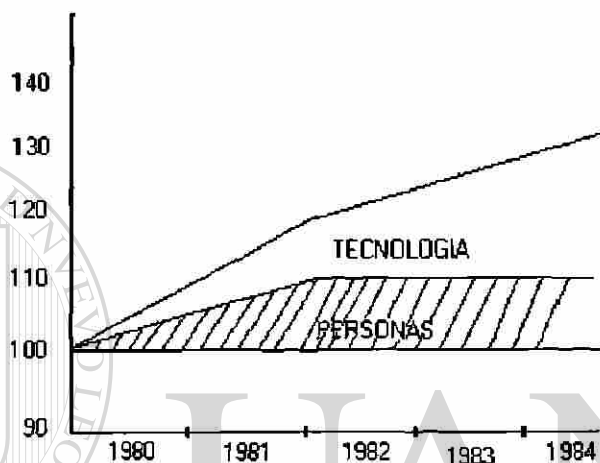
Cualquier que sea el tipo de trabajo que se estudie, sea una empresa extractiva, de fabricación o servicio ofrece grandes oportunidades para mejorar la productividad. Suponiendo que en 1980 sea del 100 por ciento, si no se hace nada diferente a partir de entonces permanecerá en ese nivel. Sin inversión 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 harian 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



Gráfica(1) productividad prevista de las personas y de la tecnología

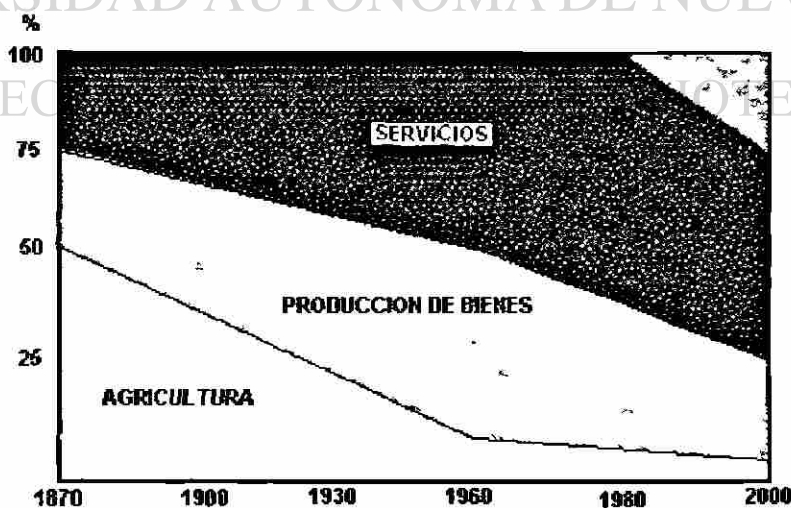
En la industria el trabajador ha sido medido con mucha exactitud desde los tiempos de taylor y gilbreth. Esa medición precisa ha permitido que la industria mejore constantemente la productividad del trabajador. Las piezas que salen de una maquina cada hora, las toneladas de carbón por Kilowatts consumidos, 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 necesitamos.

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 creibles, 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.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



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.

	<u>Aire comprimido</u>	<u>Electricidad</u>
<u>Antes generadores</u>	<u>0.7</u>	<u>0.9</u>
<u>Fugas</u>	<u>0.75</u>	<u>0.9</u>
<u>Transporte</u> <u>Perdidas</u> <u>Por carga</u>	<u>0.8</u>	
<u>Motores</u>	<u>0.2</u>	<u>0.85</u>
<u>Rendimiento total</u>	<u>0.084</u>	<u>0.7</u>

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

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

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

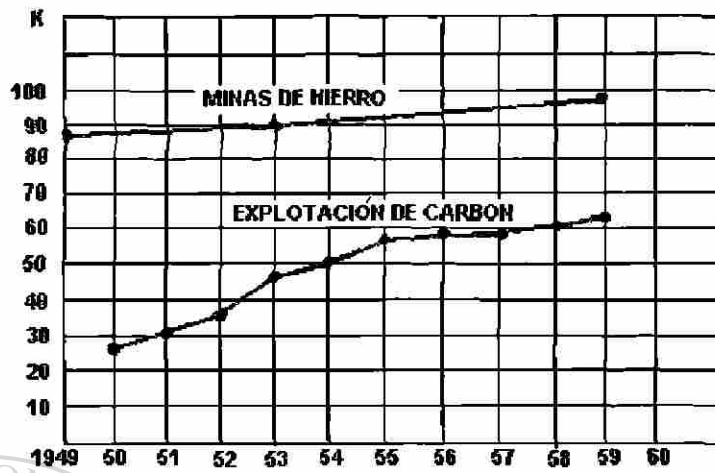
Donde

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

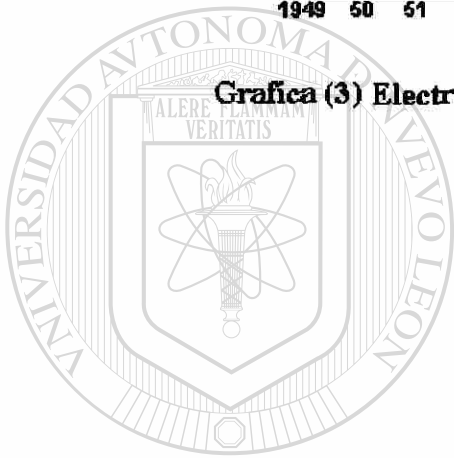
e Es el consumo anual de la energía en maquinas eléctricas del interior

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

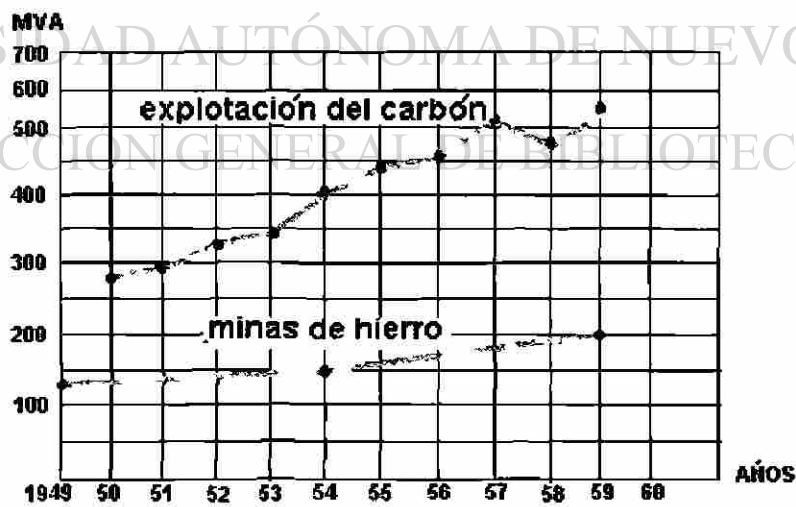
En la gráfica (3) que se muestra a continuación se ve la rápida electrificación del interior en los transcurso de los últimos años en las minas de carbón y de hierro de Francia.



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



UANL



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 máquinas más potentes, por ejemplo los mineros continuos (joy 12CM10 y 12CM17 con 535hp y 605hp) y máquinas corteras con potencias instaladas grandes las cuales no serían realizables con motores de aire ya que serían más 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 recíprocos.

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 (CH₄)

Al existir una mezcla grisosa 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

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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 disminuído 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

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Al tener una intensidad variable con el tiempo formulada

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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

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

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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 °c Ohm-metros	ρ a 20 °c Ohm-plg	α a 20 °c Por grado ° c
Aluminio	2.83×10^{-8}	17	0.00391
Bronce	7.00×10^{-8}	42	0.002
Cobre	1.72×10^{-8}	10.37	0.00393
Oro	2.44×10^{-8}	14.7	0.0034
Plata	1.47×10^{-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 poliéster, 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 poliéster 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

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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 electrolíticos, 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 varía 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 más 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 lo 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.

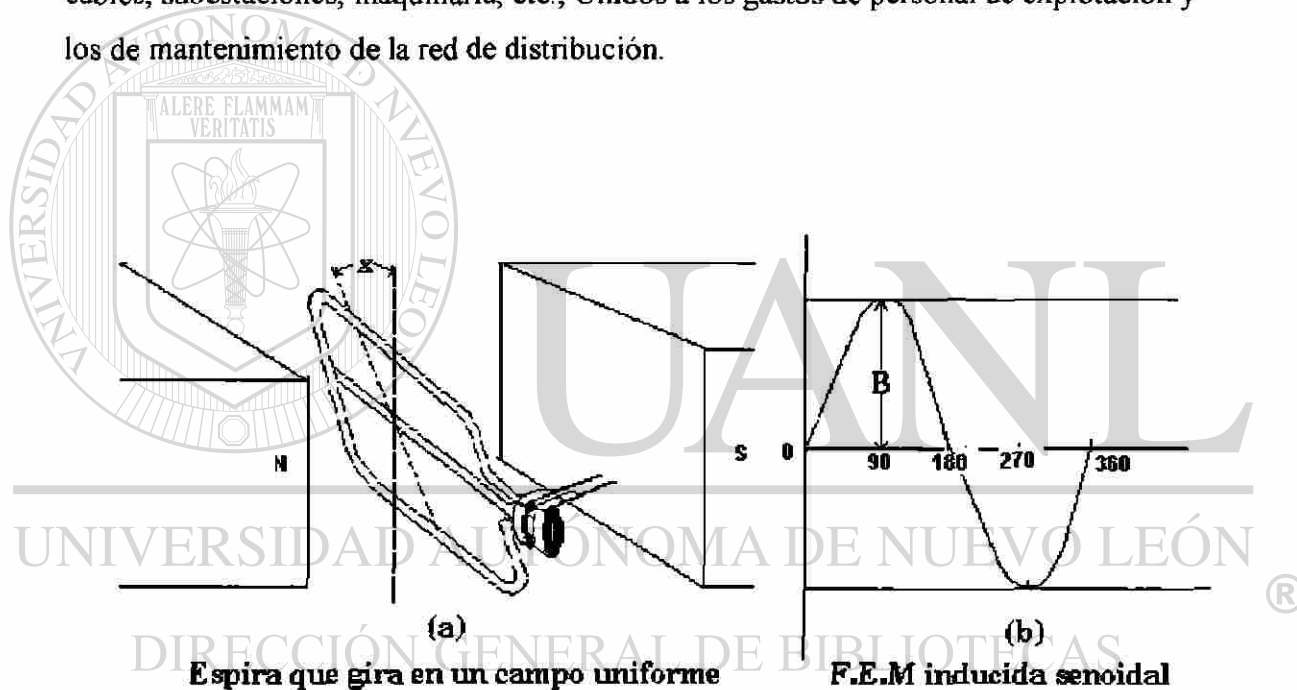


Fig.1. Espira que gira en un campo magnético uniforme

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 varía de una forma senoidal como se observa en la figura (1)

Cuya expresión viene dada por:

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

En la que :

B Es la densidad de flujo en (gauss o líneas/cm²)

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°, habrá dado (st) revoluciones, o (ft) ciclos. Estando (s) en (r.p.m.) y (f) en periodos por segundo. Por lo tanto:

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

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

$$w = 2 \pi f \text{ radianes por segundo}$$

$$w = 360 f \text{ grados por segundo}$$

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

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

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 inadmisibile 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:

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

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.

$$i = I_m \text{ sen } 2 \pi f t = I_m \text{ sen } w t$$

Donde

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

I_m 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 :

$$\text{efecto térmico} = i^2 R$$

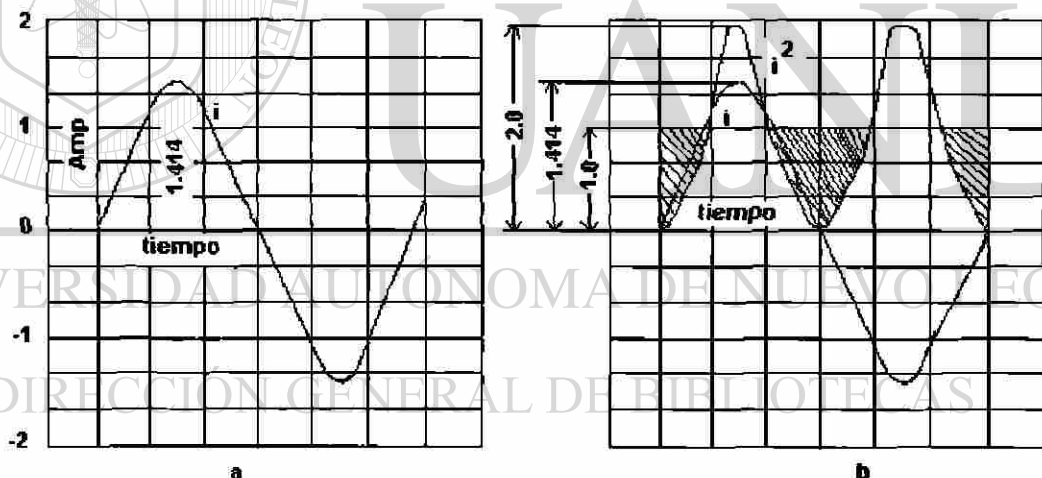


Figura (2) Valores máximo y eficaz de la intensidad de una corriente alterna

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

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

$$I_{\text{ef}} = 0.707 \cdot I_m = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

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) $2/\pi$ o sea 0.637 veces el valor máximo.

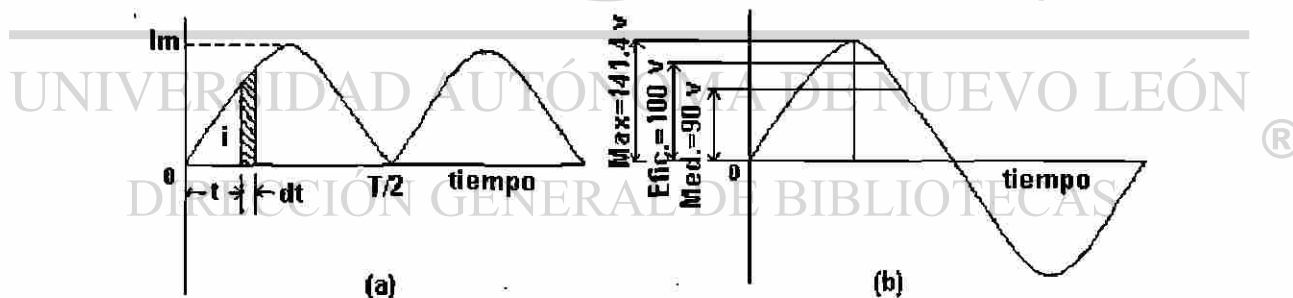


Fig.3 Valores máximo,eficaz y medio en una onda sinusoidal.

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.

$$p = R I_{\text{ef}}^2$$

3.1.6.5. Ley de ohm

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

$$e = R i = R I_m \text{ Sen } \omega t = E_m \text{ sen } \omega t$$

Donde

E_m es el valor de la tensión.

La intensidad y la tensión tienen la misma frecuencia $f = \omega/2\pi$. Ambos también están en fase cuando $t = 0$, $\text{sen } \omega t = 0$ 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.

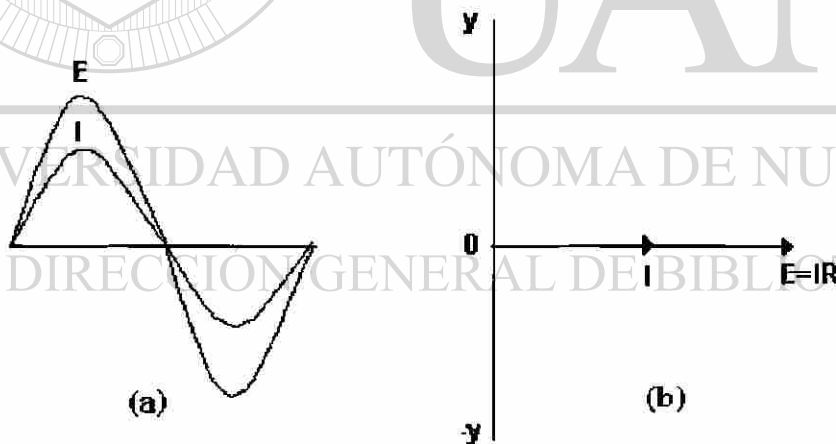


Fig. 4 Curva de tensión y corriente en fase con el diagrama vectorial correspondiente

Cuando no hay más 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 más 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.

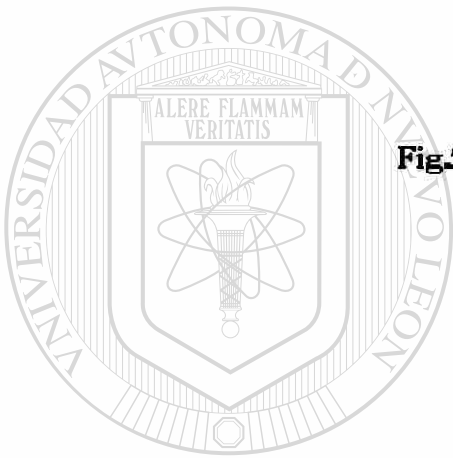
Para la fabricación de tiristores se prefiere el silicio al germanio, el silicio posee varias ventajas sobre el germanio; una de ellas es la mayor resistencia de su estructura cristalina a temperaturas y tensiones de servicio elevadas.

semiconductor	impureza	Tipodesemiconductor	temperatura
germanio	Indio Aluminio	N P	55 °C
silicio	Arsénico Aluminio	N P	100 °C

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



Fig.5 Unión de dos semiconductores



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

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.

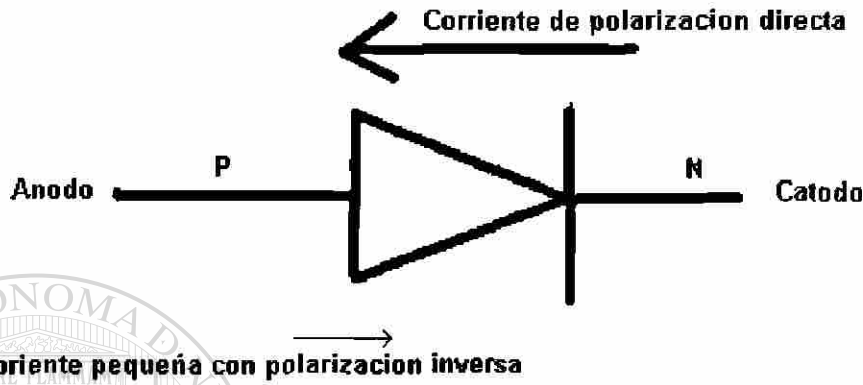


Fig.6. Simbolo del diodo



UANL

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).

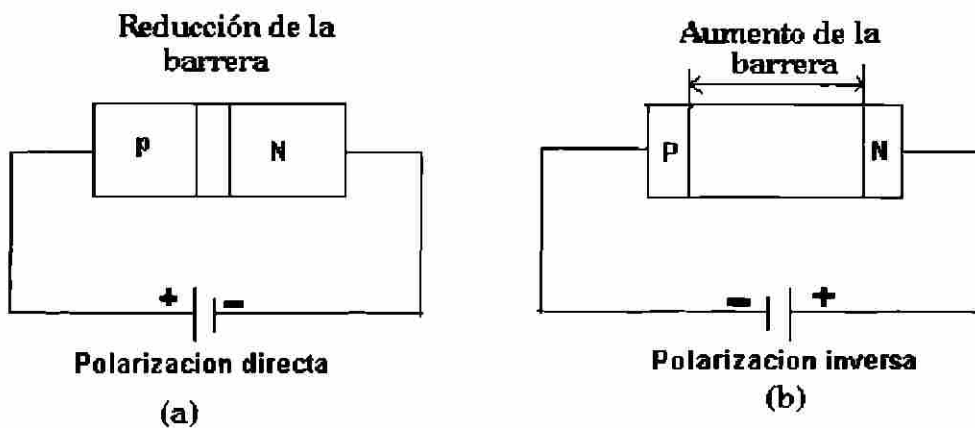


Fig 7 Polarización del diodo

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.

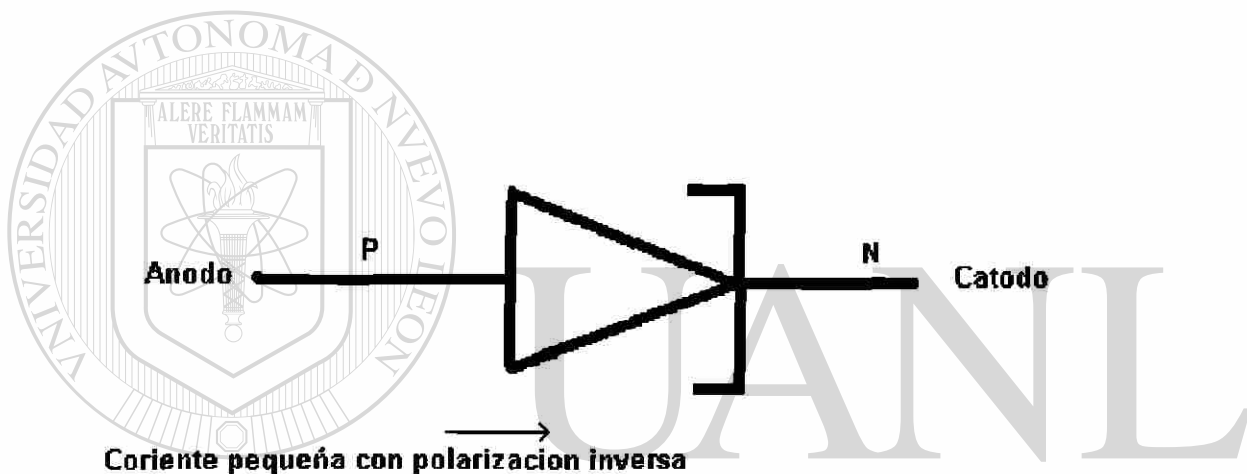


Fig.8 Símbolo del diodo túnel

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.

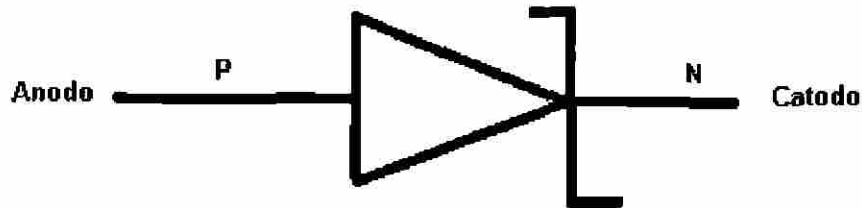


Fig.9 Simbolo del diodo zener

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

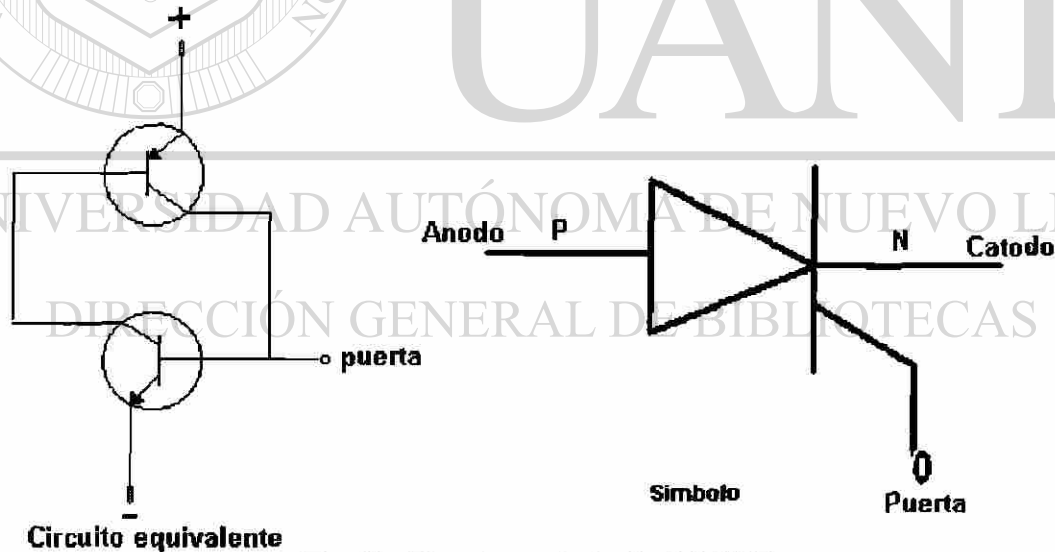


Fig.10. Circuito y simbolo del SCR

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.

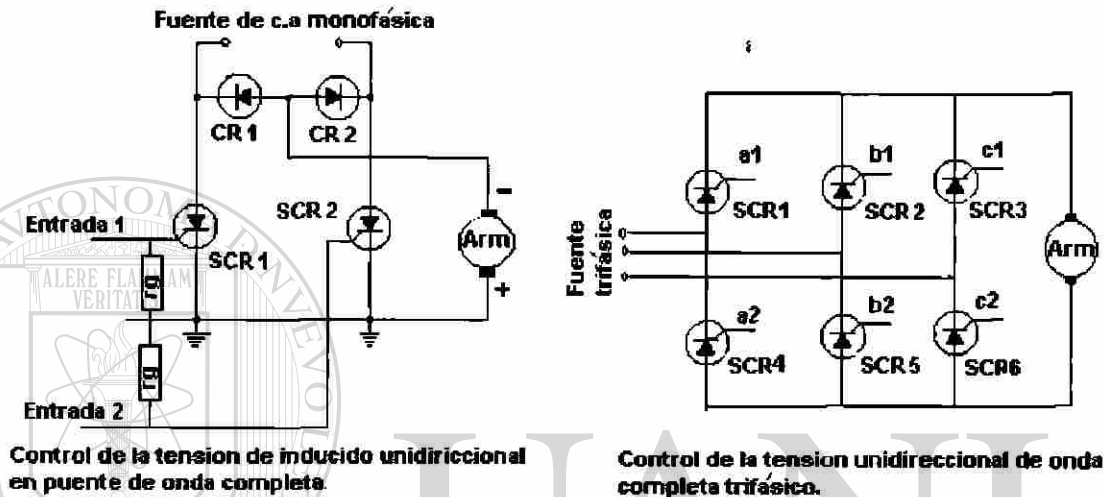


Fig.11 Diagrama de puentes rectificadores monofasico y trifasico

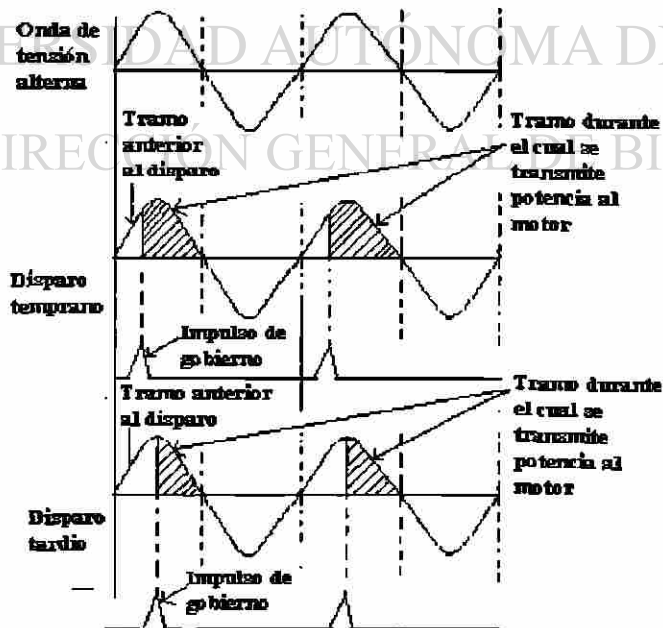


Fig.12 Efecto del disparo de un SCR con diferentes ángulos de abertura. el tramo sombreado de cada semionda positiva es mayor o menor

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 μF 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.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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

donde

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

RC Es la constante de tiempo

t = RC , t en seg.

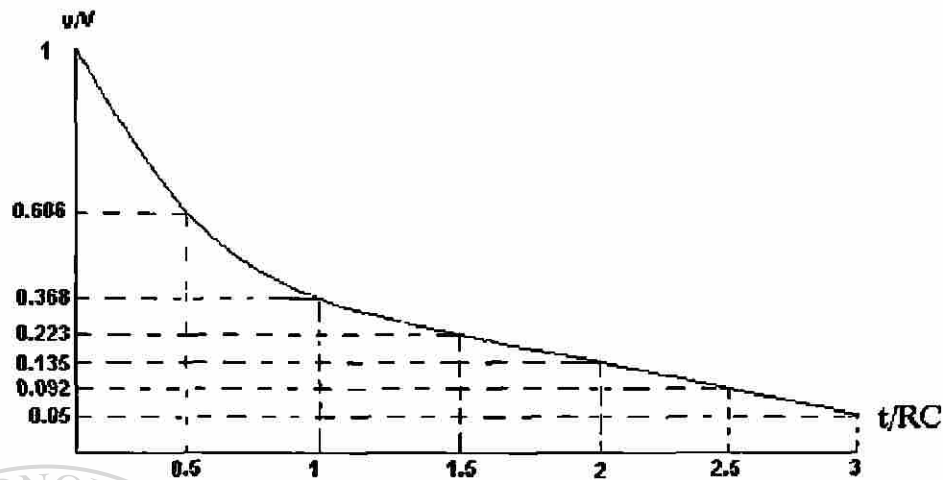


Fig.13. Potencial de un condensador durante su descarga

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).

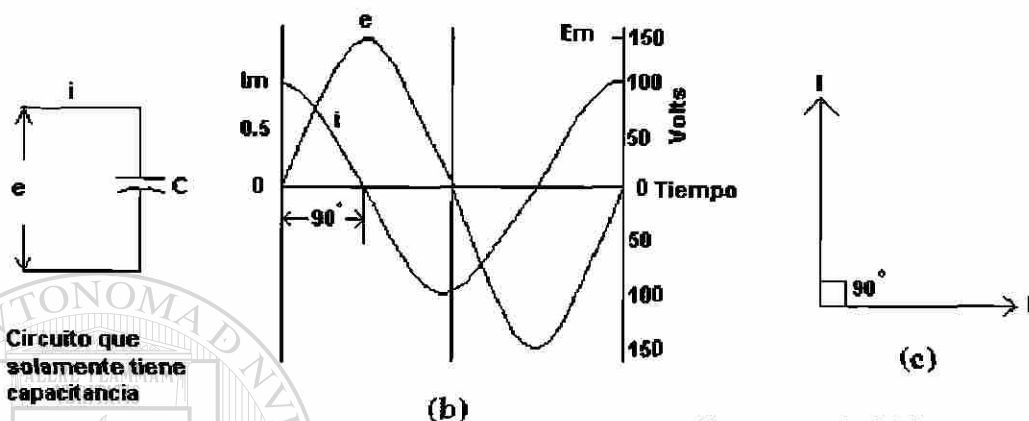


Fig.14

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 X_C .

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{\omega C}$$

X_C 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.

$$f_{mm} = N I \quad \text{amper-vueltas}$$

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:

$$\phi = L I$$

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.

$$e = - \frac{d\phi}{dt}$$

Puesto que $\phi = L i$

$$d\phi = L di$$

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.

$$v = V_m \cos \omega t$$

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

$$-L \frac{di}{dt} + V_m \cos \omega t = 0$$

Despejando

$$\frac{di}{dt} = \frac{1}{L} V_m \cos \omega t$$

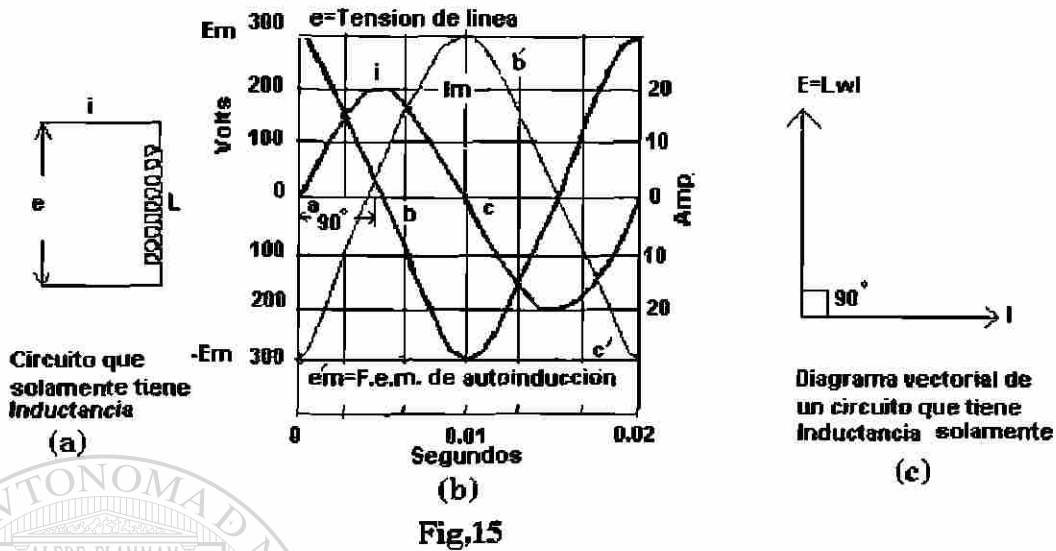
Integrando

$$i = \frac{1}{L \omega} V_m \sin \left[\omega t - \frac{\pi}{2} \right]$$

$$i = \frac{V_m}{L \omega} \sin \left[\omega t - \frac{\pi}{2} \right]$$

$$i = I_m \sin \left[\omega t - \frac{\pi}{2} \right]$$

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



Si la asemejamos a la ley de ohm, el factor Lw nos representaría la resistencia pero como el circuito es inductivo se representa por $X_L = Lw$,
 $X_L = 2\pi fL$ y se llama reactancia inductiva "en ohm".

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

$$X_L(i) = v$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 $wL I_m \sin (wt - \frac{\pi}{2}) = V_m \cos wt$
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Puesto que

$$\sin (w t - 90) = \cos w t$$

$$w L I_m \cos w t = v_m \cos w t$$

El valor máximo del $\cos w t = 1$

$$w L I_m = v_m$$

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.

$$I_m = I_{ef} \sqrt{2}, \quad v_m = V_{ef} \sqrt{2}, \quad \omega L I_{ef} \sqrt{2} = V_{ef} \sqrt{2}$$

$$V_{ef} = V_{ef}$$

$$I_{ef} = \frac{V_{ef}}{\omega L} = \frac{V_{ef}}{X_L}$$

$$\omega L = X_L$$

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).

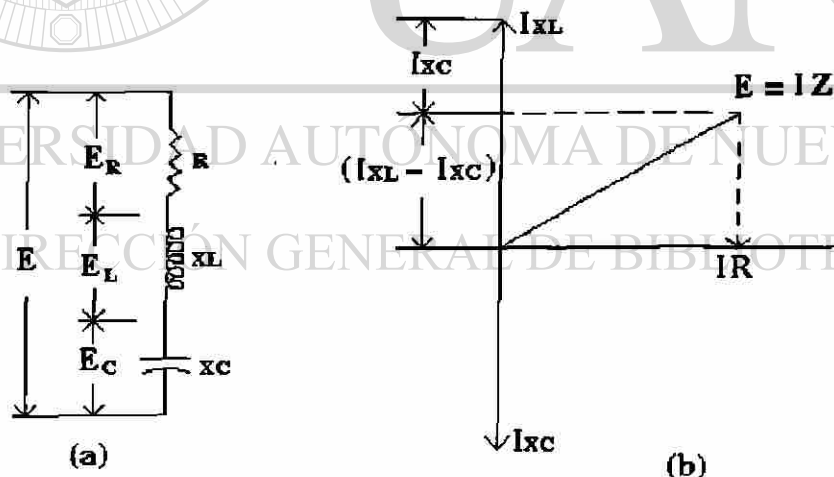


Fig.16 Circuito serie con R, L, C.

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 $I(X L - X C)$

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

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

$$E = I \sqrt{R^2 + (X L - X C)^2}$$

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

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

De tal forma que podemos escribir.

$E = I Z$, despejando I tenemos

$$I = \frac{E}{Z}$$

$X L - X C$

El ángulo de fase ϕ se halla de la expresión $\operatorname{tg} \phi = \frac{X L - X C}{R}$

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

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.

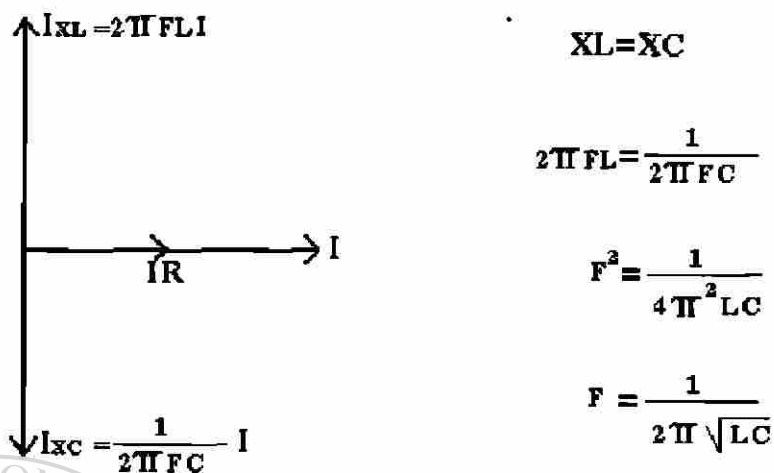


Fig.17 Diagrama vectorial de la resonancia

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 fórmula también se acepta. Si consideramos valores instantáneos su expresión.

$p = E_m \sin \omega t - [I_m \sin (\omega t - \phi)] = 1/2 E_m I_m [\cos \phi - \cos (2\omega t - \phi)]$ el valor medio de esta potencia

$$P = 1/2 (E_m I_m \cos \phi)$$

$$E_m = \sqrt{2} E_{ef}, \quad I_m = \sqrt{2} I_{ef},$$

$$\text{Puesto que } E_{ef} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \quad \text{y} \quad I_{ef} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

$$P = E_{ef} I_{ef} \cos \phi$$

Esta potencia es el efecto realmente útil de la corriente. Se llama potencia real o potencia activa, mientras que el producto de $E_{ef} \times I_{ef}$ es la potencia aparente y se representa por la letra S ; al $\cos \phi$ 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.

$$S = V I \cos \phi + j V I \sin \phi$$

Donde como ya vimos $V I \cos \phi$ es la parte real o potencia real (p), al producto $V I \sin \phi$ 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.

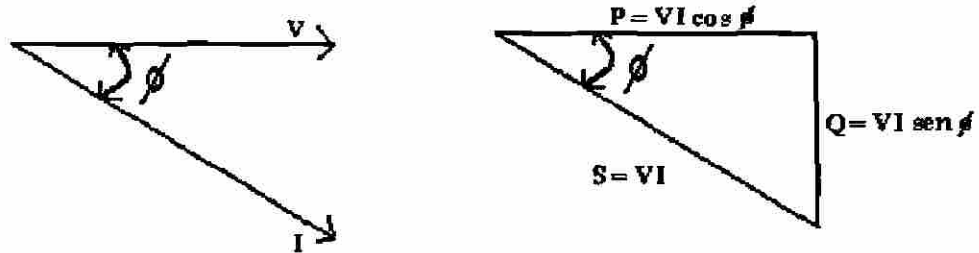


Fig18. Triangulo de potencia para cicuito inductivo



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

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

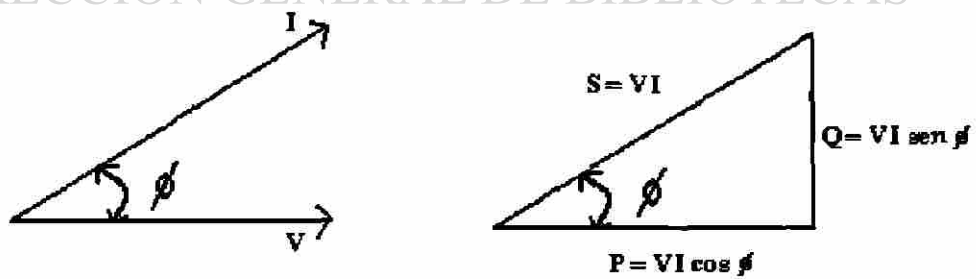


Fig.19 Triangulo de potencia para circuito capacitivos

La potencia compleja S también se obtiene del producto $V I$

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

Potencia real

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

$$P = I^2 R$$

Potencia reactiva

$$Q = V I \sin \phi$$

$$Q = I^2 X$$

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



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

potencia aparente

$$S = V I, \quad S = I^2 Z,$$

$$S = \frac{V^2}{Z}$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Factor de potencia

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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

3.1.10.2. Corrección del factor de potencia

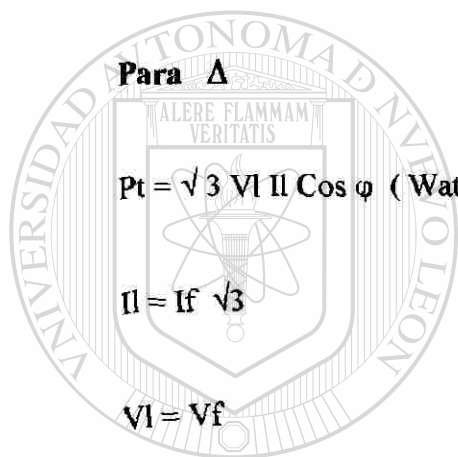
En algunas aplicaciones de los circuitos eléctricos, especialmente en los casos de sistemas industriales, es necesario hacer correcciones en el factor de potencia, para evitar multas por parte de C.F.E. que establece un (0.9) mínimo.

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.

$$S_t = \sqrt{3} V_l I_l \quad (\text{Volts Amper})$$

$$Q_t = \sqrt{3} V_l I_l \text{ Sen } \phi \quad (\text{Volts Amper reactivos})$$



Para Δ

$$P_t = \sqrt{3} V_l I_l \text{ Cos } \phi \quad (\text{Watts})$$

$$I_l = I_f \sqrt{3}$$

$$V_l = V_f$$

Para Y

$$P = \sqrt{3} V_l I_l \text{ Cos } \phi \quad (\text{Watts})$$

$$I_l = I_f$$

$$V_l = V_f \sqrt{3}$$

P_t = potencia total en Watts

V_l = voltaje de línea en Volts

I_l = corriente de línea en Amperes

V_f = voltaje de fase en Volts

I_f = corriente de fase en Amperes

3.1.11. Esquema eléctrico general de una mina

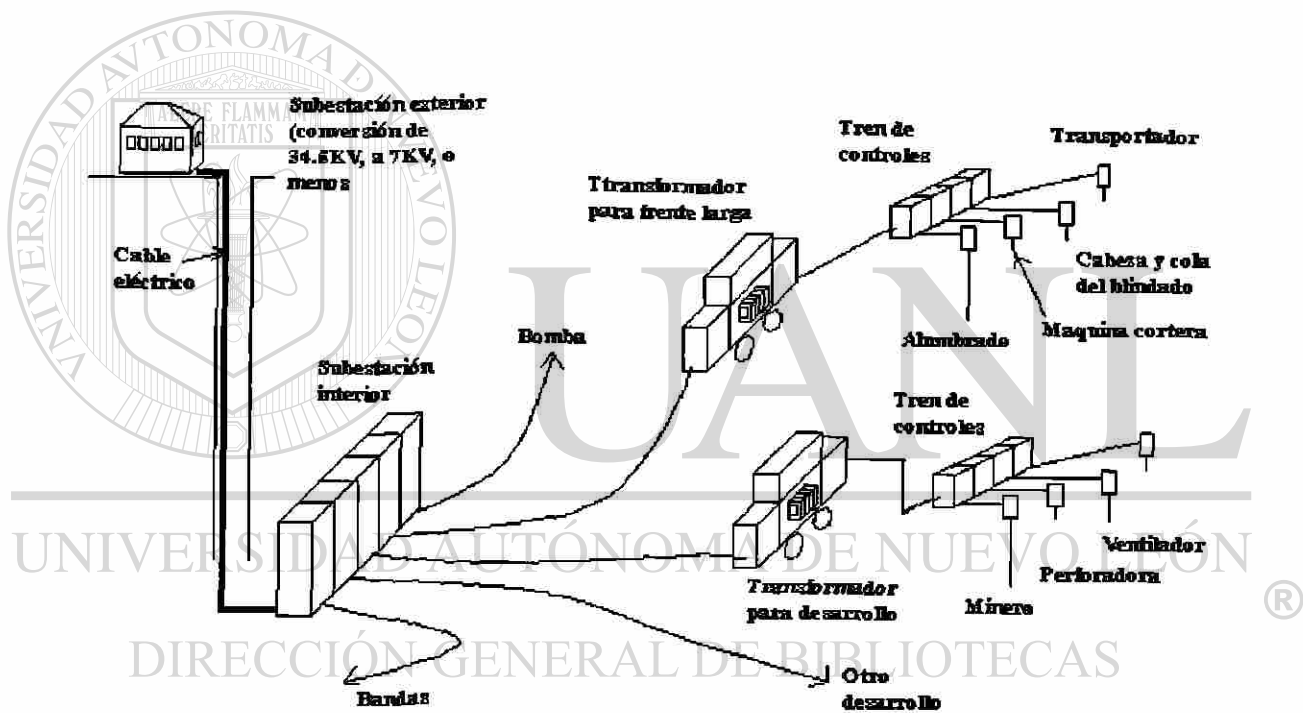


Fig.20. Diagrama eléctrico general de una red minera

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 práctico 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 más 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 varía de 40 a 5000 $\text{ohm}\cdot\text{m}^2/\text{m}$, cuando se pasa de la tierra de labor húmeda al gres ordinario. Las pizarras secas

tienen resistividades de 200 a 1000 Ohm-m²/m. La 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 0.4ρ

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 0.15ρ

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.

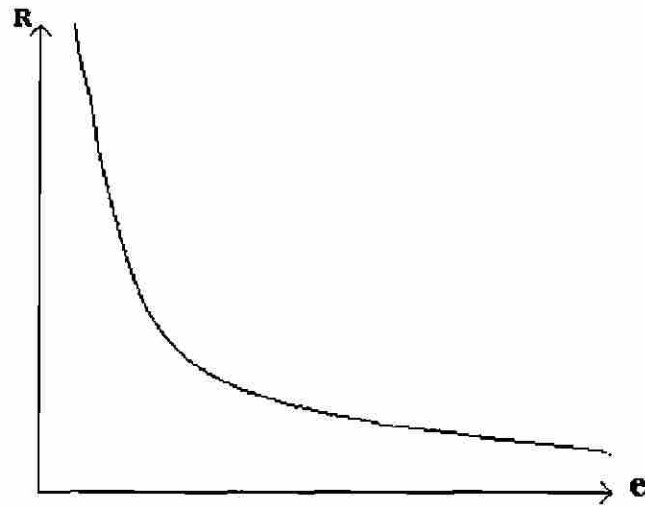


Fig.20 Variación de la resistencia de una toma de tierra en función de una de sus dimensiones

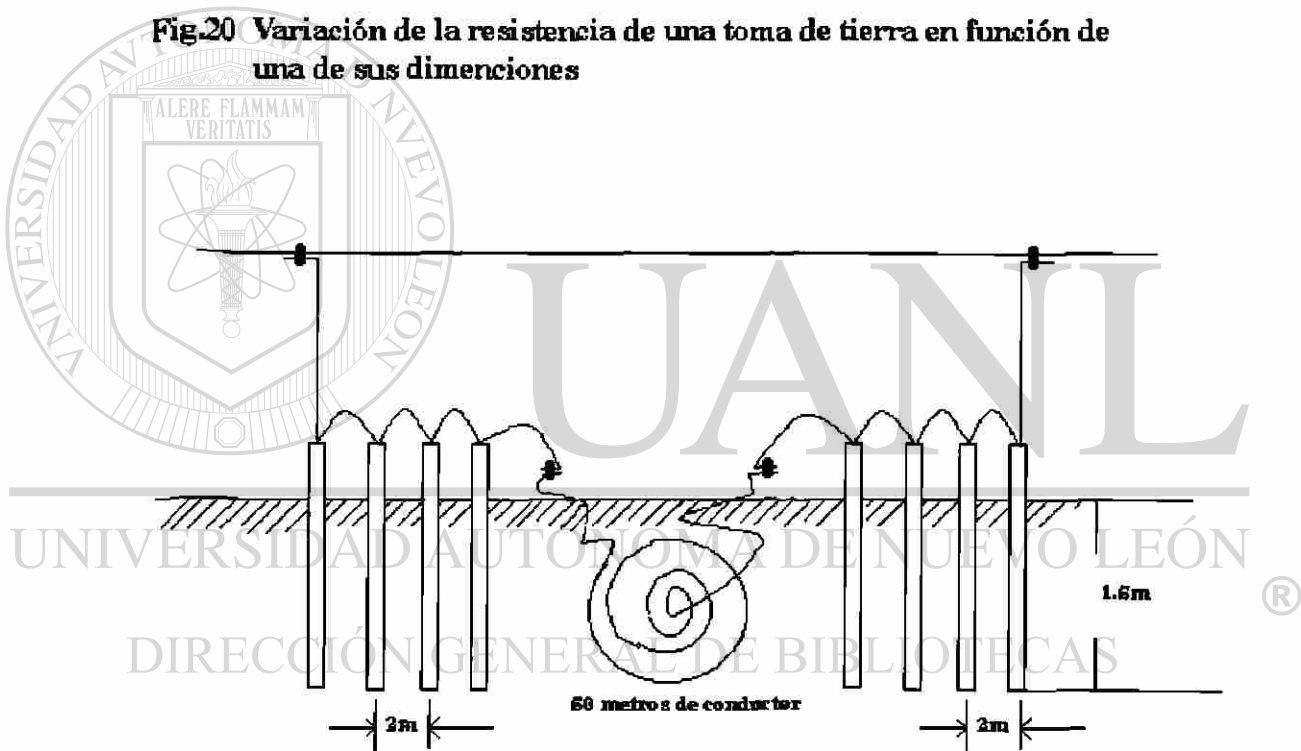


Fig.21 Toma de tierra

Resistencia

Para el tubo = 0.12ρ

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 de 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 máquina 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.

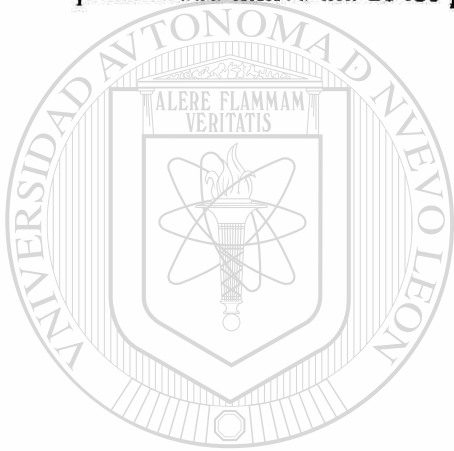
- 1) Medidas preventivas, para evitar su aparición.
- 2) Disposiciones de protección para contener el fenómeno inmediatamente.

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.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



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 número 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 más grueso el número 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 más 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.	mm ²	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 específicas 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 concebido 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 trifásica 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.

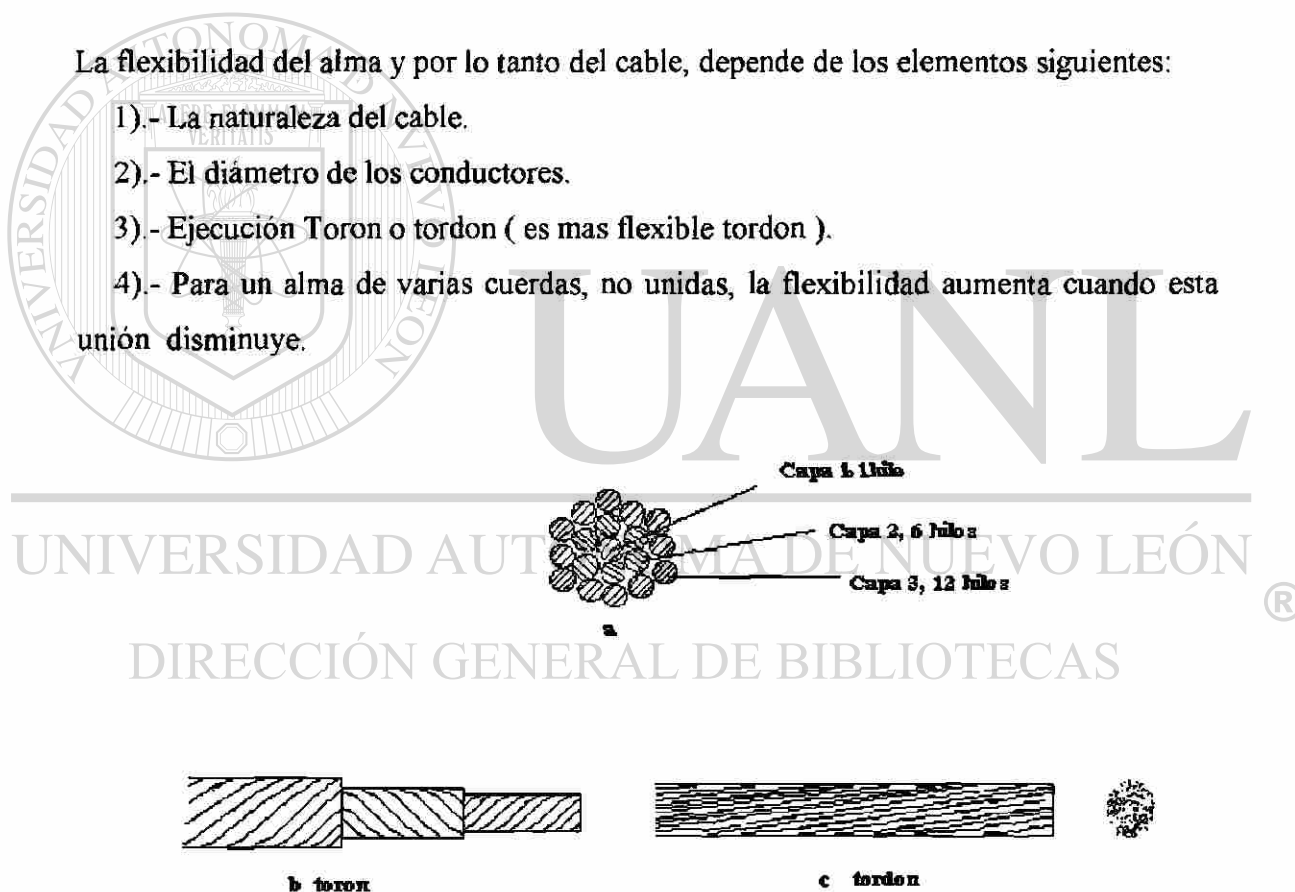


Fig.22. Constitución de un cable de 4 conductores (3 fases y un hilo de tierra)

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

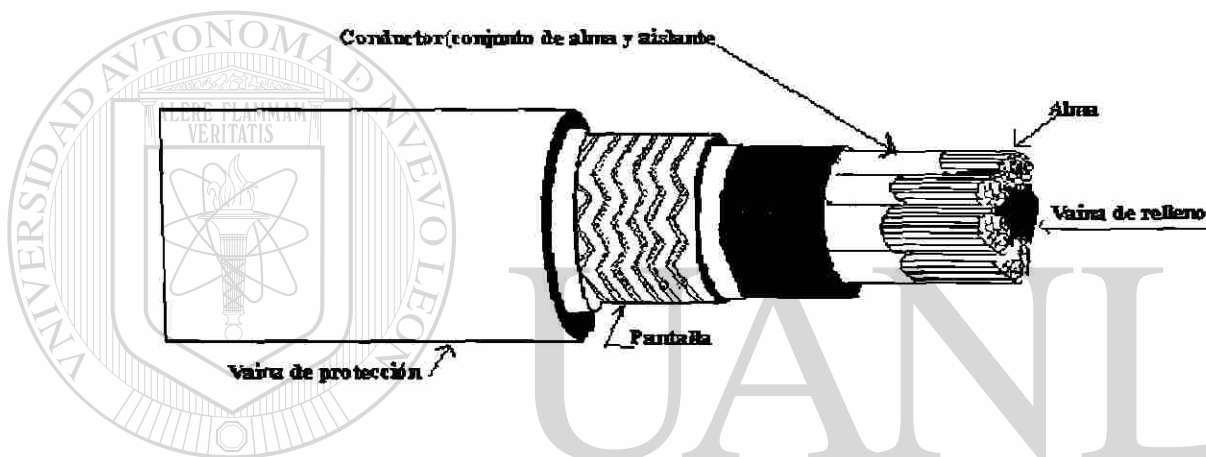


Fig.23. Constitución de un cable

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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.

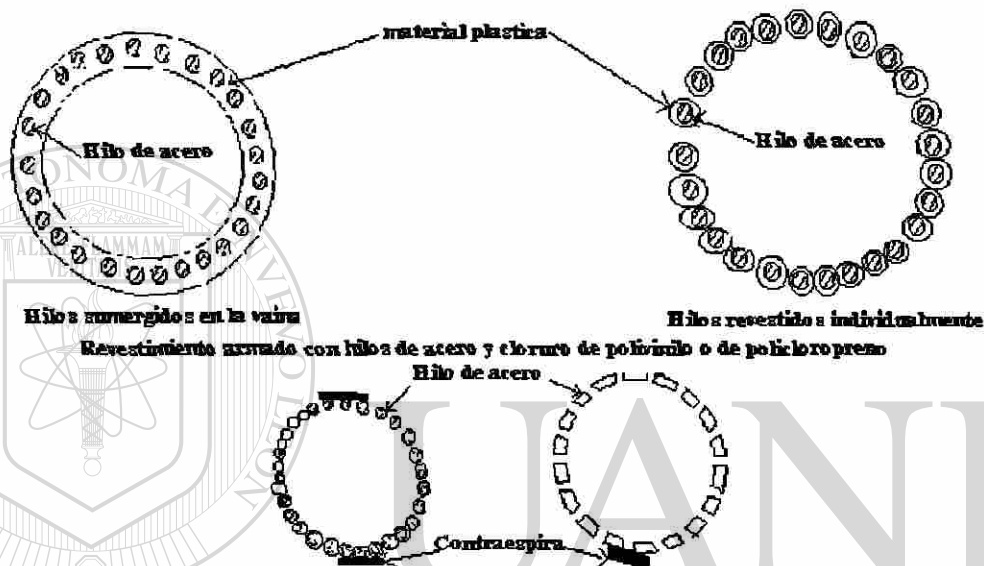


Fig.24.Revestimiento en hilos de acero

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 transmitir 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.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

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 subestación exterior hasta los transformadores del interior.

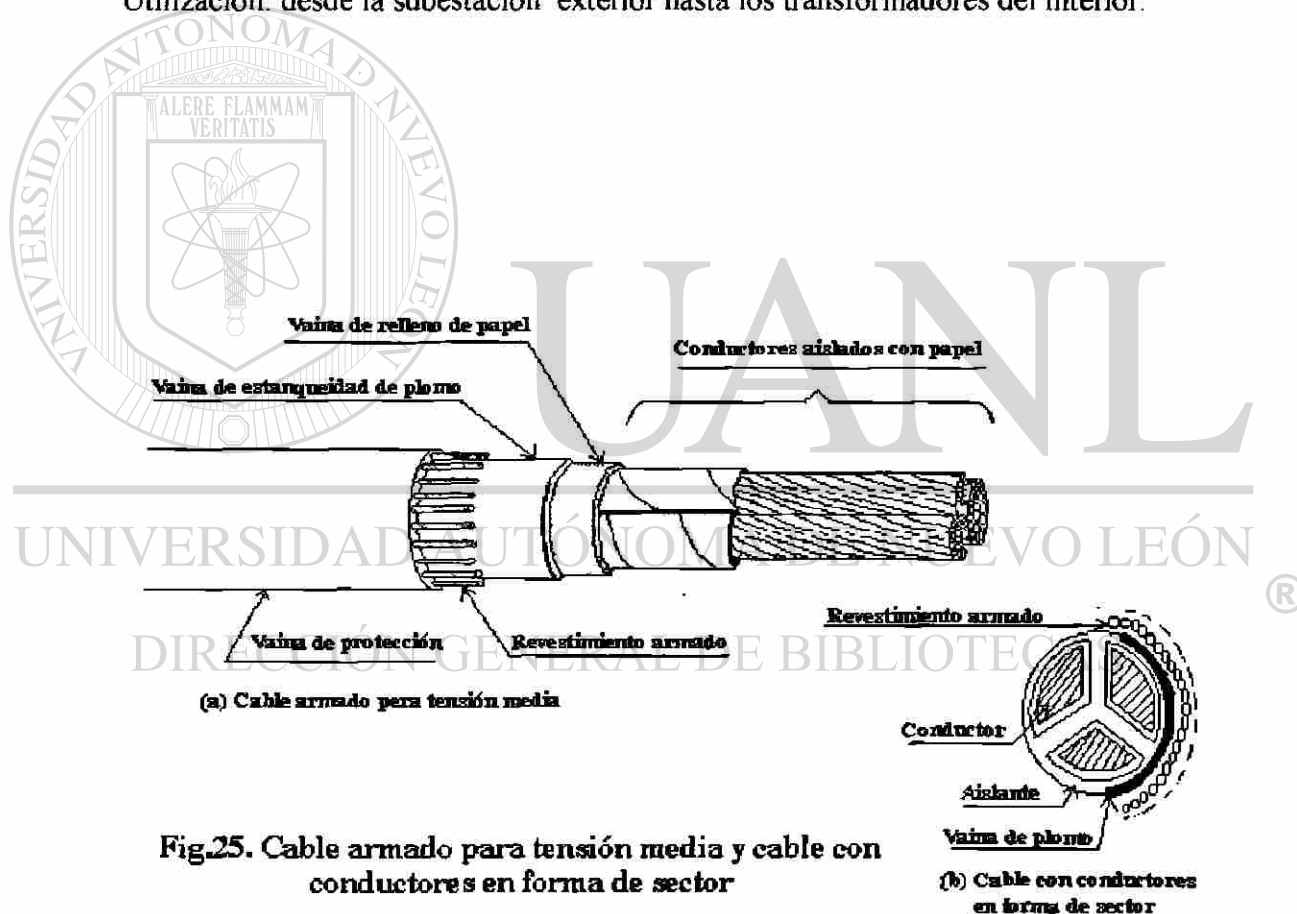


Fig.25. Cable armado para tensión media y cable con conductores en forma de sector

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 enrollamiento de veinte veces su diámetro.

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

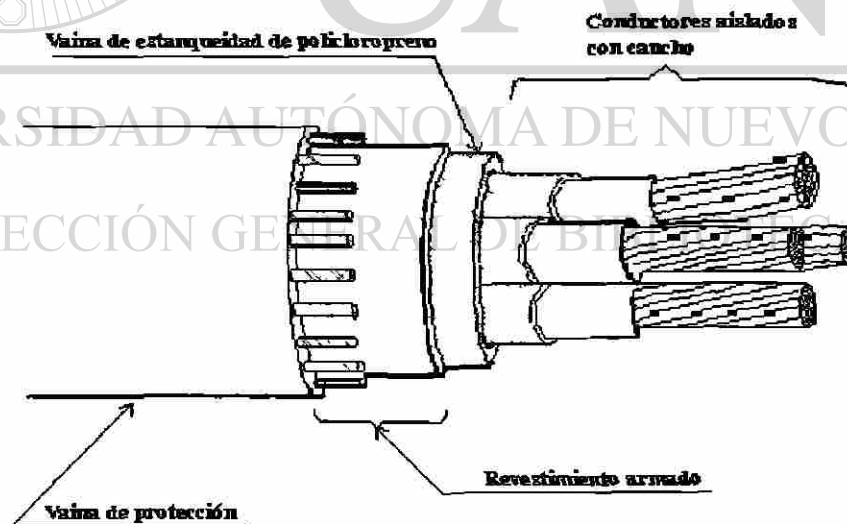


Fig.26.Cable armado para baja tensión

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 mm² 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.

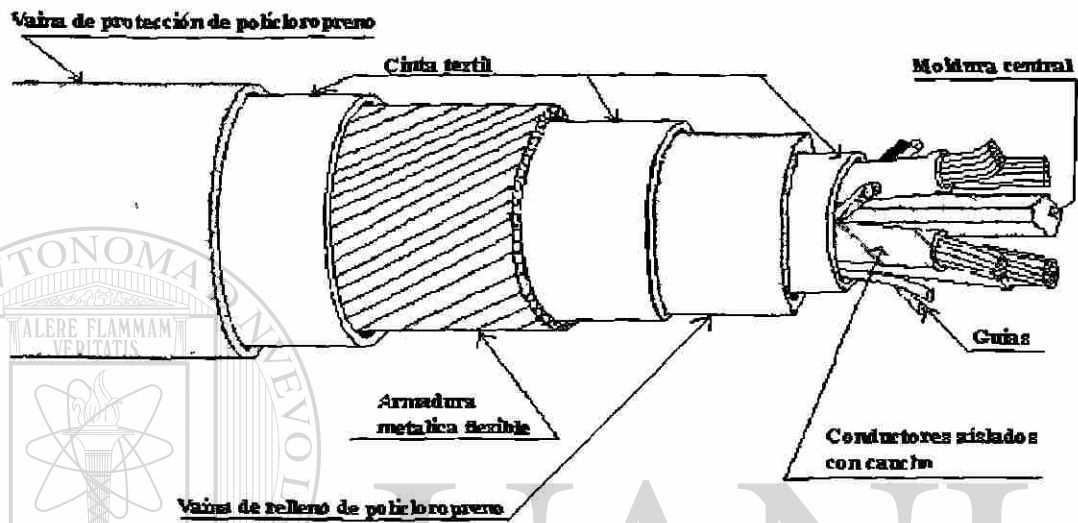


Fig.27. Cable semiflexible

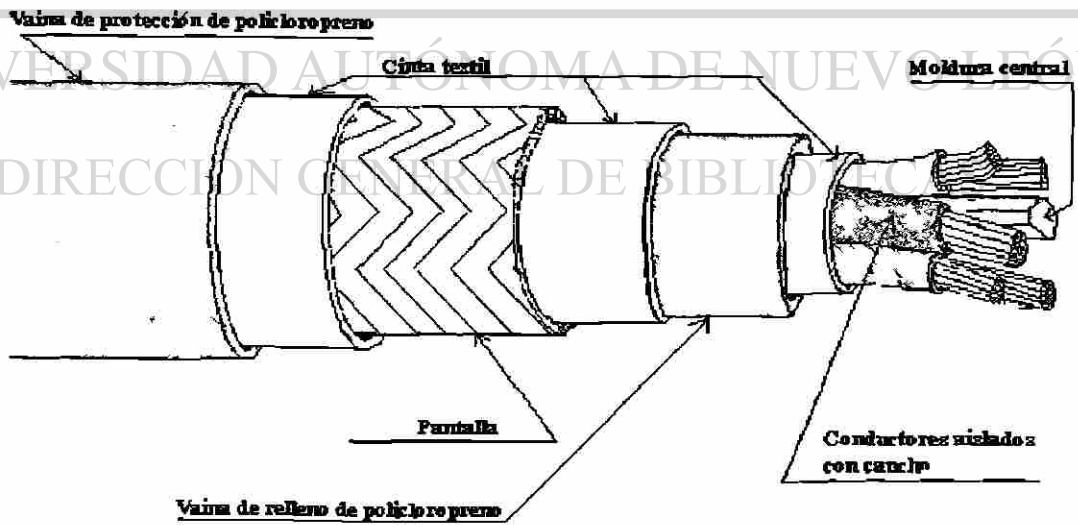


Fig.28. Cable flexible con pantalla clásica

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 semiflexibles , con las diferencias siguientes:

Los conductores de las almas conductoras son mas finos .

No existe armadura metálica

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

Propiedades: el diámetro de enrollamiento 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.

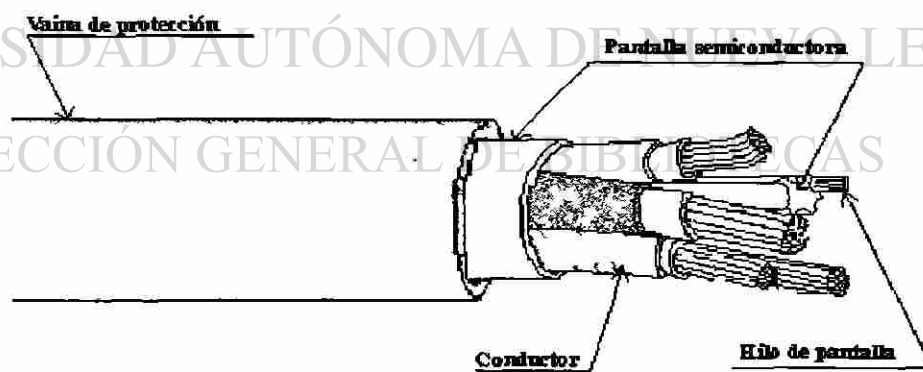


Fig.29. Cable flexible con pantalla semiconductor

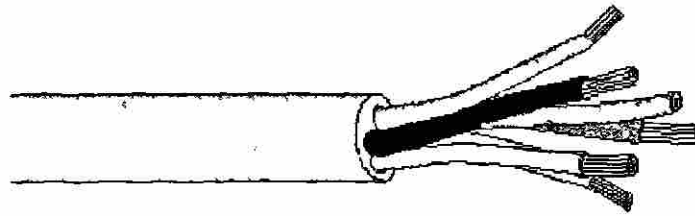
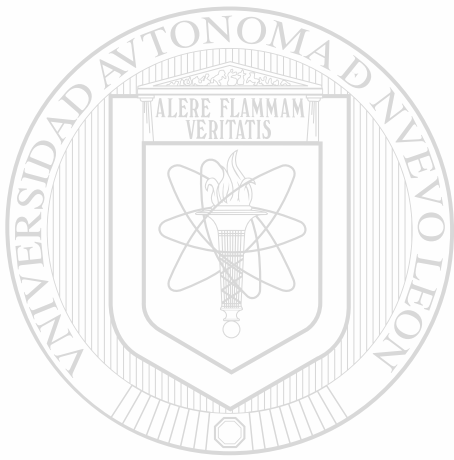


Fig.30. Cable de perforadora



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

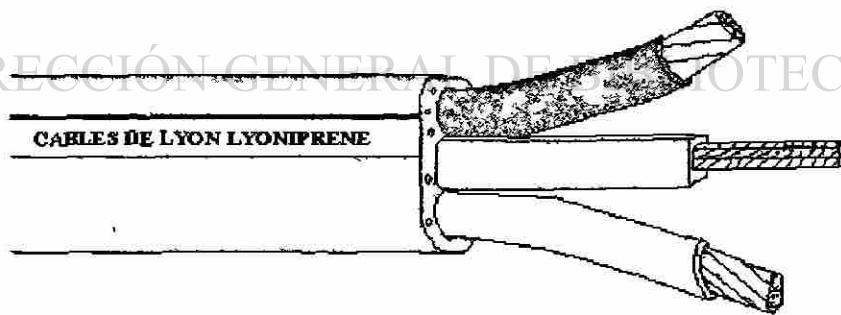


Fig.31. Cable semiplano

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 mm² para un conductor de fase):

Cables armados H.T	Cables armados B.T	Cables semiflexibles	De pantalla metálica	Cables Flexibles De pantalla semiconductor	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 I_c de la corriente que calienta los conductores hasta 50°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 I_c	Densidad de corriente	Intensidad máxi- ma admisible I_c	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/mm² para una sección nominal de cable de 10mm²

1.7 A/mm² para una sección nominal de cable de 150mm²

4.4.1.1. Corrección de temperatura ambiente

En caso de trabajar un cable a temperaturas superiores a 20 °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 a 10 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.

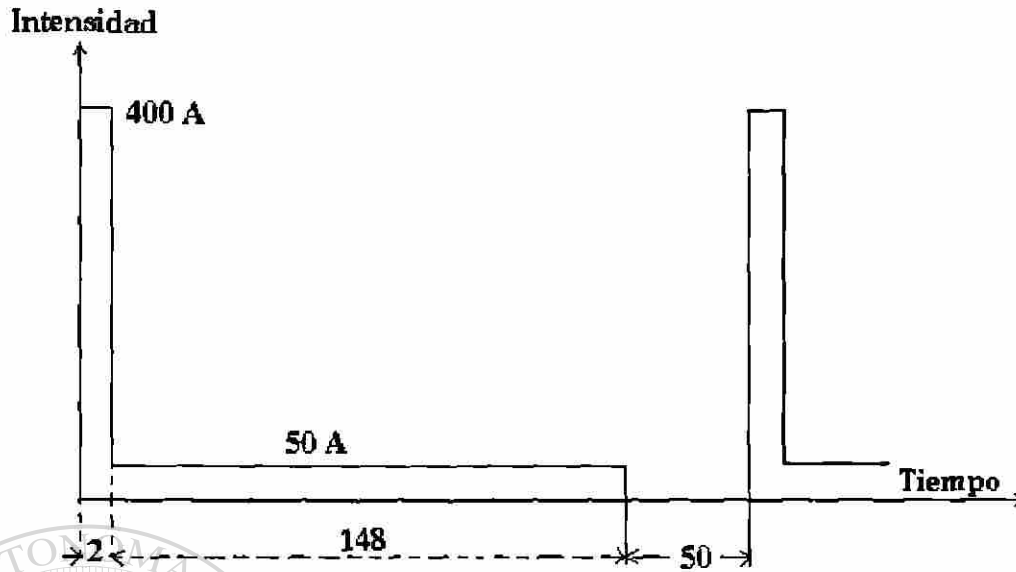


Fig. 32. Ciclo medio de marcha intermitente

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

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

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 °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			
	Cables armados aislados con papel impregnado	Cables armados aislados con caucho	Cables flexibles o semiflexibles
Temperatura ambiente			
15 °c	38 °c	35 °c	32 °c
20 °c	40 °c	38 °c	35 °c
25 °c	42 °c	40 °c	38 °c
30 °c	44 °c	42 °c	40 °c
35 °c	45 °c	44 °c	42 °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 desconectores 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 (I_{c2m}) y para mejor seguridad a $2/3$ de I_{c2m} .

Ahora bien, en el calculo de estas corrientes interviene la impedancia del cable. Si es grande, el valor $2/3 I_{c2m}$ puede ser mas pequeño que 6 a 10 In. En este caso, ningún desconector 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.

4.4.4. Caída de tensión

Esto se presenta como se muestra a continuación

Sea un motor con una intensidad (I_n) alimentado por un transformador que asegura una tensión constante (E) gracias a un conductor de impedancia (Z_c), la caída de tensión en el cable es vectorialmente :

$$e_c = Z_c I_n$$

De manera que la tensión en los bornes del motor será:

$$E_{\text{motor}} = E_t - e_c$$

Por otra parte, durante el periodo de arranque:

a) La corriente es muy importante

b) El factor de potencia $\cos \phi$ baja alrededor de 0,4

c) El par es proporcional al cuadrado de la tensión.

Nos exponemos a un arranque difícil si el valor de Z_c es excesivo. Es necesario calcular las caídas de tensión antes de proceder a una instalación. Se hace un cálculo de la siguiente manera:

1. Estudio general

Transformador: Tensión E_t constante

Cable : Impedancia Z_c

Motor : Intensidad nominal I_n (para la tensión E_t)

: Intensidad de arranque I_a (para la tensión E_t)

: $\cos \varphi$ para la marcha normal (con I_n y E_t)

$\cos \varphi = 0.4$ (en el arranque)

Para marcha normal la impedancia del motor:

$$Z_{\text{motor}} = E_{\text{motor}} / I_n$$

La impedancia del conjunto, cable y motor, es:

$$Z_c + Z_{\text{motor}} = Z_c + E_{\text{motor}} / I_n$$

La corriente que se establecerá en el circuito será, por consiguiente:

$$I = E_t / (Z_c + Z_{\text{motor}})$$

Finalmente, la caída de tensión en el cable, es:

$$E_c = Z_c I = Z_c E_t / (Z_c + Z_{\text{motor}})$$

Y la tensión en los bornes del motor es:

$$E_t - Z_c I = E_t - Z_{\text{motor}} / (Z_c + Z_{\text{motor}})$$

En el calculo de arranque, por otra parte, El calculo es el mismo, pero la impedancia del motor, es:

$$Z_{am} = E_{\text{motor}} / I_A$$

La nueva tensión en los bornes del motor es:

$$E_t Z_{am} / (Z_c + Z_{am})$$

Z_{am} puede ser muy inferior a Z_m , puesto que I_A esta comprendida entre 6 y 10 I_n y el $\cos \phi$ es pequeño en el arranque. Como consecuencia, el par motor, que es proporcional al cuadrado de la tensión de alimentación, puede ser insuficiente al principio.

En todos los proyectos de instalaciones que se apartan de lo clásico, es conveniente efectuar el calculo completo.

4.5. Conclusiones concernientes a la elección de cables

Los cables son el único material eléctrico del interior cuya elección se deja por completo al encargado de la explotación (o un asesor). Para esto requiere conocer todos los elementos de esta elección y poner en ella todo el cuidado. Ya que una mala elección nos conduciría alterar el insumo por este concepto en perjuicio de la productividad.

4.6 Diagrama unifilar de la mina

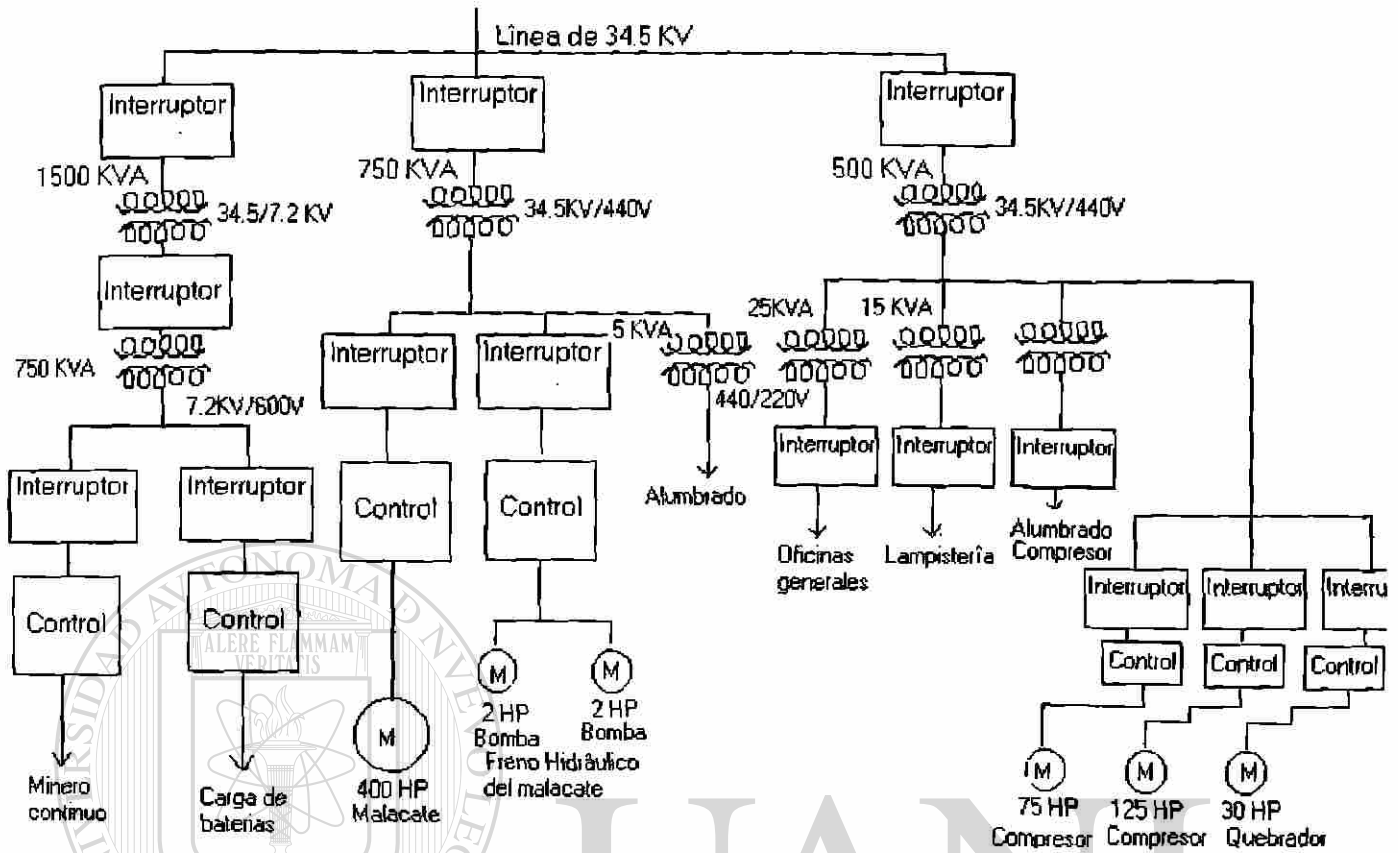


Diagrama unifilar de la mina

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPITULO 5

Aparatos eléctricos en la mina

5.1 Transformadores

Los transformadores constituyen el mejor ejemplo de la evaluación del material eléctrico. Estos aparatos, antes eran pesados, bromosos, Hasta peligrosos, Hoy día ofrece cualidades de seguridad y operación. A continuación algunos tipos de estos aparatos

a) Transformador antideflagrante con relleno liquido

este transformador tenía grandes inconvenientes además de su peso

1) La inflamabilidad del aceite

2) Su inestabilidad. El aceite absorbe humedad que reduce su poder aislante, y

también aire, con producción de ácidos que destruyen los aislantes.

b) Transformadores con protección de aislante liquido

Las nuevas normas para la fabricación de material eléctrico que autorizaban la “protección con aislante” han permitido la simplificación de los transformadores. Y conducido a fabricación de aparatos mas ligeros, y los aparatos de aceite han sido durante largo tiempo de empleo casi general.

Se han utilizado transformadores con aislante liquido incombustible (piraleno). Este liquido tiene una densidad de 1.6 lo que lo hace muy pesado y se ha abandonado su uso en provecho de los transformadores de cuarzo.

c) transformadores secos

1.- transformadores en aire

Se exige una carcasa antideflagrante y las distancias entre conductores son muy importantes. Los respiraderos hacen que el aparato sea vulnerable a la humedad. La

refrigeración se consigue por convección o por circulación de aire forzado. Este transformador se desarrollo muy poco.

2.- Transformador de cuarzo

Su carcasa se llena de arena de cuarzo aislante. Sus cualidades son numerosas:

- Su cárter no es antideflagrante, ya que se trata de un material con protección de aislante pulverolento.
- La arena rodea las bobinas, de forma que no es sensible ni a los transportes, ni a los efectos electromagnéticos de cortocircuito en las bobinas.
- La arena impide a un arco aún muy potente inflamar una mezcla de CH₄ situada encima del cuarzo, o entre granos del mismo.
- El fenómeno de respiración se encuentra muy reducido por el hecho del pequeño volumen de gas contenido en la carcasa.
- Su gran resistencia a las sobrecargas. Soporta las sobrecargas, muy elevadas que se encuentran en el cuadro siguiente.

Valor de la Sobre carga	Duración de la sobre carga	
	A partir de un Estado frío	Después de Marcha Continua a plena carga
10 %	7 h 30 min.	4 h
20 %	3 h 30 min.	1 h
40 %	2 h 30 min.	15 min.
65 %	13 min.	5 min.
100 %	4 min.	2 min.

Sin embargo, como la arena es mal conductora del calor, la carcasa esta dotada de pantallas metálicas, destinadas a mejorar la refrigeración. Este inconveniente tiene una gran ventaja: La imposibilidad rigurosa de una mezcla entre alta y baja tensión.

d) Transformador en un gas inerte

Se encuentra este transformador dentro de una carcasa soldada y llena de nitrógeno.

5.2. Aparatos de interrupción para baja tensión

5.2.1. Los seccionadores

No tienen poder alguno de corte y no pueden maniobrarse más que en ausencia de corriente. Sirven principalmente para realizar inversiones de corriente. Se les llama seccionadores inversores.

5.2.2. Interruptores manuales

Son seccionadores reforzados que permiten el corte a su intensidad nominal

5.2.3. Los interruptores y los arrancadores

5.2.3.1 Un interruptor de potencia

Es un aparato con un gran poder de corte. Su cierre es manual y se realiza por compresión y enclavamiento de un sistema de resortes. Este enclavamiento puede liberarse automáticamente en condiciones preestablecidas, lo que produce, por acción de los resortes, un corte particularmente rápido.

5.2.3.2. En un contactor por el contrario ni el cierre ni la apertura son manuales.

Es la atracción de una bobina electromagnética lo que hace el cierre de los contactos y los mantiene en esa posición. El fin de esa atracción lleva consigo la apertura.

Esta disposición permite el mando a distancia y la instalación de variados sistemas de protección que actúan siempre, en último caso por apertura del circuito de la bobina.

5.2.4. Caja (COFFRET)

Esta formado por el contactor y la caja que lo contiene.

Su construcción debe satisfacer a la norma PNC 63- 680 del 1-5-54 escrita por la unión técnica de electricidad y apunta los detalles y características técnicas de estos aparatos.

5.2.4.1 Los dos compartimentos de la caja

Todo el material eléctrico se encuentra encerrado en una caja antideflagrante de dos compartimentos.

5.2.4.1.1 Compartimento superior

Esta cerrada por una tapa, con tornillos de cabeza especial, embutidos con el fin de evitar que lo abran personas no autorizadas.

En el interior del compartimento se encuentran

* Un interruptor inversor que puede interrumpir con carga nominal

* Un juego de barras trifásicas

* Las llegadas y salidas de todos los cables

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En el exterior se distinguen:

- La manija para maniobrar el interruptor- inversor
- varias entradas de cables (las que no se usan se obturan con placas con juntas antideflagrante
- Un amperímetro
- Lamparas indicadoras

Este compartimento superior esta normalmente con tensión y la maniobra del inversor hace que se comuniquen eléctricamente los dos compartimentos.

5.2.4.1.2. Compartimento inferior

Esta cerrada por una puerta de accionamiento rápida que para abrirse es necesario que el interruptor del compartimento superior este abierto, o cuando el compartimento inferior no este energizado (art.13 de las reglas de prescripción C 12300 del U.T.E.).

Todo el material eléctrico del compartimento inferior va montado en un chasis que se saca en conjunto para su mantenimiento y hacer un cambio rápido en caso de existir algún desperfecto.

Inversamente, la colocación en su lugar del chasis establece inmediatamente, por medio de barras de cobre, el contacto eléctrico con el compartimento superior.

5.2.4.2. Esquema eléctrico de la caja

Las funciones de la caja son las siguientes:

- Arranque y parada del motor, ya sea a partir de la caja, o ya sea a partir del motor.
- Protección del motor.
- Protección del cable entre la caja y el motor.

Descripción del funcionamiento.

1. Arranque del motor a partir de la caja.

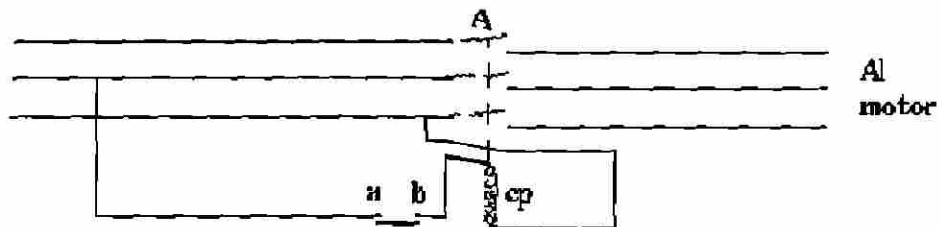


Fig. 5.2 Accionamiento principal

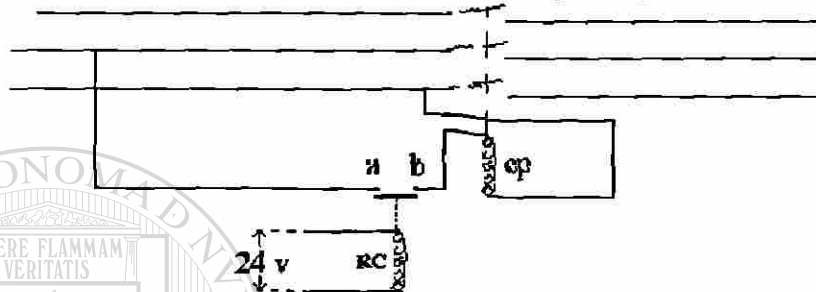


Fig. 5.3. Relé de accionamiento

Se trata de cerrar los contactos A que alimentan el motor. Esta operación la realiza la bobina CP (contactor principal), alimentada monofásicamente con 550 V, por el botón de arranque a-b en la fig. 5.2.

En la fig. 5.3. el cierre manual del contacto a-b a 550 V representa un peligro. Se evita esto obligando a la bobina RC (relé de mando), alimentada con 24 V, a maniobrar el contacto a-b.

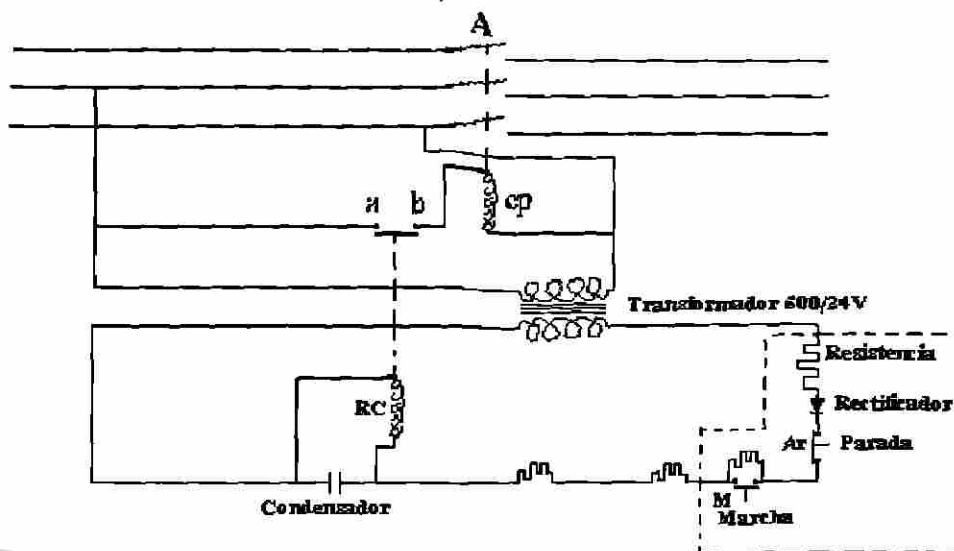


Fig.5.4. Accionamiento del motor

En la fig.5.4 para obtener la tensión de 24 V de C.C., se utiliza un transformador monofásico de 550/24 V y un rectificador (el primario del transformador esta conectado en derivación de dos fases de la llegada de 500 V).

El condensador que se conecta en paralelo con RC, es para evitar vibraciones. El cierre del botón de arranque M lleva consigo la de a-b y después la de A.

Al circuito de la bobina RC se añaden resistencias.

El botón de arranque M, provisto de un resorte, permanece cerrado solo durante el tiempo que se ejerza suficiente presión sobre él. Para evitar que el motor se pare cuando se suelta el botón de arranque, se coloca una resistencia $r1$ en paralelo con él. Esta resistencia se calcula de manera que la corriente que circula por la bobina RC sea suficiente para mantener el cierre del RC, pero no para provocarlo; esta ultima maniobra se logra por el cierre del botón M.

Para detener el motor, es suficiente añadir al circuito de la bobina RC un botón de parada, que normalmente está cerrado. Su apertura momentánea, cortando la alimentación a RC, produce la de a-b, y después la de A. Generalmente el botón de arranque ,parada ,diodo rectificador, y resistencia se colocan en una misma caja, independiente del coffret, se le llama puesto de mando.

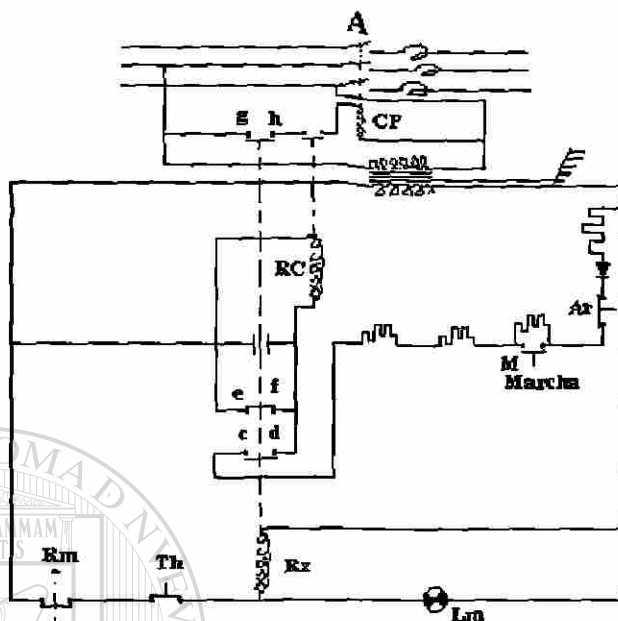


Fig. 5.5. protección por relé magnetotérmico.

- **Protección del motor.**

En la fig. 5.5 se asegura por relés magnetotérmicos R_{mt} colocados en las tres fases del circuito principal de 550 V. Provocan la apertura de los contactos Th en seguida de un calentamiento de las laminas bimetálicas, así como la apertura de los contactos Rm, por efecto magnético. En estas condiciones la protección del motor se realiza de la forma siguiente:

- **protección de las sobrecargas:**

En la misma fig, 5.5 una bobina auxiliar Rx queda sometida a tensión en el momento en que el compartimento inferior de la caja se alimenta; tiene en su circuito los contactos Rm y Th que normalmente están cerrados. La alimentación de Rx lleva consigo; el cierre de c-d, colocado en el circuito de 24 V de RC, la apertura de e-f, el cierre de g-h, en el circuito de 550 V de CP.

En estas condiciones, el mando del motor se obtiene con los botones M y Ar.

En caso de sobrecarga, el calentamiento de las laminas bimetalicas provoca la apertura de Th , que corta la alimentación de Rx , lo que provoca simultáneamente:

- El corte del circuito de 24 V de la bobina RC por el contacto $c-d$,
- El cortocircuitado de esta misma bobina por el contacto $e-f$,
- El corte del circuito de 550 V de la bobina CP por el contacto $g-h$.

Después del enfriamiento de las laminas bimetalicas, y sin acción manual, Th se cierra.

- **protección de los cortocircuitos:**

Este incidente provoca igualmente el corte del circuito de la bobina Rx por el contacto Rm . Contrariamente a lo que ocurría en el caso precedente, la vuelta a la posición de cierre del contacto Rm , que es de enganche mecánico, no puede realizarse más que manualmente accionado en el interior del coffret. Finalmente, una lámpara Lm indica que la bobina Rx está energizada.

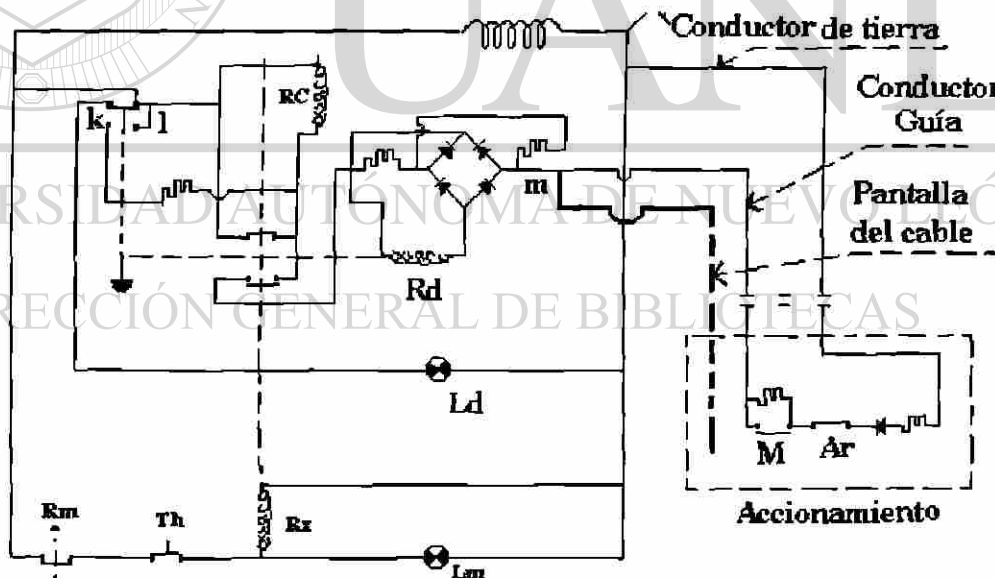
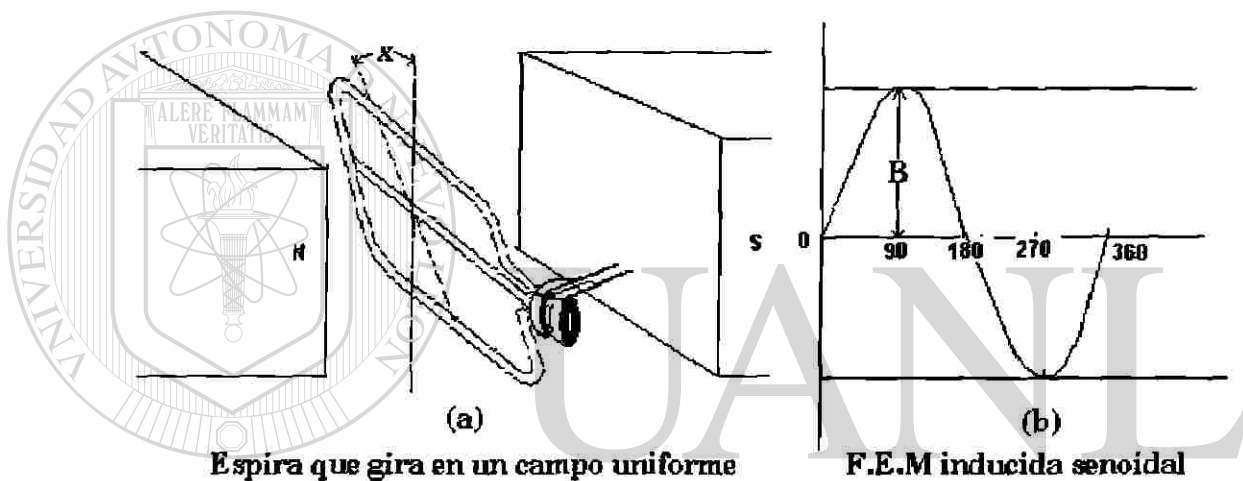


Fig.5.6 Control a distancia y relé de falla

5.3 Motores eléctricos

Esta categoría esta constituida por el motor de corriente continua (C.C) y de corriente alterna (C.A) sincrónicos y asincrónicos. El principio en que se basa el funcionamiento de un motor asincrónico se deriva del principio del campo magnético giratorio, en el motor sincrónico y en el motor de C.C pueden considerarse duales del de los alternadores y las dinamos.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Considerando la espira que se encuentra dentro de un campo magnético , si se le aplica una tensión en los extremos (anillos) una corriente circulara en ella y creara un campo, y habrá una interacción entre estos dos campos produciendo un par que hará que la espira gire. Esto es lo que constituye un motor que transforma la Energía Eléctrica recibida en Energía Mecánica.

5.3.1 Motores de corriente continua

Por su construcción y sus características eléctricas un motor de C.C no es muy diferente a una dinamo. La excitación puede ser independiente, en serie, Shunt (paralelo) o mixta; como se observa en los diagramas. De la fig.(5.7)

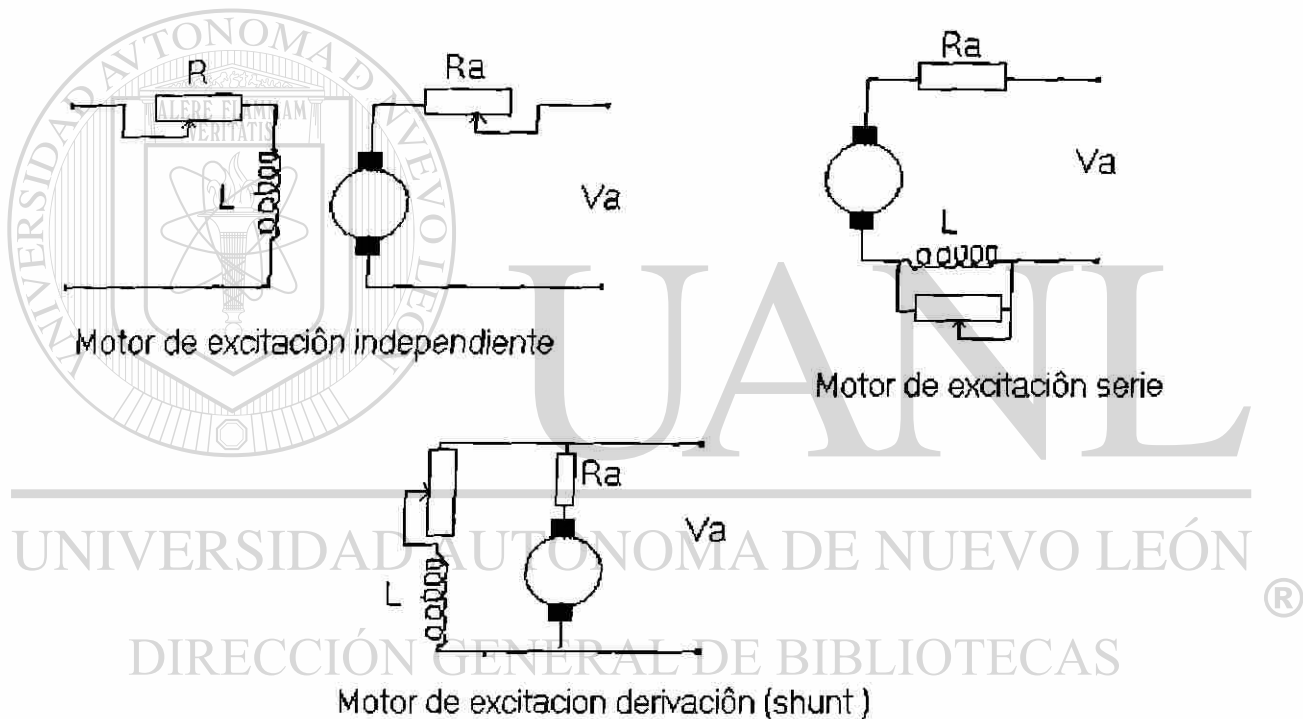


Fig.5.7 Diagrama de los circuitos equivalentes de los motores con excitación independiente, serie y derivación

La característica del par electromecánico depende del tipo de excitación empleado como se observa en la fig.(5.8)

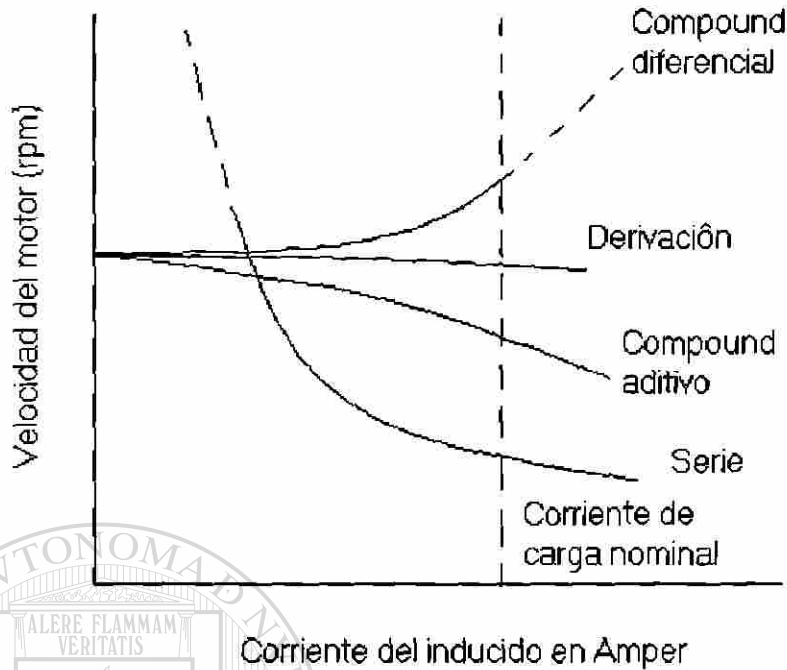


Fig. 5.8 Comparación de las características velocidad-carga para una máquina de C.C.

En ella se observa que la excitación derivación mantiene casi constante la velocidad cuando varía la carga, lo que resulta ventajoso para ciertas aplicaciones.

Las características son válidas para determinados valores de la corriente de excitación y de la tensión de alimentación del circuito principal. La regulación de la característica exterior se efectúa actuando sobre una de estas magnitudes o sobre ambas. El objetivo de la regulación de la característica exterior, es cambiar la velocidad del motor y, por lo tanto, la velocidad del árbol acoplado.

5.3.2 Características de velocidad de los motores de C.C

Para predecir como variara la velocidad de cada uno de los motores existe una ecuación fundamental:

$$s = \frac{V_a - I_a R_a}{K\phi}$$

En la que

$S \Rightarrow$ Velocidad en r.p.m.

$I_a \Rightarrow$ corriente del inducido en amper

$R_a \Rightarrow$ resistencia de inducido en ohm

$K \Rightarrow$ Constante que depende del numero de polos, numero de conductores, numero de ramas del inducido.

$\phi \Rightarrow$ Flujo en líneas por polo

$V_a \Rightarrow$ tensión aplicada en volts

Para simplificar no se considero la caída de tensión en las escobillas (Carbones)

Para el motor en derivación esta formula puede expresarse:

$$V_a - I_a R_a$$

$$S = k \frac{E}{\phi f} = k \frac{E}{\phi f}$$

Sin tener en cuenta la reacción de inducido el flujo puede considerarse constante. Además ya que la fuerza contraelectromotriz desde vacío hasta plena carga presenta una variación de aproximadamente el 20% (o sea, desde 0.75 V_a a plena carga hasta aproximadamente 0.95 V_a en vacío), la velocidad del motor se mantiene constante como lo indica la fig.(5.8).

Para el motor en serie esta ecuación se expresa

$$S = \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{K \phi}$$

Puesto que el flujo en el entrehierro producido por la excitación serie es proporcional a la corriente del inducido solamente, esta velocidad puede expresarse

$$S = k \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{I_a}$$

Como lo indica la ecuación al tener una corriente de inducido pequeña la velocidad sería muy grande y el motor podría dañarse, por esta razón este tipo de motor se recomienda ser accionado siempre acoplado a una carga.

En general este tipo de motor se equipa con un interruptor centrífugo, que se encuentra normalmente cerrado en la zona de funcionamiento y que se abre a la velocidad de aproximadamente el 150% de la velocidad nominal.

La ecuación básica de la velocidad para el motor compound aditivo se escribe de la siguiente forma.

$$S = k \frac{V_a - I_a (R_a + R_s)}{\phi_f + \phi_s} = k \frac{E/\phi_f + I/\phi_s}{\phi_f + \phi_s}$$

Con esta ecuación el resultado es que la velocidad del motor compound aditivo disminuirá mas rápidamente que la del motor Shunt con la aplicación de carga, como lo indica la fig.5.8.

En la fig.5.9 se muestran las características Par-Carga para una maquina de C.C. determinada

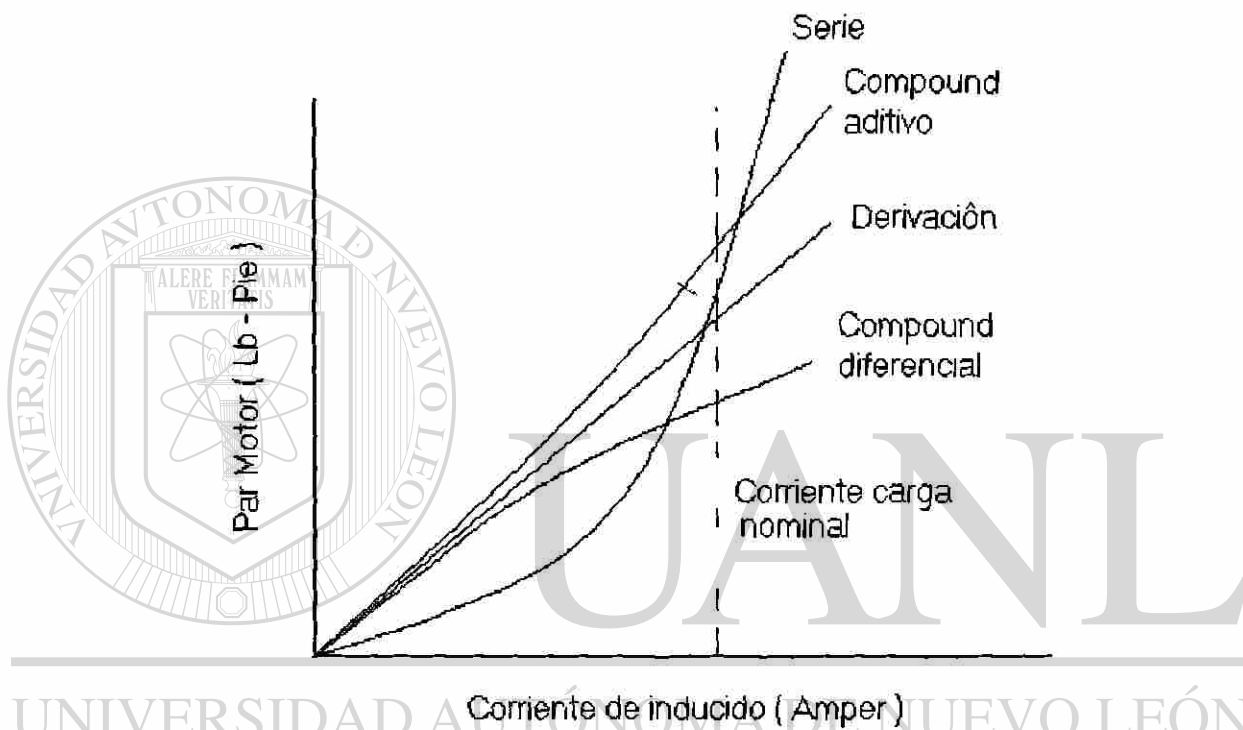


Fig.5.9. comparación de las características Par-Carga para una maquina de C.C. determinada

En la fig.5.10. se observa la comparación de la potencia de salida y el par motor así como también la comparación con la velocidad.

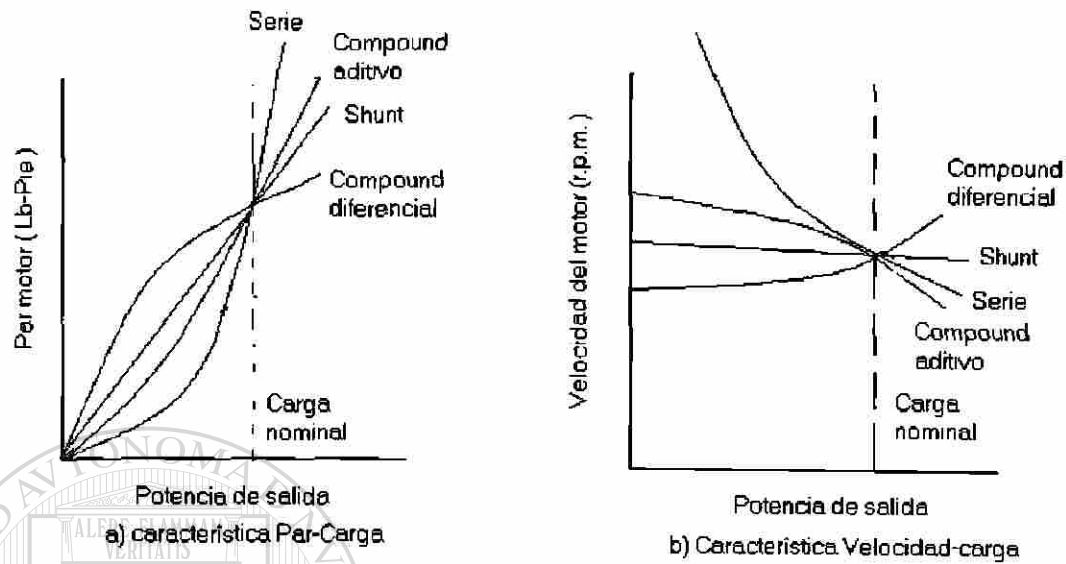


Fig.5.10 Comparación de las características del Par y Velocidad-Carga a la carga nominal

Al tener la expresión que relaciona el par externo, la potencia y la velocidad

$$HP = T S / 5252$$

Donde

T => Par en Lb-Pie

S => Velocidad en r.p.m.

Y la ecuación fundamental del par

$$T = K\phi I_a$$

Donde

$\phi \Rightarrow$ Flujo por polo o líneas por polo

Si una maquina de C.C se hace funcionar como generador, es necesario desplazar las escobillas en el mismo sentido de rotación a medida que la carga aumenta; si se ha de accionar como motor, es necesario desplazar las escobillas en sentido contrario al de rotación al aumentar la carga.

5.3.3 Motores de corriente alterna

Cuando una maquina (de C.A o C.C) se conectan en paralelo con unas barras o con otra fuente de fuerza electromotriz, puede actuar como

- (1) Generador, si su fuerza electromotriz inducida es mayor que la tensión de barras (y genera potencia Hacia las barras); o como
- (2) Motor, si su fuerza electromotriz inducida es menor que la tensión de barras (en cuyo caso recibe potencia de las barras).

La velocidad de un motor sincrónico de C.A viene determinada por la frecuencia y el número de par polos y se escribe.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

120 f

$S = \frac{120 f}{P}$

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Donde

F \Rightarrow Frecuencia de la línea en Hz

P \Rightarrow Numero de polos

Los motores sincrosos presentan las siguientes ventajas sobre los motores de inducción (ásincrosos)

- 1) Pueden usarse para corregir el factor de potencia además de suministrar Par para accionar cargas.
- 2) Son de mayor rendimiento cuando funcionan a un F.P unidad
- 3) Permiten un entrehierro mas grande
- 1) Pueden resultar menos caros

El motor sincroso no arranca por si mismo, sin un devanado amortiguador.

Debido a la elevada inercia del rotor, el par resultante producido en un segundo es cero, ya que el rotor ha sido, realmente, empujado alternativamente en el sentido de las agujas del reloj y en sentido opuesto, 60 veces en ese segundo, suponiendo una frecuencia de 60 Hz.

Es evidente entonces, que el motor sincroso debe llevarse a una velocidad suficientemente cerca de la velocidad de sincronismo. Los medios para llevarlos a esa velocidad son:

- 1) Un motor de C.C acoplado
- 2) El uso de la excitatriz como motor de C.C
- 3) Un pequeño motor de inducción de por lo menos un par de polos menos que el motor sincroso.
- 4) El uso de devanados amortiguadores como motor de inducción de jaula de ardilla.

El mas comúnmente usado es como motor de inducción usando los devanados amortiguadores:

- 1) El devanado de la excitación de C.C es cortocircuitado y se aplica la C.C al estator, llevando al motor a la velocidad en vacío como motor de inducción.

2) Se aplica C.C al devanado de excitación, y la corriente de excitación se regula de manera que se absorba una corriente máxima de la red de C.C.

Su aplicación mas común es donde se requiere velocidad constante. Su par por fase se deriva de la siguiente formula.

$$HP = T S / 5252 \text{ despejando } T \text{ tenemos ; } T = 5252 HP / S$$

5.3.4 Maquinas de inducción

La maquina de inducción es, una maquina con excitación doble que tiene una tensión de C.A aplicada tanto a su devanado de estator como a su devanado rotorico. La tensión aplicada al rotor es una tensión inducida de frecuencia variable y tensión originada como resultado de la velocidad del rotor respecto a la velocidad de sincronismo, en el rotor se produce el mismo numero de polos de polaridad instantanea opuesta que la existente en el estator.

La frecuencia del rotor puede expresarse como función de la frecuencia del estator y del deslizamiento.

$$Fr = s f$$

Donde

Fr => Frecuencia de la tensión y corriente en el rotor en Hz.

S => deslizamiento

F => frecuencia de la línea en Hz

El par de arranque en los motores de jaula de ardilla que no permite variación de la resistencia del rotor viene dada por la ecuación:

$$T_s = K_t' V_p^2$$

$$K_t' = K_t R_r / R_r^2 + X_{lr}^2$$

Donde

$V_p \Rightarrow$ tensión por fase

$R_r \Rightarrow$ resistencia del rotor

$X_{lr} \Rightarrow$ reactancia a rotor bloqueado

Esta fórmula establece que el Par es tan solo función del voltaje aplicado al estator.

La relación básica entre la Potencia externa e interna, el Par y la Velocidad del motor es:

$HP = T S / 5252$ la cual ya Hemos tratado anteriormente se transforma, relacionando la corriente del rotor, deslizamiento, resistencia del rotor, reactancia, velocidad del rotor S_r obtenemos la siguiente ecuación.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

$$T = 7,04 (P_{ent} / S) \text{ en Pie-Lb}$$

Donde

$P_{ent} \Rightarrow$ potencia de entrada en el rotor = $I_r^2 R_r$ en Watts/ fase

$S \Rightarrow$ velocidad sincrona = $120 f / P$ en r.p.m.

Arranque del motor de inducción

El arranque a plena tensión no debe evitarse si las líneas son de capacidad suficiente para proporcionar la tensión y corriente nominales requeridas por el rotor de inducción, puesto que este arranque no debe dañar de ninguna manera al motor de inducción.

Cuando las líneas de alimentación son de capacidad limitada en comparación de la corriente de arranque que absorbe un motor de inducción, existe la posibilidad que, debido a la alta corriente, la caída de voltaje y la tensión reducida de la línea, el motor que está arrancando (como otros motores) puede no desarrollar el par suficiente para acelerar la carga y, como resultado, puede absorber corriente excesiva en el estator y en el rotor. El equipo de protección del motor y de la línea pueden, tras un corto tiempo, desconectar el motor, requiriéndose volver a arrancar el motor una vez más y de nuevo con las perturbaciones en la tensión de la línea. Estas perturbaciones de tensión pueden afectar al equipo electrónico y de alumbrado por lo cual se requiere algún método alternativo de arranque del motor de inducción a fin de limitar la corriente de arranque.

Formas de arranque para acelerar un motor de inducción

- 1) Arranque por autotransformador a tensión reducida
- 2) Arranque a tensión reducida por resistencia o reactancia en el primario
- 3) Arranque Estrella Delta
- 4) Arranque con devanados divididos
- 5) Arranque por rotor bobinado
- 6) Arranque por medios electrónicos

Existen motores de doble jaula que se desarrollaron debido a una fuerte demanda de un motor de inducción de construcción simple y de arranque a plena tensión que no produjera perturbaciones inadmisibles de la tensión de línea mejorado. Según la potencia nominal.

A fin de distinguir entre los distintos tipos de motores de inducción disponibles, el NATIONAL ELECTRICAL Manufactur's Association (NEMA) ha establecido un sistema codificado a base de letras. Estas letras especifican una diferencia en la construcción del rotor ver la fig.5.11.

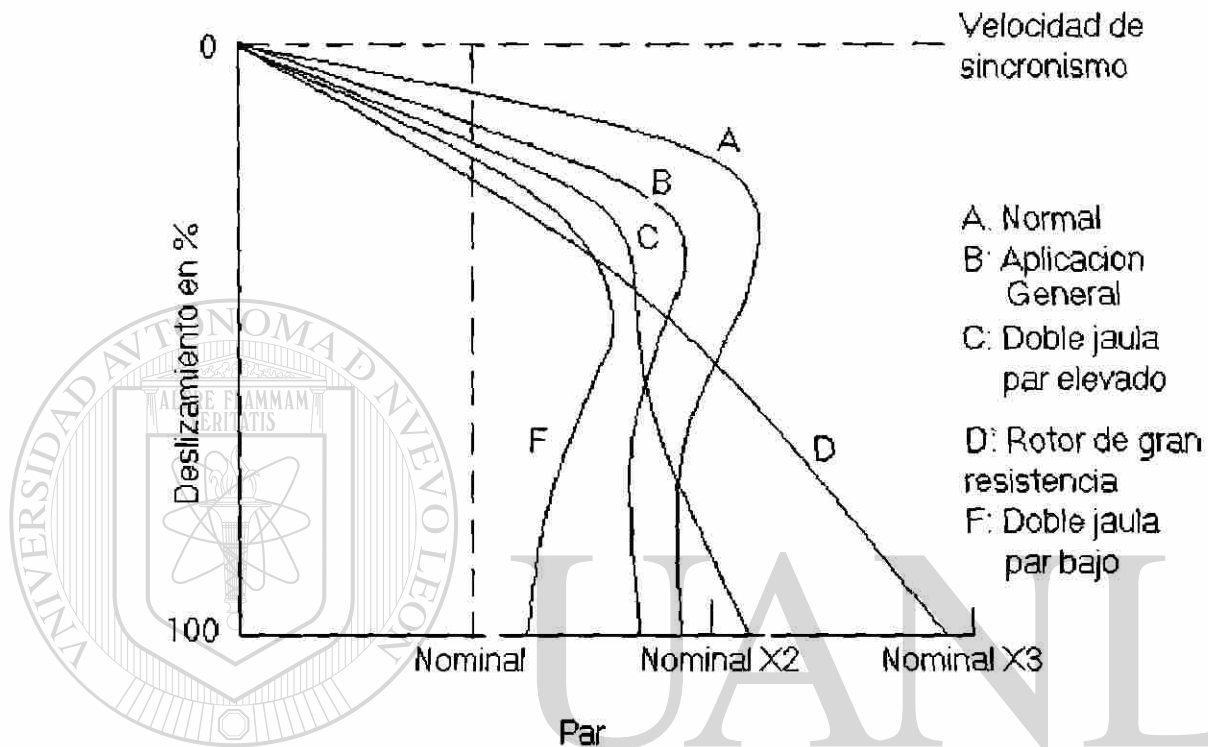


Fig.5.11 Características Par-Deslizamiento de motores de inducción

La regulación de los motores de rotor fundido

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

A diferencia del motor de rotor bobinado, se lleva a cabo por tres diferentes formas:

- 1) Variando la frecuencia aplicada al estator
- 2) Variando el número de polos del estator
- 3) Reduciendo la tensión aplicada al estator.

El método más útil es el primero que implica una variación de la frecuencia y la tensión aplicada al estator.

Los métodos 2 y 3 tienen aplicación limitada, ya que tienen inconvenientes. El método 2 requiere motores especiales y el 3 no es aplicable a motores polifónicos.

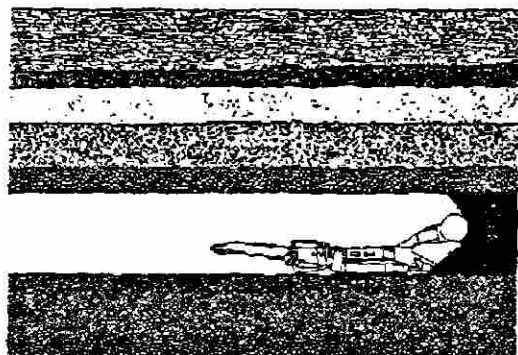
CAPITULO 6

EQUIPO DE EXPLOTACION

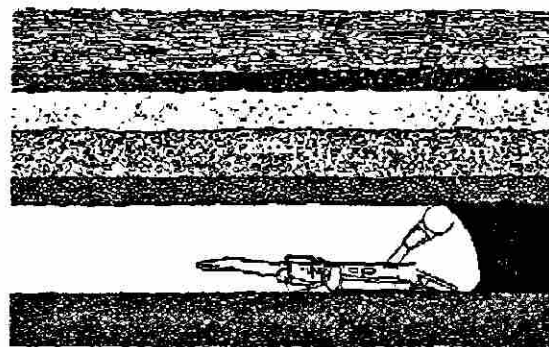
6.1 mineros continuos .

La mina cuenta con tres mineros continuos joy para la producción, dos de los cuales son 12 CM 10 y uno 12 C M 17 . el diseño de la cabeza es sólida. Cada cabeza de corte de la maquina esta comprendida por tres tambores de corte con quebradores de centros localizados entre los tambores; La cabeza de corte del minero 12 C M 10 es energizada por dos motores de corte de 210 HP. A.C. (157 kw) protegidos por embrague , los cuales están montados paralelos a línea de centro del bastidor del brazo y conectados al engranaje de la caja de engranes por flechas de torque internas . los motores de corte en el 12 C M 17 son de 165 HP (123 KW). Todas las maquinas tienen tambores de diámetro de 44 pulgadas (1118 mm). Los anchos de corte de 10' 10'' (3302 mm) con el 12 CM 10 y con el 12 CM 17 , 9' 6'' (2896 mm); El 12CM10 incorpora un transportador de 38'' (95mm) de ancho, y el 12 CM 17 uno de 24 '' (610 mm) la altura máxima de corte es de 12' 1'' (3683mm) para los dos tipos de maquinas .

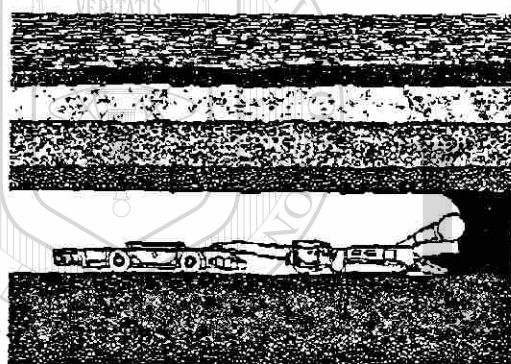
El 12 CM 10 tiene una rampa recolectora que consiste de dos motores de 165 HP A.C. (50kw) que energizan las dos cajas de engranes de los brazos de carga centrifugos . una flecha de base común conecta los centros de giro de recolección para impulsar el transportador de cadena, el 12 CM 17 usa un motor sencillo de rampa de carga de 65 HP (50 kw) para impulsar las cajas de engranes de los brazos de carga.



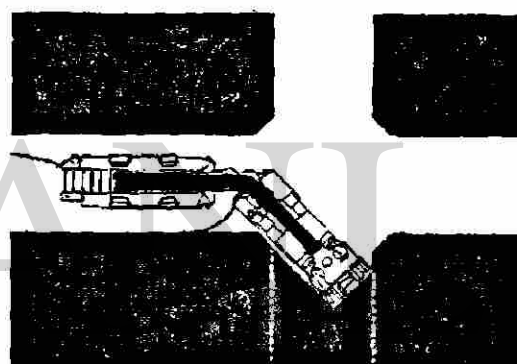
(6.1.a)



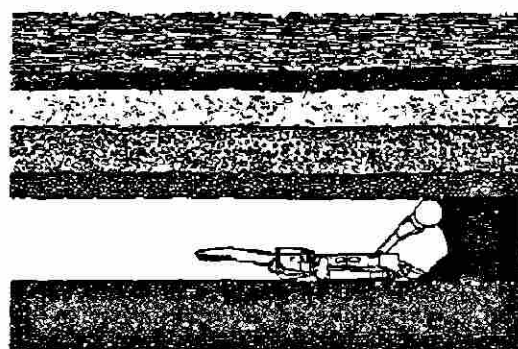
(6.1.b)



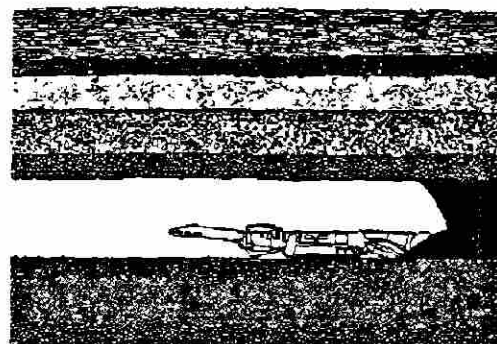
(6.1.c)



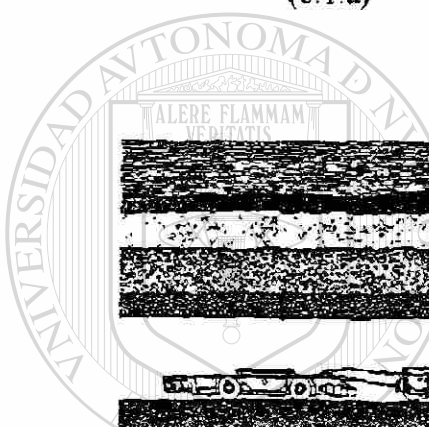
(6.1.d)



(6.1.e)



(6.1.f)



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



En el esquema anterior se muestra en la fig. (6.1.a) el minero continuo cortando la frente del manto de carbón, la fig.(6.1.b) muestra el minero cortando la parte superior del manto, la fig.(6.1.c), muestra al minero cargando al carro transportador, la fig.(6.1.d), muestra al minero realizando rebajes para entrar a un nuevo cañón , la fig.(6.1.e) muestra al minero emparejando el manto, la fig.(6.1.f) muestra al minero cortando la parte inferior del manto.

6.2.Carros transportadores

Actualmente se trabaja con 6 carros JOY , de los cuales 3 se colocan en las colas de las bandas para descargar el carbón en ellas. Generalmente dos cañones son los que trabajan dos turnos, y uno se deja para el caso de tener mantenimiento o que sufran algún desperfecto las maquinas. Los carros tienen una capacidad de 6.5 Ton. Y se utilizan para llevar el carbón del minero al carro que se encuentra en la banda. Cada carro lleva integrado un motor de bomba hidráulica de 15 HP, dos motores de conveyor de 75 HP, y un motor de tracción de 15 HP; formando un total de 180 HP por carro transportador en la fig.6.1.c se ve un carro en el que el minero esta descargando el carbón.

Capítulo 7

BANDAS TRANSPORTADORAS

7.1 Introducción

En las bandas transportadoras. Una cabeza motriz tira, por adherencia una banda sin fin. Las dos caras de la banda están soportadas por rodillos a la misma distancia. Generalmente la cara inferior circula vacía, mientras que la superior transporta el mineral. La banda transportadora se ha utilizado durante mucho tiempo en el exterior antes de emplearse en el interior de la mina. es un equipo muy simple que salva pendientes y transporta grandes toneladas. Las posibilidades de las bandas transportadoras son muy variadas: las hay cortas y ligeras, de pocos caballos de potencia, y otras mas potentes.

7.2. Descripción del transportador

7.2.1. Banda

Banda de algodón y de caucho

Las bandas han estado constituidas durante mucho tiempo por varias capas de tela de algodón unidas con goma.

El conjunto se recubría de goma extendida. Con esta forma , la tela soporta la tensión necesaria para tirar de la banda. Por otra parte, el recubrimiento resiste la abrasión y

protege la tela contra la humedad. La tela es de algodón de fibras largas. Consta de hilos en cadena (sentido longitudinal) e hilos de trama (sentido transversal), siendo la resistencia mucho mas elevadas en los primeros, ya que los hilos transversales tienen como fin unir a los longitudinales. las características normales de las bandas de transporte interior han sido las siguientes durante mucho tiempo:

Ancho.....	650 a 800 mm
Numero de capas.....	3 a 5
Resistencia longitudinal por capa.....	65 Kg/cm ²
Resistencia transversal.....	28 Kg/cm ²
Espesor de la tela.....	1.1 mm
Peso de la tela.....	0.8 Kg/m ²

Se ve que las telas poseen una gran resistencia total. Por ejemplo, para una banda de 800 mm y de 5 capas, la resistencia es: $80 \times 5 \times 65 = 26000$ Kg. Pero hay que señalar que la tensión debe permanecer muy por debajo de esta resistencia para evitar un alargamiento excesivo de la tela. Por otra parte hay que tener en cuenta la fatiga de las uniones. Ya que la banda esta hecha de elementos unidos entre si y las uniones son puntos débiles. Prácticamente, los coeficientes de seguridad admitidos, para las bandas de varias capas de algodón variaban de 12 a 14. Dicho de otra forma: tomando como media 13 , la banda de 5 capas no podría trabajar mas que con $26000 / 13 = 2000$ Kg.

a) Evolución de las formas clásicas

En los últimos años, las bandas han experimentado la triple evolucion.

- 1) Aparición de la tela llamada "cord".
- 2) Sustitución del algodón por el nylon
- 3) Sustitución del caucho por el cloruro de polivinilo (C.P. V.)

1.- Tejidos especiales.

Hemos visto que las bandas de algodón clásicas (de hilos transversales y longitudinales cruzados) pueden soportar grandes tensiones si tienen un numero suficiente de capas (la resistencia a la tracción de una banda de n capas, cada una de resistencia R es siempre inferior en un 10 o 15 % al producto nR). Pero prácticamente, las bandas en el interior no pueden tener mas de 5 capas, ya que entonces son demasiadas rígidas transversalmente y conduce, por otra parte, a diámetros excesivos de los tambores motrices. Es mas, las telas de algodón presentan un inconveniente llamado “abullonamiento” y que previene de la forma senoidal de todos los hilos de la tela. Este abombado tiene por consecuencia un alargamiento muy fuerte de la banda (alargamiento permanente y no elástico). Se desea reducir, a la vez. La rigidez transversal y el abombado y esto ha conducido a la confección de telas especiales.

2.- Nylon

El nylon tiene cualidades mecánicas muy superiores a las de algodón. No se pudre y se adhiere al caucho perfectamente. Tiene, por otra parte, algunos defectos: la banda de nylon es mas blanda, tiene menos “cuerpo”. Es muy elástica y cuando esta cargada existe el peligro de que se desplace, formando sobre los tambores de la cabeza motriz una deformación, lo que constituye un accidente desastroso para una banda. Además, el nylon es muy inflamable. Por todas estas razones, los fabricantes estudian la forma de reemplazar el nylon, bien por un hilo de nylon rodeado de una vaina de algodón, bien por tergal.

Con la aparición del nylon, surgió un nuevo tipo de banda, llamado Nylcord, que vuelve a emplear los principios de la tela “cord”. Pero en esta vez no hay capas de algodón. La banda es una superposición de capas transversales y capas longitudinales “cord “ alternadas. Esta disposición, que permite la unión con grapa, se emplea mucho en el interior. Una banda Nylcord de 3 capas es equivalente a una de algodón de 5 capas. Se adapta con mayor facilidad a los tambores y no se pudre. El alargamiento importante del nylon, molesto con telas de algodón, no lo es con las telas “cord”.

3.- Nuevos revestimientos

El revestimiento de una banda tiene varias funciones.

- Protegerla contra los golpes y la humedad.
- Resistir la abrasión.
- Para las bandas del interior, evitar, si no la combustión con llamas, al menos la propagación del incendio.

La sustitución del caucho por el neopreno producto sintético de importación americano, reduce el peligro de propagación de incendio. Pero el neopreno es demasiado caro para ser empleado en gran escala.

En Francia se utiliza una mezcla de caucho natural y de parafina clorada que reduce sensiblemente la combustibilidad, sin suprimirla totalmente. En Inglaterra, el N.C.B. después de importantes accidentes colectivos, provocados por incendios de bandas, exige bandas incombustibles. Los fabricantes ingleses obligados por la necesidad, han reemplazado totalmente el caucho natural por el cloruro de polivinilo (C.P.V.). las bandas con revestimiento de C.P. V.

Tienen las cualidades siguientes:

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

*precios comparables a los de las bandas de caucho natural.

*resistencia a la abrasión netamente superior.

Tienen, por el contrario, las siguientes desventajas:

- Menor resistencia a los golpes, principalmente en los bordes.

- Resistencia insuficiente a bajas temperaturas, volviéndose frágil la materia plástica en caso de helada.

- Coeficiente de frotamiento menor que el caucho.

Se puede decir que la banda del porvenir deberá estar hecha de una armazón textil sintético y de un revestimiento de C.P.V., a pesar de la dificultad que hay para conseguir la adherencia entre la tela y el revestimiento y a lo que es preciso encontrar solución.

b) Unión de las bandas

Las bandas se introducen en el interior, generalmente, en tramos de 50 o 100 m. Se dificulta introducir bandas mas largas, ya que para 100 m el peso y las magnitudes de los rollos de banda son ya muy grandes.

Para construir un transportador, hay que unir estos diferentes elementos entre si. Siendo las uniones los puntos débiles. Se distinguen dos formas:

- La vulcanización en caliente, que permite obtener el 80 % de la resistencia de la banda.

- El grapado que permite, con un material de calidad y una técnica esmerada, alcanzar el 60 % de la resistencia de la banda.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

c) Dimensiones usuales de las bandas

En el interior, las dimensiones mas corrientes son de 36" (914.4 mm). Decimos que la tendencia general es la de adoptar esta anchura de banda.

d) Normalización de la banda

En las minas francesas, la norma M 81- 651 impone para las bandas cierto numero de características. Las cuales podemos enlistar:

- La resistencia a la tracción estática, sentido longitudinal y transversal.
- La resistencia de las uniones (grapado o vulcanizado).
- La flexibilidad (sentido longitudinal y transversal).
- El alargamiento en sentido longitudinal.
- La adherencia de los revestimientos y la adherencia entre capas.
- La calidad de los revestimientos (resistencia a la perforación y al desgarre).
- La resistencia a los choques (flexión y tracción dinámica).
- La incombustibilidad (o mejor dicho, la autoextinción).

En estas condiciones, la norma define tres tipos de bandas, según la resistencia a la ruptura de su armadura en Kg/cm de anchura. Estos son los tipos 315, 400 y 500. La norma fija la correspondencia existente entre estas resistencias y las cargas llamadas de referencia, es decir, que pueden ser aplicadas en marcha normal a las bandas:

25 Kg/cm para el tipo 315 (coeficiente de seguridad 12.6).	
32 " " " " 400 (" " " 12.4).	
50 " " " " 500 (" " " 10).	

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

e) Conservación de las bandas

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La conservación en almacén debe hacerse a temperatura media, en atmósfera no muy seca y sin luz. Los bordes de las bandas van marcados, cada diez metros de forma normalizada. La marca permite distinguir el proveedor, la naturaleza de la banda, el año de fabricación, etc.

Si la banda es muy cara, es necesario vigilarla anotando todos los incidentes que conciernen a cada uno de sus elementos y estableciendo estadísticas comparativas de duración.

7.2.2. Estructura

a) Tipos de transportadores

El 99% de los transportadores son del tipo de “cara superior de trabajo.

La cara superior sirve para el transporte y reposa sobre rodillos dispuestos a intervalos regulares, de 1.25 o 1.50 m .

Los tres rodillos de un grupo están, uno horizontal y los otros inclinados, variando su ángulo de inclinación de 20 a 35°. La adopción de un ángulo grande aumenta sensiblemente la capacidad de transporte máxima de la cinta, pero tiene el inconveniente de hacerla sufrir, si su ductividad es insuficiente, lo que es menos peligroso con cintas de nylon mas flexibles que las de algodón.

El retorno en vacío de la banda se hace bajo los rodillos de transporte. Que se encuentran a intervalos dos veces el intervalo de los superiores. Hay por lo tanto un rodillo inferior por cada dos superiores (grupos de tres).

b) Rodillos

Su eje. Tiene dos entalladuras en sus extremos que le permiten reposar en un saliente de la estructura. El camino de rodadura es un tubo cilíndrico de acero. La unión entre el rodillo y su eje se hace mediante dos cajas en los extremos, cada una de las cuales contiene un rodamiento de bolas y dispositivos de estancamiento. A veces las dos cajas de grasa van unidas mediante un tubo que permite la supresión del dispositivo posterior de estancamiento. La fig. 7. 1 representa un rodillo de este tipo con junta de laberinto para retener la grasa. En este modelo, una caja de chapa embutida rodea el rodamiento de bolas y la junta. Sobre la caja van dispuestos, por una parte un tubo guía y, por otra, el tubo exterior del rodillo. La junta de estancamiento se mantiene en su sitio mediante un anillo hendido de acero, introducido en una entalladura circular de caja embutida.

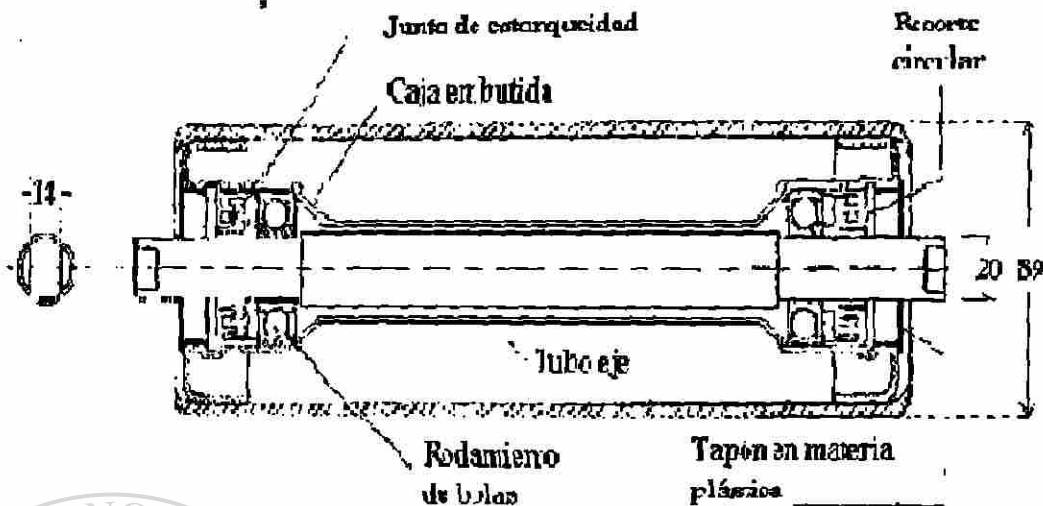


Fig.7.1 Rodillo de transportador

Por último, un tapón de materia plástica aísla la junta de estancamiento del exterior.

Los diámetros de los rodillos normalizados de los transportadores de 1000 a 1400 mm son de 152 mm.

Otras veces, los rodillos llevan engrasadores que permiten, sin desmontarlos, añadir grasa a las cajas. Pero estos aparatos no dan muy buen resultado por lo general. Por otra parte, los rodillos actuales consumen muy poca grasa, y por esto se ha podido suprimir el engrasador. Los rodillos se sacan entonces al exterior, de vez en cuando, para ser revisados y engrasados (muchas fabricas los garantizan para 10000 horas.). Es importante revisar los rodillos y cambiar, después de cada turno, los que estén atascados, para evitar que la banda trabaje en condiciones desfavorables, lo que ocasionaría una destrucción rápida del rodillo. Los rodillos dañados, pueden llegar a ser peligroso y originar incendios, si frotan contra la construcción metálica.

Algunos rodillos americanos son de chapa embutida con rodamientos no recuperables. Aunque la mayoría de los rodillos van lubricados con grasa, Algunas fabricas inglesas los lubrican con aceite.

c) Soporte de los rodillos

Existe una gran variedad de estructuras. Se puede, en principio, distinguir la estructura abierta de la cerrada. Esta, muy empleada antiguamente, llevaba una chapa de recubrimiento que ocultaba por completo la cara inferior y sus rodillos de soporte. Tenía el inconveniente de ocasionar el desgaste de esta cara que frotaba, sin que se viese, sobre las paredes de chapa, pudiendo los rodillos bloquearse sin apercibirse de ello.

La fig.7.2, es por el contrario, ejemplo de estructura abierta. Esta hecha con elementos laterales de 2,50 m (largueros de hierro en U). Estos elementos están unidos mediante caballetes espaciados unos 25m y que llevan los rodillos superiores. Los rodillos inferiores reposan sobre soportes fijados directamente a los largueros.

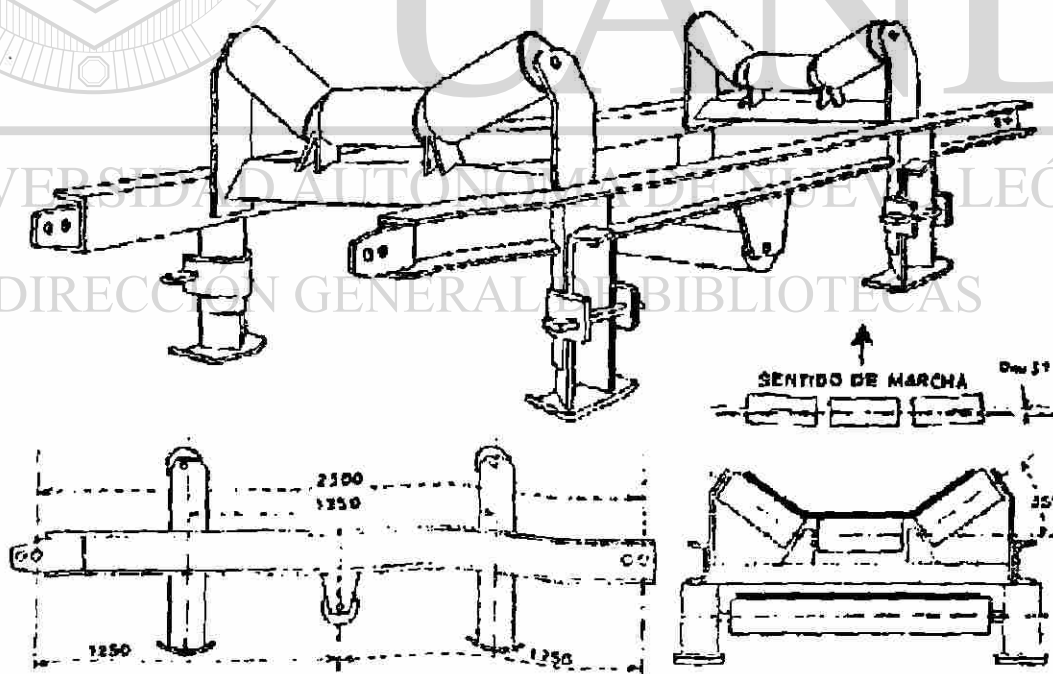


Fig.7.2. estructura del transportador

Todos los modelos llevan pies recambiables, regulables en altura, que permiten colocar la estructura sobre el suelo y regular su alineación. Con frecuencia, sin embargo, la estructura se suspende con la ayuda de cadenas o de cables, lo que facilita su reglaje y la hace independiente del muro. Las estructuras empleadas en la mina son variadas, en el interior la estructura de los rodillos va suspendida en cable, y estos sobre soportes telescópicos. En la banda del inclinado se compone por: Estructura abierta, estructura cerrada y suspendida por cable.

La estructura estandarizada que se describió tiene aun defectos, por lo que se esta estudiando una nueva que conserva muchos puntos comunes con la anterior, pero que satisfaga también las siguientes necesidades:

- Supresión de aristas vivas en todas las piezas que pueda tomar contacto con la cinta, cuando esta se desplace o cuando cambie de pendiente.
- Reducción del numero de piezas recambiables.
- Limitación del ángulo de cambio de pendiente entre elementos sucesivos.
- Simetría de los largueros con identidad de los caballetes para facilitar el montaje.
- Supresión del intervalo entre los tres rodillos superiores.

Los transportadores necesitan ser nivelados para evitar que la banda se desplace. Se obtiene, bien mediante pies telescópicos regulables (transportadores sobre el suelo),

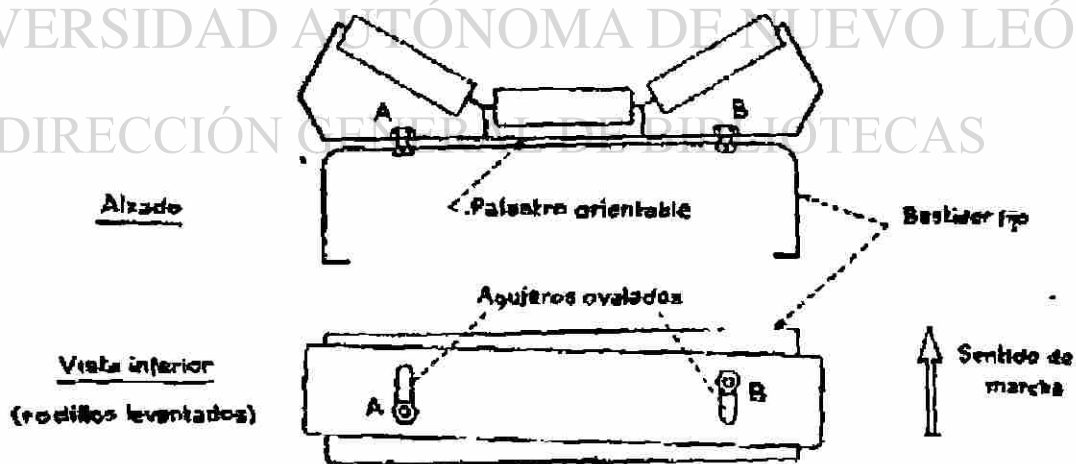


Fig.73. nivelación por agujeros ovalados

bien mediante la acción de cadenas o cables de suspensión (transportadores suspendidos), bien inclinando, con la relación al eje de la banda, el plano de los tres

rodillos superiores u el eje de los rodillos inferiores, Se utiliza para esto el dispositivo de agujeros ovalados de la figura 19, que tiende a desplazar hacia la derecha una cinta que se desviaría a la izquierda.

En el momento de la colocación de un transportador, todos los grupos de rodillos deberían ser reglados. El reglaje será también verificado, y si es preciso, corregido de vez en cuando.

También existen dispositivos autocentradores. Se utilizan sobre todo en transportadores caros, así como transportadores reversibles de los que volveremos a hablar. Se Tendrá, por ejemplo, a intervalos de 15 m tales dispositivos móviles, alrededor de un eje vertical, llevando, además de los tres rodillos normales, otros dos laterales. Cuando los toque la banda, estos harán girar el dispositivo autocentrador en un sentido tal que corregirá la desviación.

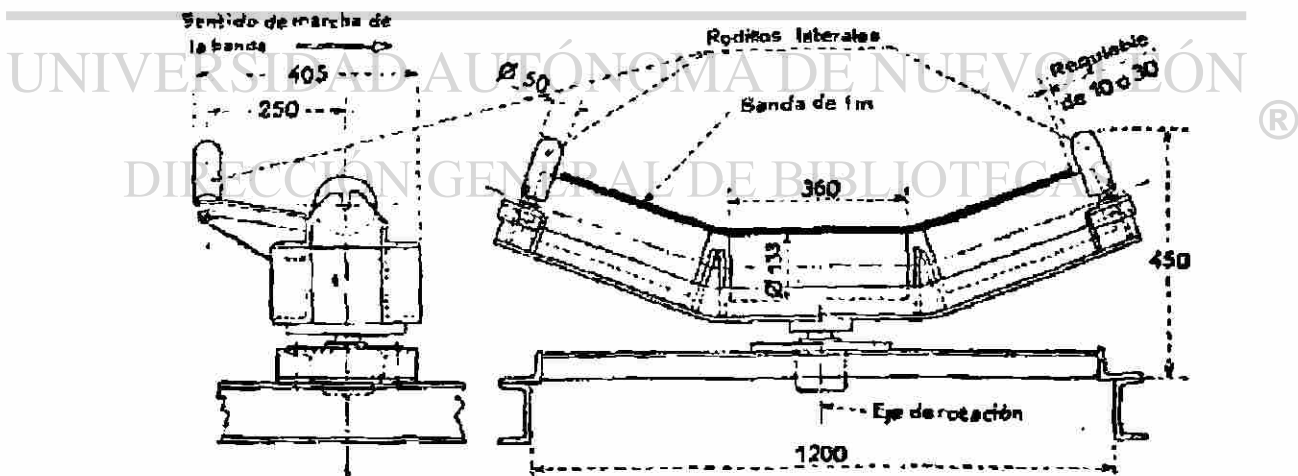


Fig.7.A. conjunto autocentrador

7.2.3. Cabeza motriz

En el transportador, el material se lleva por adherencia. Si la fuerza a transmitir es F y si T es la tensión de la cara superior, la de la cara inferior será $t=T-F$.

En lo que respecta a la potencia transmitida por la cabeza motriz, será $W=FV$ (En kilogramos por segundo); si V es la velocidad de la banda en metros por segundo). Finalmente, la potencia en caballos será $(FV) / 75$.

La condición de no deslizamiento de la banda es $T/t < e^{f\alpha}$ en la que α es el ángulo de enrollamiento de la banda sobre el tambor motriz.

7.2.3.1 Limite de la potencia transmitida

Se pueden distinguir dos limites: El limite de resistencia mecánica y el limite de adherencia.

La banda se calcula para trabajar a una tensión máxima determinada (dada por la norma). A esta tensión corresponde, a la velocidad dada, la potencia máxima que la banda puede transmitir por lo tanto se tendrá :

$$W_{\max} = (T_{\max} \times V) / 75$$

Ejemplo. Considerando la tensión del lado tenso a la que trabaja la banda del inclinado según datos proporcionados en el estudio de tecnibandas 17345.06 Lb \approx 7868 Kg.

$$\text{Para } T_{\max} = 7868 \text{ kg. y } V=2.33 \text{ mts/seg. } W_{\max} = 245 \text{ CV} = 248.4 \text{ HP}$$

7.2.3.2. Limite debido a la adherencia

Las cuestiones de adherencia hacen que la potencia disponible W sea inferior a W máxima y esto es la relación:

$$W/W_{\max} = T - t/T = 1 - t/T = 1 - e^{-f\alpha},$$

Respecto a la potencia instalada en el transportador del inclinado que es de 460 HP. Y tomando en cuenta una eficiencia de 0.85 en la reducción tendremos $W_{\max}(\text{instalada}) = (460)(0.85) = 391$ HP. Por lo tanto comparando, $W_{\max}(\text{instalada})$ con $W_{\max}(\text{calculada}) = W_{\max} = T_{\max} (V) / 75 = (7868) (2.33) / 75 = 245$ CV equivalente a 248 HP, tenemos una diferencia de $391 - 248 = 143$ HP

Como indica la formula es preciso aumentar $f\alpha$, para aumentar W . ¿En que medida puede actuarse sobre f y sobre α ?

f es función de la superficie del tambor y de la humedad :

$f=0.2$ para un tambor pulido y húmedo

$f=0.3$ para un tambor pulido y seco

$f=0.4$ para un tambor pulido seco y recubierto de tela o de caucho.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En lo que respecta a α , tiene por valor 180° para un solo tambor motriz, que puede aumentarse mediante el empleo de un tambor de compresión fig. 7.5

El valor de α aumenta mas al usar dos tambores motrices. Por lo que se tendría $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$ fig. (7.6), es necesario para que la cara de retorno tome una buena dirección, se precisa, al usar dos tambores motrices, un tercer tambor que sirva de cambio de dirección y que sirva también de inversor.

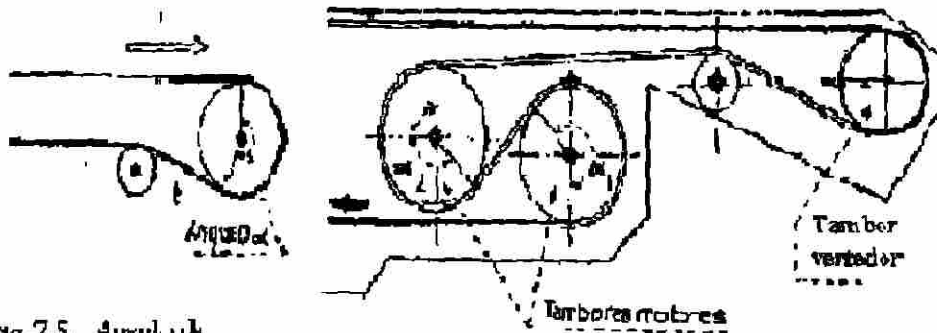


Fig. 7.5. Ángulo de enrollamiento

Fig. 7.6. Cabeza de dos tambores

En la cabeza motriz que se ve en la fig. (7.6) además de los dos tambores motrices y del inversor, se tiene un tambor de compresión, lo cual se necesita para asegurar una entrada correcta de la banda en la cabeza motriz.

Para un tambor liso, el calculo muestra que la relación W/W_{max} . Pasa de 0.6 a 0.93 cuando el ángulo de enrollamiento pasa de 180° (un tambor sin polea de compresión) a 450° (algunas cabezas de dos tambores). El interés de las cabezas de dos tambores, es evidente. Se emplean mucho en el interior, donde permiten utilizar al máximo la potencia del motor. En el exterior se puede emplear de la misma manera.

Ya que al usar una cabeza motriz de tambor único conduce a una tensión mas elevada de la cara inferior, lo que lleva a adoptar bandas de mayor resistencia, que resultan mas caras para transmitir una fuerza determinada, estas bandas tienen mayor numero de capas o capas mas resistentes, y exigen tambores de mayor diámetro.

¿Cuál es la velocidad que hay que dar a una banda? Puesto que la potencia a transmitir es $W = F \times V$ (en kg/seg.) ,se ve que, para una potencia dada, se fabricara la banda, considerando V con un valor elevado. En efecto, el esfuerzo útil F sera entonces W/V . Sin embargo, la velocidad de la banda es limitada, en particular por cuestiones de adherencia al arrancar.

En el interior la velocidad queda limitada por las normas de seguridad con tendencias a aumentar. En el exterior se adoptan velocidades muy superiores.

7.2.3.3. Realización practica de la cabezas motrices

En el interior, la cabeza motriz de 36". Puede recibir eventualmente, una banda de 30 la fig.7.7 muestra un esquema de la cabeza motriz joy con una potencia de 125 HP accionada por un motor de 1800 RPM colocado en ángulo recto con el sentido de la dirección de la banda y este mediante la acción de un reductor de reenvío con un sprocket en la flecha de salida transmite a una catarina por medio de una cadena,el movimiento a los tambores motrices. Y así tener una velocidad de (100 m/min.)

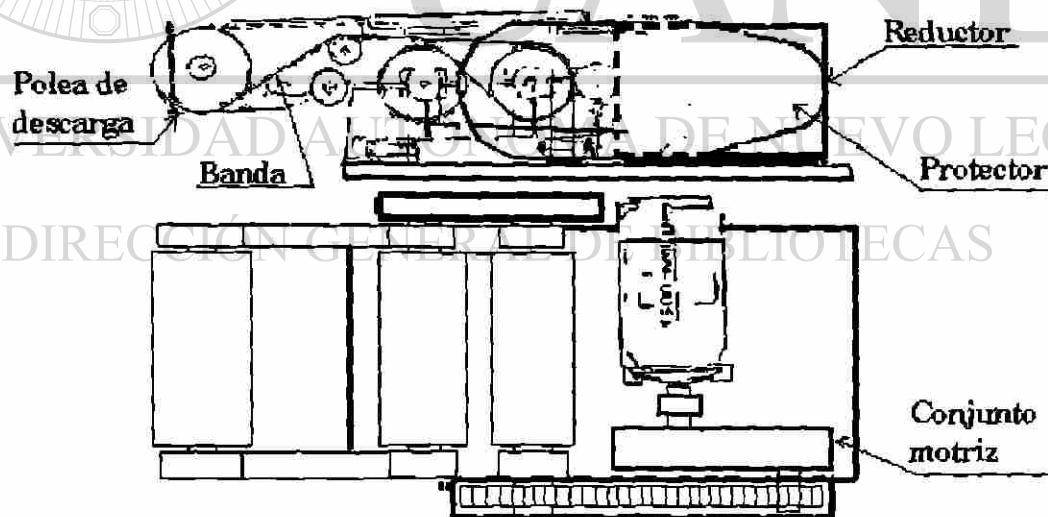


Fig.7.7 Cabeza de banda

7.3. Cálculo de transportadores

Si suponemos conocida la sección A del producto (carbón) que se puede depositar sobre el transportador. La capacidad volumétrica será $Q = A V$ en donde V es la velocidad de la banda. Existe un límite superior de velocidad, menor en instalaciones medias y mayor en instalaciones potentes, y muy estable en el exterior.

La máxima velocidad dependerá sobre todo, de la friabilidad del producto y de la forma de carga que se haya podido realizar, y que tendera a evitar la rotura, así como la abrasión al impacto.

Para las bandas normales del interior podemos considerar las cifras siguientes que son extraídas de un documento de régimen interior de las hulleras del norte y del paso de Calis. La capacidad Q de la banda en Ton/ Hr es $Q = K A^2 V \gamma$.

Donde

A es la anchura de la banda en metros

V es la velocidad en mts/seg.

γ es el peso específico del producto en kg/m^3 (800 para el carbón, 1400 para tierra de la capa)

K es el coeficiente numérico igual a

0.3 para banda horizontal

0.27 para 5 a 10^0 de pendiente

0.25 para mas de 10^0 de pendiente

7.3.1. Potencia del transportador

La potencia necesaria para el accionamiento de transportadores depende de tres elementos

HP1 potencia necesaria para la marcha en vacío horizontal

HP2 potencia necesaria para el transporte horizontal del material

HP3 potencia necesaria para su elevación

También del espaciado de los rodillos, tipo de accionamiento, etc. El transportador no debe ir más de prisa de lo que se necesite para transportar la carga con seguridad. Si por una razón cualquiera fuese necesario aumentar la velocidad, debe calcularse la potencia necesaria para la plena capacidad a la velocidad fijada. A continuación se da una tabla con diferentes datos de transportadores de banda.

Datos sobre transportadores de Banda
(Robins Conveying Belt Co.)

Tamaño		Velocidad	Capacidad		Potencia			Banda	
Ancho	Tamaño	Velocidad	M ³ /h, Velocidad banda	Tons/h Velo cidad Banda	Constante C para materia les de peso específico		HP por cada volquete móvil	Número mínimo de telas de la banda	Número máximo de telas de la banda
cm	cm	m/min.	100m/min	100m/min Densidad material 1.6	0.8	1.6			
30	5	90	43	69	3.17	2.27	0.5	3	4
35	6.5	90	55	88	3.13	2.23	0.5	3	4
40	7.5	90	75	120	3.09	2.19	0.75	4	5
45	10	105	100	160	2.88	2.08	1	4	5
50	12.5	105	135	216	3.37	2.37	1.25	4	6
60	20	120	185	296	3.27	2.34	1.75	4	7
75	30	135	300	480	2.91	2.12	2.5	5	7
90	45	150	425	680	2.7	2.08	3.25	6	8
105	50	165	615	985	2.62	2.02	4.25	6	10
120	60	185	850	1,360	2.48	1.91	5	7	11
135	70	200	1,120	1,800	2.38	1.73	6	7	13
150	75	200	1,380	2,200	2.27	1.58	6.5	8	15

Para transportadores horizontales.

$$HP1 + HP2 = C T L / 10000$$

Para transportadores inclinados.

$$HP = HP1 + HP2 + HP3$$

$$HP = CTL / 10000 + TH / 280$$

Donde

C es una constante dependiente del peso específico

L es la longitud del transportador en metros

T es la carga en ton/ Hr

H es la altura de elevación del material en metros

De la formula anterior podemos despejar T para determinar la capacidad de carga del transportador del inclinado.

$$T = HP / [CL/10000 + H/280]$$

Tomando en cuenta los datos existentes $HP = 391$, $C = 2.08$, $L = 583$, $H = 160$.

$$T = 391 / 0.6926 = 564.46 \text{ Ton /Hr}$$

Pero considerando la tensión máxima a la que esta sometida la banda , que nos arroja una potencia máxima de trabajo de 248HP , la capacidad seria.

$T = 245 / 0.6926 = 353.73 \text{ Ton/ Hr}$. Que es la capacidad que puede trabajar la banda del inclinado. El excedente de HP es lo podríamos aprovechar para aumentar la productividad de la energía.

Al tener en cuenta el rozamiento de las poleas terminales de transportador y del accionamiento, añádanse los tantos por cientos siguientes, según la longitud del transportador en metros.

LONGITUD	TANTO %
30	20
60	10
150	4
300	2
600	1

los transportadores inclinados para materiales gruesos y medianos mezclados con finos, pueden funcionar en planos inclinados de 18° o 19° , y hasta 20° si todos los materiales transportados son finos.

Se puede calcular la resistencia de la banda con la formula siguiente:

$$RB = \frac{HP \cdot 4550}{V \cdot A}$$

Donde

esfuerzo de tracción por cm de anchura y por tela

$$-t) A$$

V es la velocidad de la banda en mts/min.

A es el ancho de la banda en cm.

El numero de telas se calcula con la formula siguiente:

$$N = (RB) F/A$$

Donde

N es el numero de telas.

F = 2 para poleas simples lisas, 1.5 para poleas escalonadas simples, y 1,125 para poleas escalonadas en tandem.

A = 9 kg para tela de 800gr, 11kg para tela de 900 gr, 14 kg para tela de 1 kg, 18 para tela de 1.20 kg.

Estos valores son aproximados y pueden variar en un 10 % según el fabricante de la banda.

7.3.2. Potencia del motor

Se obtiene con la formula siguiente:

P motor = potencia sobre el árbol/ rendimiento del conjunto (motor - reductor).

$$P_{\text{motor}} = 245 / 0.85 = 288.32 \text{ HP}$$

Como el calculo lo indica al usar poleas escalonadas en tandem para aumentar el ángulo de contacto a 450° tendríamos que la tensión a la que fuera sometida la banda disminuiría de (17345.06Lb=7868 kg.), $7868/0.6=13113.3\text{Kg.}$ a $7868/0.93= 8460 \text{ kg.}$

Disminuyendo también la resistencia por cm de $13113.3/91.44 = 143.74 \text{ kg./cm}$ a $8460/91.44 = 92.51 \text{ kg/cm}$, esto favorecería a la conservación de la banda, además al reducir la potencia de 460 a 290 HP repartidos en dos motores nos conduciría a un ahorro de potencia de 170 HP equivalente a 120 KW que nos repercutiría en una disminución de la energía consumida en 529600.32 KW-Hr. Anual y considerando 4176 Hr de trabajo anuales nos repercutiría en un ahorro de Energía de aproximadamente $(529600.32) (0.41) = \$217136.13$

Elección de la banda

De la potencia y de la velocidad resulta el esfuerzo a transmitir, que es $F = 75 \text{ W/ V}$, la condición de adherencia obliga a tener: $T/t < e^{f\alpha}$, con $T-t = F$

Del valor de t depende la elección de la banda. Ejemplo hemos encontrado que es necesaria una potencia de 245.2 CV en el tambor motor que corresponde a 288.47 CV para el motor propiamente dicho. En estas condiciones, la potencia a transmitir viene dada por : $FV/75 = 245.2$. Si la velocidad escogida es 2.33 m/seg., tendremos: $F = 245 \times 75 / 2.33 = 7886.26$ kg. Con una cabeza de un solo tambor liso con ángulo de enrollamiento de 180° , la relación: $W / W_{\max} = F / T$ será de 0.6 (para un tambor liso) en estas condiciones T será igual : $7886.26 / 0.6 = 13143.77$ kg., si se usa 0.93 (para poleas en tandem 450° de contacto) $7886.26 / 0.93 = 8479.84$ kg.

Si se emplea una banda de 36" (91.44 cm) de ancho, la resistencia por centímetro será $13143.77 / 91.44 = 143.74$ kg./cm , $8479.84 / 91.44 = 92.73$ kg./cm.

Nota: Para una potencia dada, la reducción de velocidad aumenta la tensión y puede obligar a adoptar una banda de mayor resistencia. En los contrapesos se pueden considerar los siguientes alargamientos:

Tejido de cuerda de algodón	1 %. Máximo
Nylon	2 %. Máximo
Metal	de 0.1 a 0.2 %. Máximo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

7.3.3. Condición de arranque

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Para no cansar las bandas, es preciso que el par de arranque no rebase cierto valor (dependiente de la elasticidad del tejido), que se sitúa entre un 200% (algodón) y un 130% (metal) del par normal. Esta cuestión y la de la corriente (que sería demasiado fuerte con un motor en cortocircuito directamente acoplado) conducen a utilizar, resistencias de arranque las cuales han estado siendo eliminadas con arrancadores por control electrónico y acoplamientos hidráulicos como es el caso de la banda recién instalada en el inclinado de la mina 5 de 980 mts. En un plano inclinado de 16 grados del grupo G.A.N. con 54 pulgadas de ancho , 4 m/seg y una potencia de 2010 HP activos y un motor de 1005 HP de 4160 volts en reserva.

Capítulo 8

EQUIPO DE APOYO

8.1. Ventilador principal

La mina cuenta con dos ventiladores helicoidales marca Jeffrey modelo 8HAU96, uno de los cuales tiene acoplado por medio de una flecha flotante un motor eléctrico de 750 HP, 2300 V, 1180 R.P.M. el otro de la misma forma acoplado a un motor de Diesel, que se utiliza en casos de emergencia o en mantenimientos del ventilador accionado por energía eléctrica, ya que es el que trabaja continuamente.

El máximo consumo de energía de la mina es por este concepto por lo cual es necesario hacer un análisis de los parámetros que intervienen en el rendimiento de la ventilación.

Características:

La curva $H = f(Q)$ de un ventilador (axial) helicoidal es más favorable donde H es la elevación manométrica, Q es el caudal de aire. El ventilador no tiene un punto de funcionamiento específico, sino un infinidad de puntos de funcionamiento, repartidos sobre una curva característica que al ser insertado este ventilador en el circuito de ventilación, definido por la curva característica y de la forma $H = R Q^2$.

Este tipo de ventilador conviene en general para desplazamiento de volúmenes de aire considerables, bajo elevaciones manométricas relativamente pequeñas. Estos ventiladores pueden hoy en día resolver prácticamente todos los problemas de la mina; accionándose directamente por motores asíncronos. Cuya regulación puede hacerse de las siguientes formas.

variando la velocidad

- El caudal varía proporcionalmente a la velocidad $Q_2 = Q_1(V_2/V_1)$
- La presión “ “ al cuadrado de la velocidad $P_2 = P_1 (V_2/V_1)^2$
- La potencia “ “ al cubo de la velocidad $hp_2 = hp_1(V_2/V_1)^3$
- El rendimiento permanece constante para un orificio equivalente dado

Esta forma de regulación estará indicada para modificar el caudal del aire de la mina de orificio equivalente poco variable.

Existen formas mecánicas para variar la velocidad, pero las eléctricas son más seguras.

En el caso propio se actúa sobre características aerodinámicas del ventilador, por el cambio de orientación de las paletas que modifica el paso de la hélice. Esto se admite ya que el caudal variara proporcionalmente al paso, mientras permanezca constante la presión.

Esta forma de regulación halla buena aplicación en caso de importantes variaciones del orificio equivalente.

El interés de trabajar lo más cerca posible del punto de rendimiento máximo es interesante para poder utilizar al máximo las potencias en juego. También es posible poder a lo largo de los años, adaptarse a las variaciones, con frecuencia importantes, de las características de la mina, que son difíciles de prever con 10 o 15 años de anticipación. Podemos considerar una ganancia del 10% en el rendimiento del ventilador de 750 HP que trabaja en forma continua, y para un precio del KW-H de \$ 0.41 tendríamos $(750) (0.746) (10/100) (24) (365) (0.41) = \200950 por año. Posiblemente, ya se encuentre en el mercado un control electrónico para variar la velocidad del motor y evitarse el movimiento de aspas y que los volúmenes del flujo de aire sean variadas de acuerdo a las exigencias de la mina por medio de este control.

2 para una galería entibada por madera, 0.5 para una galería ormigoneada, 1.3 para una galería con cuadros.

Se ve que se puede actuar sobre la ventilación por la modificación del sostenimiento de una galería, puesto que k depende del revestimiento.

Resistencia R

Se define la resistencia R de un elemento de circuito por $H = R Q^2$

Resistividad ρ

Es la relación entre la resistencia y la longitud del circuito.

$\rho = R/l = k p/S^3$ en kilomurgues

Orificio equivalente w

El orificio equivalente w de una mina (o abertura) es la sección de un orificio en pared delgada que dejaría pasar bajo la depresión H de la mina el mismo caudal Q .

La velocidad del aire en un orificio en pared delgada, de sección w ver la fig.(8.1) dado por la formula.

$$V = \sqrt{2gh}$$

Donde

h es la depresión del aire en metros de aire

V la velocidad en m/seg.

Pero un metro de aire equivale aproximadamente a 1.2 mm de agua

por lo que se puede reemplazar h por $H/1,2$

donde

H esta en mm de agua

Y $V = \sqrt{2gH/1.2}$ que al ser introducida en la formula del flujo

$$Q = A V$$

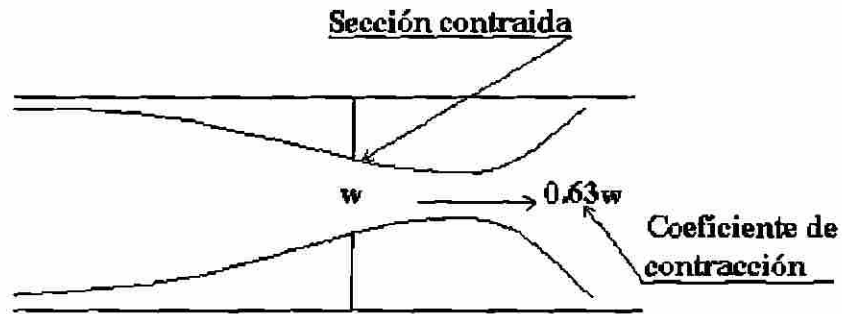


Fig.8.1 Orificio en pared delgada

$Q = 0.63 w \sqrt{2gH}/1.2 = 2.63 w \sqrt{H}$ y despejando el orificio equivalente w tenemos

$$W = 0.138 Q/\sqrt{H}$$

Donde

Q esta en $m^3/\text{seg.}$

H esta en mm de agua

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Valores prácticos de la abertura de una mina

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Anteriormente se aceptaba un orificio equivalente de $1m^2$, ahora es con frecuencia de 4 a $6 m^2$ en los sitios de gran concentración y gran capacidad.

Curva característica de una mina

De la formula del orificio equivalente la depresión $H = (0.38)^2 Q^2/w^2 = 0.145 [Q/w]^2$ considerando algunos valores del orificio equivalentes de 1,2,3,4,5 m^2 y un flujo variable desde 0, un máximo tendremos las curvas que se grafican a continuación.

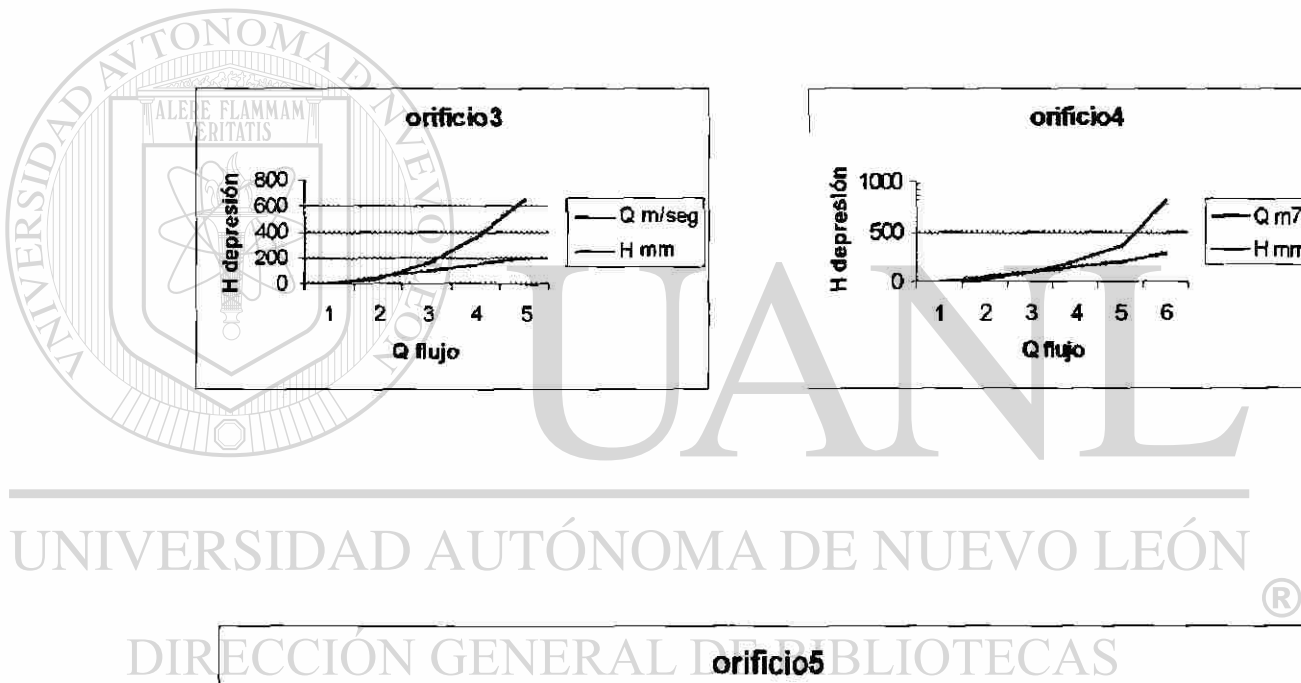
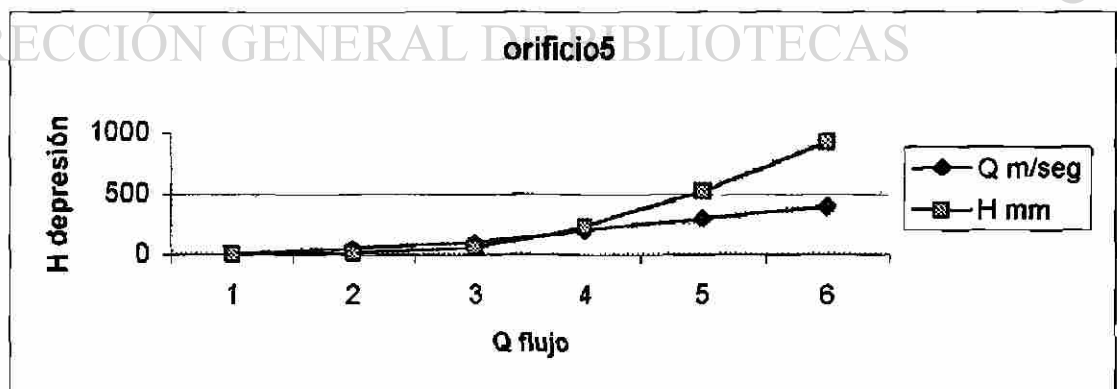
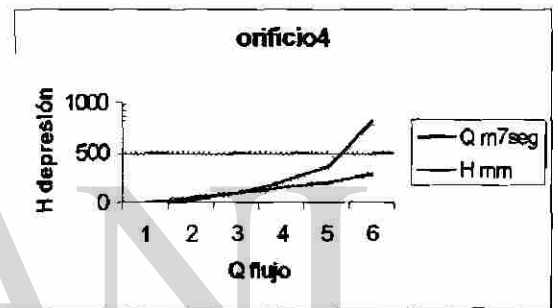
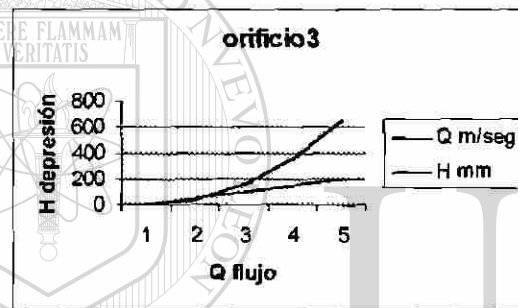
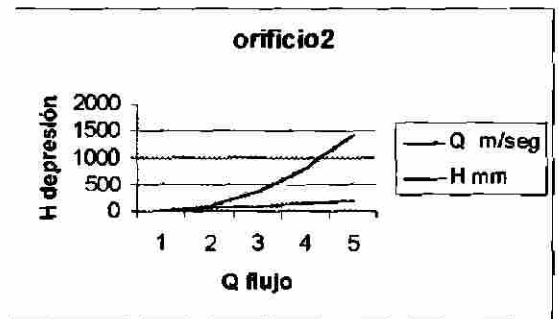
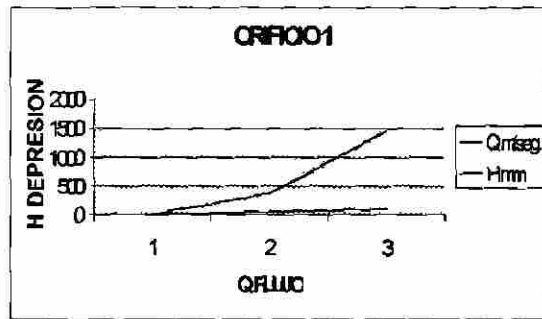
w=1m ²		
Q	[Q/w] ²	H
m ³ /seg.		mm
0	0	0
50	250	362
100	10000	1450

w=2m ²		
Q	[Q/w] ²	H
m ³ /seg.		mm
0	0	0
50	625	90.62
100	2500	362
150	5625	815.62
200	10000	1450

w=3m ²		
Q	[Q/w] ²	H
m ³ /seg.		mm
0	0	0
50	277.77	40.27
100	111.11	161
150	2500	362
200	4444.44	644

w=4m ²		
Q	[Q/w] ²	H
m ³ /seg		mm
0	0	0
50	156.25	22.65
100	625	90.62
150	1406.25	203.9
200	2500	362
300	5625	815.62

w=5m ²		
Q	[Q/w] ²	H
m ³ /seg.		mm
0	0	0
50	100	14.5
100	400	58
200	1600	232
300	3600	522
400	6400	928



Energía necesaria para el movimiento del aire

Viene Dado por la formula

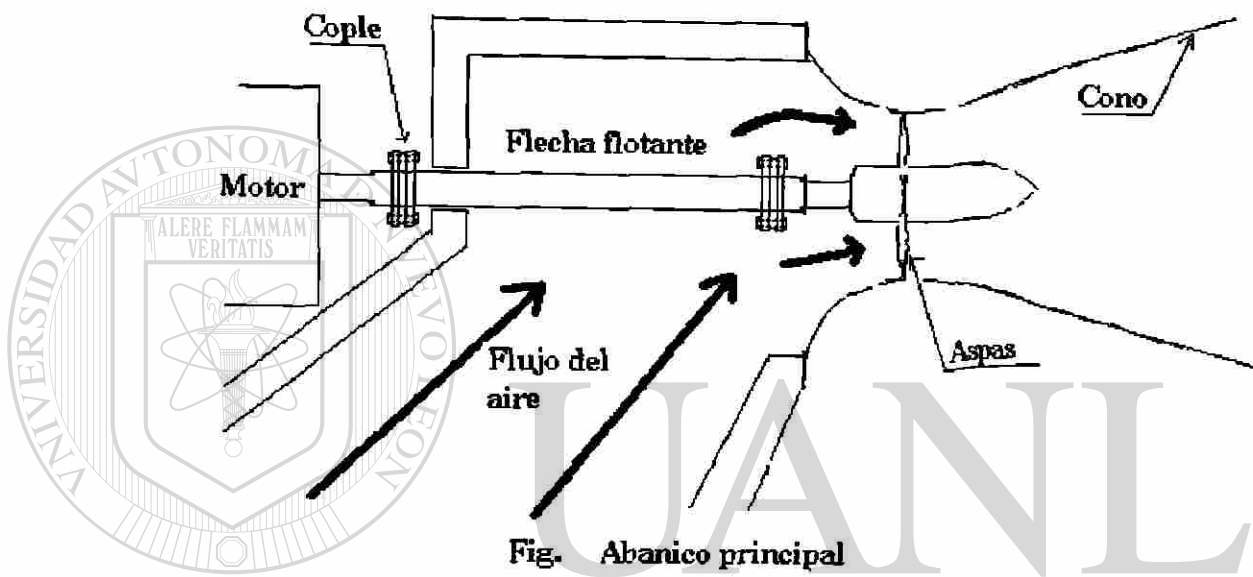
$$W = Q H / 75 \text{ (CV)}$$

$$W = Q H / 74 \text{ (HP)}$$

Q	H					W				
	w					Cv				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
M ³ /seg	.m ²	.m ²	.m ²	.m ²	.m ²	.m ²	.m ²	.m ²	.m ²	.m ²
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	362	90.62	40.27	22.65	14.5	241	60.4	26.8	15	9.66
100	1450	362	161	90.62	58	1933	482.6	214.6	120.8	77.33
150		815.62	362	303.9			1631.2	724	407	
200		1450	644	362	232		3866.7	1706.6	965.3	618.66
250										
300				815.62	522				3262.4	2088
350										
400					928					4949.3

De acuerdo con los indicadores de esta tabla observamos que para un orificio equivalente mayor la depresión disminuye, disminuyendo también la energía para mover el aire.

La disminución de la depresión si analizamos la formula $H = k p l Q^2 / S^2$ puesto que el flujo es el que se requiere para el funcionamiento no podemos hacer mucho en el pero al observar que si aumentamos el denominador S^2 , o si se disminuye la longitud de la galería la depresión disminuye. Los efectos son mas fuertes en la sección ya que esta elevada al cuadrado. por tal motivo se recomienda la revisión de la sección de las galerías para llevar a cabo una amplitud de ellas y así obtener una ventilación mas adecuada y un beneficio en la energía contribuyendo en un incremento de la productividad



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

8.3 Compresores

La compresión se realiza con el fin de transmitir potencia en el caso de estudio, pero Hay diversos propósitos, entre los cuales estén los siguientes:

1. Alimentación a un proceso de combustión.
2. Transporte y distribución de gas
3. Hacer circular un gas a través de un proceso o sistema, Etc.

Método de compresión

Se utilizan cuatro métodos para comprimir un gas. Dos son de flujo intermitente, y los otros dos de flujo continuo.

Desplazamiento positivo (Flujo intermitente)

Atrapar cantidades consecutivas de gas en una cámara, reducir el volumen (incrementando así la presión) y empujar luego el gas comprimido fuera de la cámara.

Atrapar cantidades consecutivas de gas en un espacio cerrado, trasladarlo sin cambio de volumen a la descarga de un sistema de alta presión y, comprimir el gas por contraflujo del sistema de descarga. finalmente , empujar el gas comprimido fuera de la cámara.

Tipos de compresores

Compresores resiprocantes.- son maquinas en las cuales el elemento que comprime y desplaza el gas es un pistón que efectúa un movimiento resiprocante dentro de un cilindro.

Compresores rotativos de desplazamiento positivo.- son maquinas en las cuales la compresión y el desplazamiento son efectuados por la acción de desplazamiento de elementos que están en rotación.

Compresores de paletas deslizantes.- son maquinas rotativas en las cuales paletas axiales se deslizan radialmente en un rotor excéntrico montado en una carcasa cilíndrica. El gas atrapado entre las paletas es comprimido y desplazado.

Compresores de pistón líquido.- son maquinas rotativas en las cuales agua u otro líquido hace las veces de pistón para comprimir o desplazar el gas que se maneja.

Compresores de lóbulo recto.- son maquinas en las cuales dos impulsores rotativos de lóbulos rectos encajados atrapan el gas y lo trasladan desde la admisión hasta la descarga. En estos no hay compresión interna: el aumento de presión se debe al contraflujo.

Compresores de tornillo o de lóbulos helicoidales.- son maquinas en los cuales dos rotores de forma helicoidal encajados entre si, comprimen y desplazan el gas.

Flujo continuo

Compresores dinámicos.- son maquinas rotativas en las cuales un impulsor en rápida rotación acelera el gas que pasa a través de este; la cabeza de velocidad es convertida en presión . parcialmente en el elemento rotativo y parcialmente en los difusores estacionarios o paletas.

Compresores centrífugos.- son maquinas en las cuales uno o mas impulsores aceleran el gas: la energía cinética adquirida se transforma en presión en un difusor corriente abajo. El flujo es radial.

Compresores axiales.- son maquinas en las cuales el gas se acelera y desacelera por la acción conjunta de paletas móviles montadas sobre un rotor y paletas fijas montadas sobre un estator; este cambio continuo de momentum genera un aumento en la presión . El flujo principal es axial.

Compresores de flujo mixto.- son maquinas con un impulsor que combina características de los tipos centrífugos y axial.

Eyectores.- son aparatos que se valen de un chorro de gas o vapor a alta velocidad para arrastrar hacia su interior al gas que se quiere comprimir: un difusor localizado corriente abajo convierte la velocidad de la mezcla en presión.

Para nuestro estudio hablaremos de los compresores resiprocantes y de los que en la actualidad tienen mucho auge los de tornillo.

Un compresor resiprocante esta compuesto básicamente por un cilindro dentro del cual el gas es comprimido por un pistón que efectúa un movimiento resiprocante en dirección axial. El aumento de presión se consigue mediante una reducción del volumen.

La admisión y la descarga del gas se hacen a través de válvulas automáticas. Las cuales se abren únicamente cuando existe una presión diferencial adecuada a través de la válvula. Las válvulas de admisión se abren cuando la presión en el cilindro es ligeramente menor que la presión de admisión. Las válvulas de descarga se abren cuando la presión en el cilindro esta un poco por encima de la presión de descarga.

Compresor de tornillo rotatorio

Esta maquina es una unidad rotativa de desplazamiento positivo con dos rotores helicoidales (o tornillos rotatorios) que comprimen el gas en las cámaras que se forman entre las caras de los lóbulos helicoidales encajados en la carcasa.

El diagrama de presión volumen (PV) es similar al del compresor resiprocante para el caso en el cual la relación de compresión es igual a la de diseño.

8.4 Bombas

Se trata de maquinas que transforman el trabajo mecánico recibido y lo transmiten al liquido que las atraviesa en forma de energía de posición, de presión o cinética. En el primer caso, el liquido es elevado de un nivel a otro; en el segundo caso, el liquido que sale de la bomba tiene una presión mayor que el de entrada, y en el tercero, el liquido adquiere mayor velocidad, en general transformada, después, en energía de presión.

Las bombas se distinguen normalmente en alternativas y rotativas. Las bombas alternativas se caracterizan por el hecho de que el órgano que transmite la enemiga al liquido se desplaza con un movimiento recíprocante, en tanto que en las bombas rotativas gira alrededor de un eje.

En nuestro caso veremos nada mas las centrifugas. Las cuales están constituidas por tres partes principales: uno móvil y los otros dos fijos. El primero, se denomina rotor, tiene la función de transmitir al liquido determinada energía en forma cinética. De las partes fijas, uno esta en disposición de aspiración y el otro en envío. La misión del primero es dirigir el gasto hacia la entrada del rotor, obligándolo a adquirir la velocidad oportuna para que las perdidas de energía sean mínimas. El segundo, denominado difusor, tiene la misión de transformar la energía cinética del liquido que sale del rotor en energía de presión .

El rotor recibe el gasto axialmente en su parte central y le imprime un movimiento de giro, el cual origina una fuerza centrifuga que modifica el recorrido de la corriente axial en radial. A la salida del rotor la corriente es enviada por el sistema de paletas del difusor, perfilado de manera que presente un área de paso gradualmente creciente para moderar la corriente con las mínimas perdidas, efectuando la transformación de energía cinética en energía de presión. En la salida del difusor la corriente recorre la espiral de envío .

Ecuación fundamental de la bomba.

$$\eta_i = N / W$$

En donde

$\eta_i \Rightarrow$ Es la energía cedida en el rotor por la unidad del peso del liquido en unidades de tiempo en Kg-m /Kg Seg.

$W \Rightarrow$ Masa del liquido en Kg.

El numero característico de revoluciones de la bomba. Es el numero de revoluciones de la bomba que, al absorber la potencia de 1 KW, suministra a la corriente una altura de 1 metro.

Las bombas pueden ser también clasificadas en funciona de su numero característico de revoluciones.

$$\eta_c = (n)(\sqrt{N}) / (H)^{3/4}$$

Donde

$\eta_c \Rightarrow$ Numero característico de revoluciones

$n \Rightarrow$ Numero de revoluciones

$N \Rightarrow$ Potencia en KW

$H \Rightarrow$ Salto en metros

Desde el punto de vista del empleo de las bombas son especialmente útiles las denominadas curvas características, es decir, las curvas que representan la evolución de la altura, del rendimiento y de la potencia absorbida por una bomba al variar el gasto, con un numero de revoluciones constante.

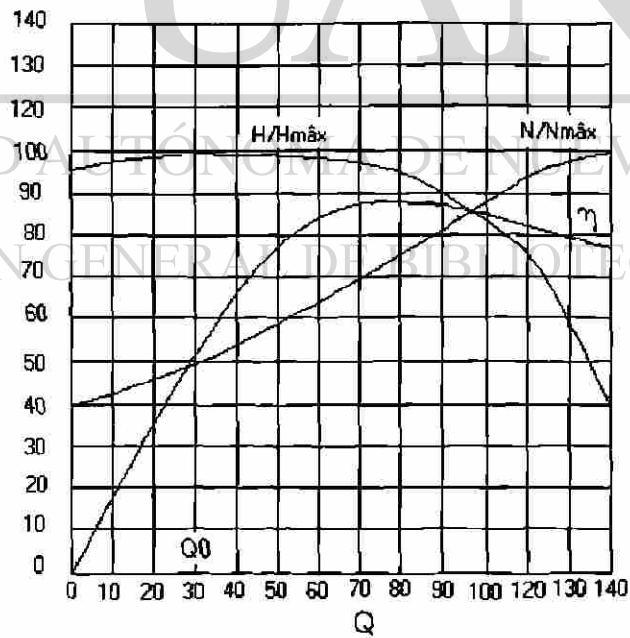
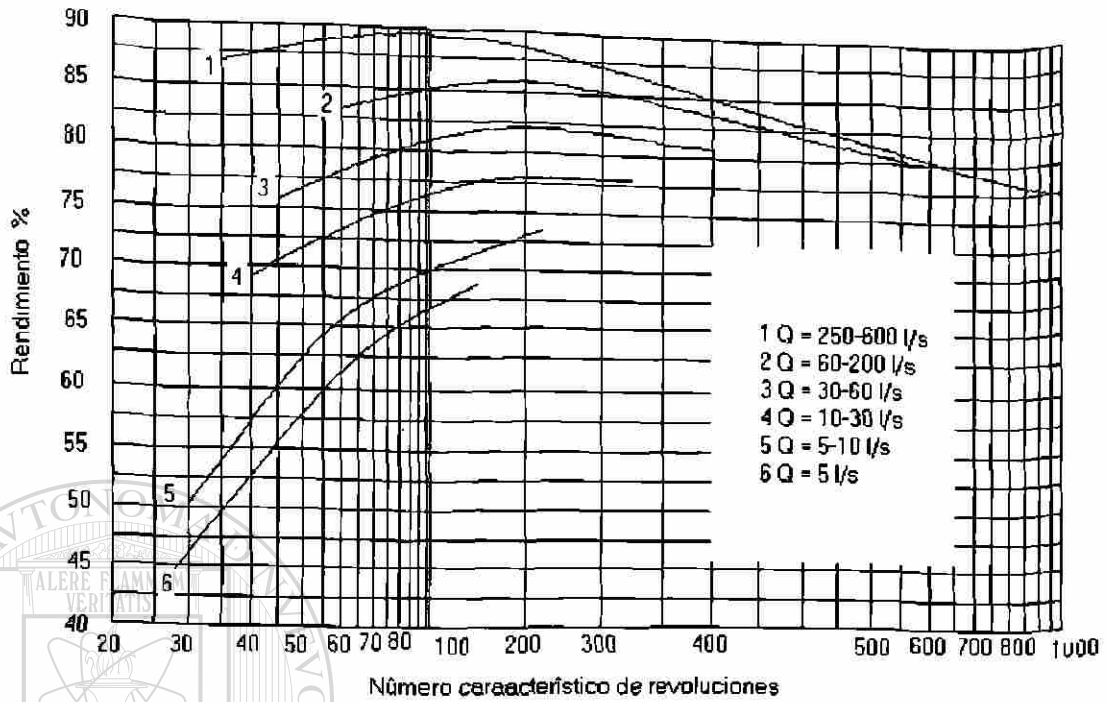


Fig 8 3 Curva característica de una bomba en función del gasto volumétrico de envô

La curva de rendimiento parte de cero., cuando el gasto es nulo, alcanza un máximo para un gasto algo inferior al del proyecto y desciende para valores superiores del gasto. La curva de la potencia absorbida es siempre creciente y corta al eje H en un punto distinto del origen, ya que cuando el gasto es nulo la bomba absorbe cierta potencia para vencer los rozamientos mecánicos.

Más importante que esta curva es la llamada curva característica altura- gasto, que tiene un desarrollo aproximado al parabólico y presenta un máximo para determinado valor del gasto Q_0 mayor que cero.

En la práctica las bombas centrífugas tienen siempre un máximo débil, poco distante del eje de las H.

Conocida la característica $H(Q)$ de la bomba, el punto de funcionamiento de la máquina se define por las coordenadas en las que aquella se cruza con la correspondiente característica del complejo como lo muestra la fig.8.4. esta se puede calcular sumando a la diferencia de niveles la pérdida de carga provocada por las pérdidas por rozamiento en las tuberías.

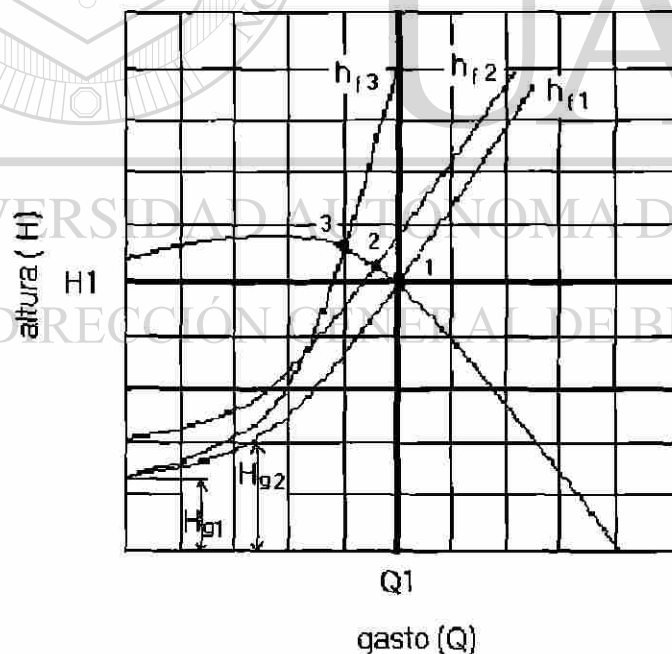


Fig.8.4 obtención del punto de funcionamiento de una bomba.

El punto 1 representa las condiciones de funcionamiento normales. Por ejemplo, si la descarga pasase del punto 1 al punto 2, la altura de elevación de la bomba aumentaría de H_1 a H_2 puesto que la característica del complejo se habría elevado en la cantidad $H_{g2}-H_{g1}$. Las nuevas condiciones de funcionamiento estarían entonces representadas por el punto 2 que corresponderá a un gasto Q_2 menor que Q_1 . Análogamente, si se aumentara la resistencia hidráulica en el sistema de tubos, accionados, por ejemplo, una válvula, la altura de elevación de la bomba también aumentaría, en tanto que disminuiría el gasto al haber aumentado la pendiente de la característica del complejo en estudio.

Otro método de regular el gasto es modificando la velocidad de giro de la máquina lo cual equivale a modificar las características de la bomba, que habrá variado respecto a la curva de origen. En la fig. 8.5 se observa este efecto, utilizando estas relaciones se pasa de la curva característica a velocidad n_1 a la curva correspondiente a la velocidad n_2 ; el gasto varía en forma proporcional al número de revoluciones, en tanto que la altura de elevación varía con el cuadrado de n .

Las relaciones para encontrar otro punto de operación son .

$$H_2 = H_1 \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

$$Q_2 = Q_1 \left(\frac{n_1}{n_2} \right)$$

En las bombas es útil conocer las curvas de igual rendimiento en la fig. 8.5 se observan los diagramas indispensable en la elección del tipo de bomba mejor para instalar.

Es posible tener doble etapa haciendo un arreglo de dos unidades de compresión en serie. Ocasionalmente las dos etapas están en la misma carcasa comunicadas por conductos internos.

En la mina se encuentran instalados dos compresores resiprocantes un JOY, y un SULLIVAN de 75 HP c/u. Los cuales funcionan un promedio de 22 Hr. por día.

8.5 Telesillas

El equipo de telesillas se utiliza para bajar y subir al personal en turno. Se encuentra instalado en el exterior por el lado del cañón arrastre . funciona a base de un cable sin fin que va desde el exterior hasta la plancha que son las partes donde se encuentran las poleas de tracción y de retorno ; su unidad de potencia cuenta con una unidad Hidráulica SHARF GMBH Que en funcionamiento proporciona una presión de 230 Bar , cuenta con un motor de 120 HP, 440 Volts, 1750 RPM

8.7 Malacate

Este se encuentra constituido por un cilindro de acero en el cual se enrolla el cable de acero que sirve para subir y bajar materiales a la mina, se encuentra ensamblado con una flecha y soportado por unas chumaceras. El mecanismo de tracción lo componen un reductor y un motor de 400 HP ,440 volts. tiene un sistema de frenado por sistema Hidráulico el cual usa dos bombas de 2 HP. Integrado a su control tiene interruptores para alta velocidad y para limitar el desplazamiento del cable hacia arriba.

Capítulo 9

MEDICION Y MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

9.1. Estrategia

Para mejorar la productividad, es necesario medir el estado de la productividad actual con el fin de tener una base a partir de la cual se puede medir el cambio.

El interés por este cambio es 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 la energía eléctrica, para que el país conserve sus recursos energéticos y participe sin desventaja en el ámbito internacional.

En el departamento de mantenimiento eléctrico es necesario que se lleve a cabo un proceso administrativo que conduzca a un buen control de la energía. Para tal efecto es necesario contar con el deseo de mejorar las condiciones ya existentes en lo que respecta al control de la energía considerando las restricciones o limitaciones que se impongan, así como decidir los métodos y procedimientos para llevarlos a cabo. Ya que es necesario reducir al mínimo los despilfarros y la ineficiencia, por lo que es indispensable buscar con mas decisión, técnicas que permitan aumentar la producción con mejoras en los incrementos de energía lo cual incide evidentemente en la productividad.

Lo puramente técnico no basta; hace falta generar las practicas operacionales, actitudes motivación y conocimiento del personal que hagan posible sostener permanentemente los bajos consumos energéticos asociados.

También se pueden obtener ahorros sustanciales a través del rediseño de equipo, mejoras parciales en los mismos y sobre todo a través de cambios en las actitudes y disposición del personal mediante la capacitación, motivación y el establecimiento de mejores prácticas operacionales.

El enfoque debe de estar dirigido hacia la eficiencia y productividad en el uso de la energía, mas que en un ahorro indiscriminado, hacia el ahorro económico no solo mejorando el balance energético, sino con miras de mejorar los resultados en el futuro próximo y ser mas competitivos en las economías actuales.

Para llevar a cabo la organización del equipo en esta tarea, es necesario asignar la persona o personas con las habilidades, responsabilidades, a las condiciones de trabajo que somete ocupar dicha tarea.

La empresa deberá de dar un reconocimiento como motivación al ir obteniendo resultados de esta índole. Además debe de proporcionar los medios adecuados para recibir y transmitir información en forma adecuada y necesaria para el control, donde se llevara a cabo la medición, comparación, análisis, y correcciones necesarias de cada parámetro a corregir y controlar.

9.2. Definiciones básicas

Productividad

Es el cociente de dividir las toneladas obtenidas para ser usadas fuera de la mina , entre la energía utilizada para su obtención, dividido este cociente entre otro similar que corresponde al periodo base. Es por lo tanto un índice; no tiene dimensión. El índice de productividad lo podemos escribir como:

- 1) $PATM / RUTM$
- 2) $PATB / RUTB$
- 3) $PATM / PATB$
- 4) $RUTM / RUTB$

Indice de productividad actual = $[PATM/ RUTM][100]/[PATB/ RUTB]$ (X)

Indice de productividad base = $[PATM/PATB][100]/[RUTM/RUTB]$ (Y)

Donde:

PATM = producción agregada, del periodo que se mide

RUTM = recursos utilizados, en el periodo que se mide

PATB = producción agregada, del periodo base

RUTB = recursos utilizados, en el periodo base.

Con la formulación (X), las razones 1) y 2) se calculan partiendo de periodos de distinta duración, sin alterar el significado del calculo de la productividad ni de las razones subordinadas. Con la formulación (Y), todos los datos deben provenir de periodos de igual duración para que las razones subordinadas tengan significados.

9.3 Optimización de la productividad

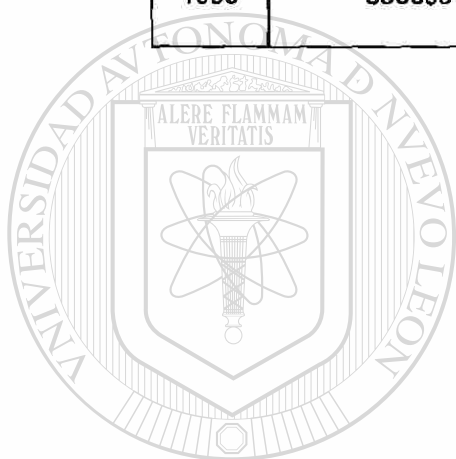
Definición.

Optimizar.- Es lograr un mínimo o un máximo con respecto a un determinado criterio[®] entre uno o varias personas. Al existir estos criterios, Hay que establecer alguna manera de ponderar el valor relativo de cada criterio. Al elegir un indice de productividad puede ser este la base de la optimización.

Puesto que nuestro análisis se evoca a la clase de “ medición de la productividad de la energía” el recurso que se considera es la cantidad de energía consumida en KW.

FUENTE DE INFORMACIÓN PARA ESTABLECER LA MEDIDA DE
PRODUCTIVIDAD

Año	Producción C.T.U.	Demanda	Consumo KW-H	Precio por KW-H
1993	225979	1046	5,212,633	0.22
1994	253584	1144	5,757,072	0.22
1995	243438	1235	6,004,239	0.27
1996	315139	1396	6,598,552	0.32
1997	330915	1355	6,496,405	0.41
1998	360000	1391	6,496,405	0.43



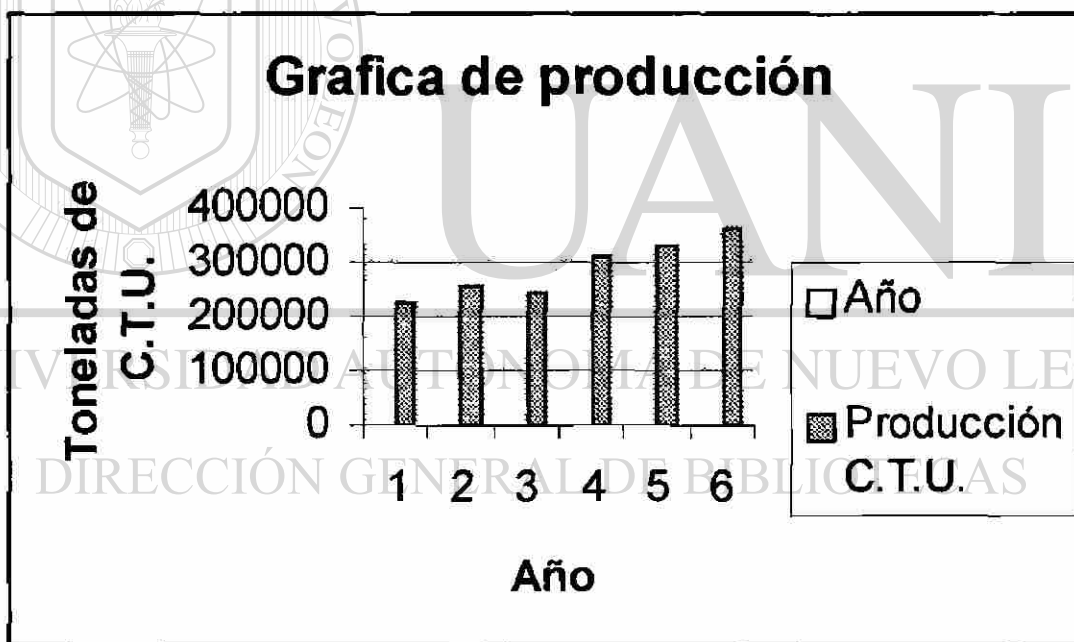
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

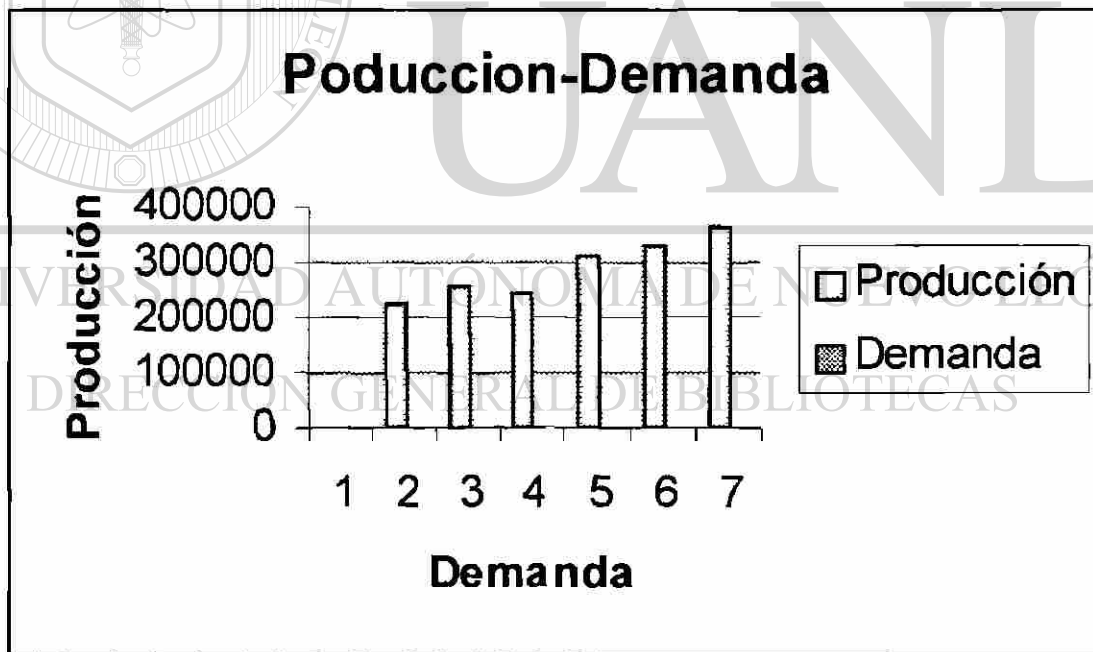
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Año	Producción C.T.U.
1993	225979
1994	253584
1995	243438
1996	315139
1997	330915
1998	360000



Producción C.T.U.	Demanda
225979	1046
253584	1144
243438	1235
315139	1396
330915	1355
360000	1391



Si consideramos el año 1993 como base tendremos el índice de la energía consumida de cada año. Para el año 1993, tenemos: $[\text{PATM} / \text{RUTM}] / [\text{PATB} / \text{RUTB}] = [225979/5212633] / [225979/5212633] = 4.34 / 4.34 = 1$

Para el año 1994 tenemos : $\text{PATM} / \text{RUTM} = 253584/5757972 = 4.40$
 $[\text{PATM} / \text{RUTM}] / [\text{PATB} / \text{RUTB}] = 4.40/4.34 = 1.0138$
 para el año 1995, tenemos: $\text{PATM} / \text{RUTM} = 243438/6004239 = 4.05$
 $[\text{PATM} / \text{RUTM}] / [\text{PATB} / \text{RUTB}] = 4.05/4.34 = 0.9332$

Para el año 1996, tenemos : $\text{PATM} / \text{RUTM} = 315139/6598552 = 4.78$
 $[\text{PATM} / \text{RUTM}] / [\text{PATB} / \text{RUTB}] = 4.78/4.34 = 1.1014$
 Para el año 1997, tenemos: $\text{PATM} / \text{RUTM} = 330915/6496405 = 5.09$
 $[\text{PATM} / \text{RUTM}] / [\text{PATB} / \text{RUTB}] = 5.09/4.34 = 1.17$

Para el año 1998, tenemos : $\text{PATM} / \text{RUTM} = 360000/6496405 = 5$
 $[\text{PATM} / \text{RUTM}] / [\text{PATB} / \text{RUTB}] = 5/4.34 = 1.27$

Pronóstico de producción para el año 1999 y 2000 aplicando la proyección con tendencia lineal y el “método de mínimos cuadrados”

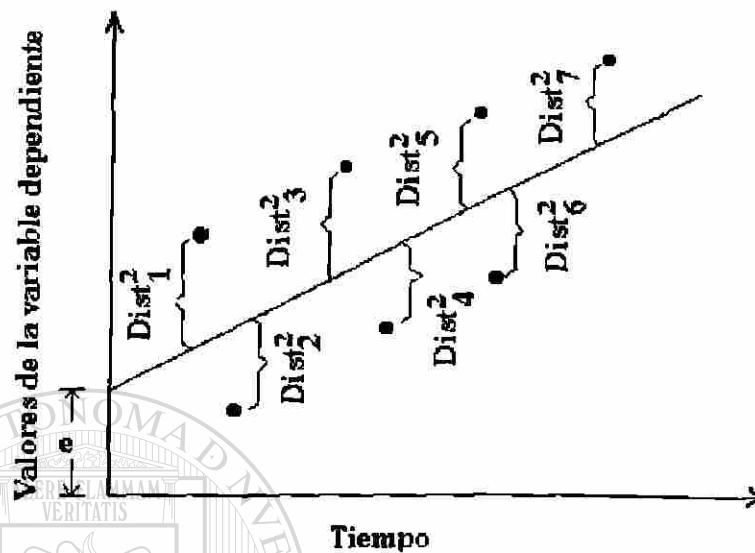
Una línea de mínimos cuadrados se describe en términos de su intersección – y (la altura a la que intercepta el eje-y) y su pendiente (el ángulo de la línea). Si se puede calcular la pendiente e intersección – Y , es posible expresar la línea en la siguiente ecuación:

$$.Y^q = e + b x$$

Donde

.Y^q = variable dependiente (Valor calculado de la variable a predecir)

e = intersección con el eje – Y,



b = pendiente de la línea de regresión (o rango de cambio en "Y" para cambios dados de "X")

X = la variable independiente (que en este caso es el tiempo)

Ecuación para encontrar la pendiente de acuerdo a los estadistas:

$$b = \frac{[\sum XY - n \bar{X} \bar{Y}]}{[\sum X^2 - n \bar{X}^2]}$$

Donde

b = pendiente de la línea de regresión

Σ = signo de sumatoria

X = valores de la variable independientes

Y = valores de la variable dependientes

—
 \bar{X} = promedio de los valores de las X

—
 \bar{Y} = promedio de los valores de las y

n = numero de puntos de datos, eventos u observaciones

Se puede calcular la intersección de “e” con \bar{Y} como sigue

— —
 $e = \bar{Y} - b \bar{X}$

Datos históricos

Año	Producción C.T.U.
1993	225979
1994	253584
1995	243438
1996	315139
1997	330915
1998	360000

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Año	Periodo X^2	Producción C.T.U.(Y)	X^2	X Y
1993	1	225979	1	225979
1994	2	253584	4	507168
1995	3	243438	9	730315
1996	4	315139	16	1260556
1997	5	330915	25	1654575
1998	6	360000	36	2160000
	$\sum X^2$ = 21	$\sum Y$ =1729055	$\sum X^2$ =91	$\sum X Y$ =6538593

$$\bar{X} = \sum X / n = 21 / 6 = 3.5, \quad \bar{Y} = \sum Y / n = 1729055 / 6 = 288175.83$$

$$b = [\sum XY - n \bar{X} \bar{Y}] / [\sum X^2 - n \bar{X}^2]$$

$$b = 6538593 - (6)(3.5)(288175.83) / 91 - (6)(3.5)^2 = 486900.57 / 17.5 \\ = 27822.89$$

$$e = \bar{Y} - b \bar{X}$$

$$e = 288175.83 - (27822.89)(3.5)$$

$$e = 190795.71$$

Donde al sustituir valores en :

$$Y^d = e + b x$$

$$Y^d = 190795.71 + 27822.89 X$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

por lo tanto para el año de 1999 tendremos un pronostico de producción de: ®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

$$Y^d = 190795.71 + 27822.89 (7)$$

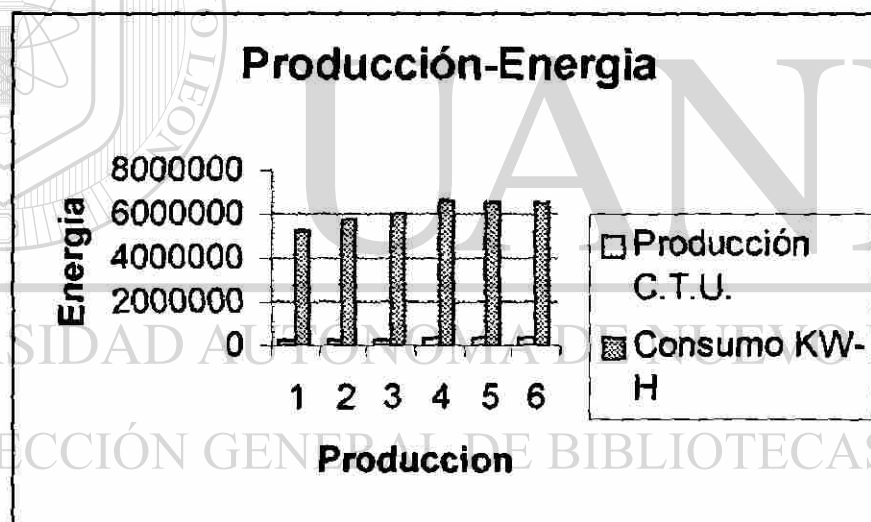
$$Y^d = 385555.946$$

Para el año 2000 tendremos

$$Y^d = 190795.71 + 27822.89 (8)$$

$$Y^d = 413378.83$$

Año	Producción C.T.U.	Consumo KW-H
1993	225979	5,212,633
1994	253584	5,757,072
1995	243438	6,004,239
1996	315139	6,598,552
1997	330915	6,496,405
1998	360000	6,496,405



En 1988 se considero el mismo consumo de energía que en 1997 ya que en este año se llevo a la máxima resistencia de la galería por llegar a los limites de explotación al sur y el orificio equivalente ha incrementado su sección disminuyendo la depresión y la energía. El excedente se debe al consumo debido a la instalación de la planta lavadora.

Considerando un aumento de la productividad de 10% en la energía tendremos un consumo de $[6496405 - (6496405 \cdot 0.10)] = 5846765$ con lo que repercutirá en el índice para el año 1999. $PATM / RUTM = 385556 / 5846765 = 6.6$

$$[PATM / RUTM] / [PATB / RUTB] = 6.6 / 4.34 = 1.51$$

Considerando un aumento de la productividad de 10% en la energía tendremos un consumo $[5846765 - (5846765) (0.10)] = 5262088$ con lo que repercutirá en el índice, para el año 2000. $PATM / RUTM = 413378 / 5262088 = 7.8$

$$[PATM / RUTM] / [PATB / RUTB] = 7.8 / 4.34 = 1.81$$

Correlacionando el costo por KW-H de 1993 a 1998 para pronosticar el costo de la energía del año 1999 y 2000

Año	Periodo X	Consumo KW-H	X ²	X Y
1993	1	5,212,633	1	0.22
1994	2	5,757,072	4	0.44
1995	3	6,004,239	9	0.81
1996	4	6,598,552	16	1.28
1997	5	6,496,405	25	2
1998	6	6,496,405	35	2.58
$\Sigma X = 21$		$\Sigma Y = 1.87$	$\Sigma X^2 = 91$	$\Sigma X Y = 7.33$

$$\bar{X} = \Sigma X / n = 21 / 6 = 3.5 \quad \bar{Y} = \Sigma Y / n = 1.87 / 6 = 0.3116$$

$$b = [\Sigma X Y - n \bar{X} \bar{Y}] / [\Sigma X^2 - n \bar{X}^2]$$

$$b = [7.33 - (6) (3.5) (0.3116)] / [91 - (6) (3.5)^2] = 0.785 / 17.5 = 0.44$$

$$e = Y - bX$$

$$e = 0.3116 - (0.044)(3.5)$$

$$e = 0.1576$$

Sustituyendo en.

$$Y^q = e + bX$$

$$Y^q = 0.1576 + (0.044)X$$

Para el año de 1999 tendremos

$$Y^q = 0.1576 + (0.044)(7) = 0.465$$

Para el año 2000.

$$Y^q = 0.1576 + (0.044)(8) = 0.50$$

Cuando se estudia una parte de la empresa, la suboptimización es peligrosa y se debe de evitar, por tal motivo debemos considerar algunas limitaciones como son, el porcentaje de servicio que se debe de proporcionar, la oportunidad y la calidad de los servicios.

Objetivo de la empresa

Satisfacer el compromiso adquirido con su propia planta lavadora , con C.F.E. , y con la sociedad

Listado para alcanzar los objetivos

- 1.- Estadística de las lecturas del consumo eléctrico mensual o anual en KWH
- 2.- Estadística de demanda máxima promedio mensual registrada en KW.
- 3.- Estadística del Factor de potencia
- 4.- Estadística de producción mensual y anual (Ton/mes , Ton/año)
- 5.- Estadística del Índice energético en KW/Ton.
- 6.- Analizar en detalle para conocer donde y como se esta utilizando la energía eléctrica y así localizar las áreas en donde existe desperdicio y por lo tanto áreas potenciales de ahorro.
- 7.- capacitar interna o externamente al personal en el área de ahorro de energía eléctrica.
- 8.- Analizar los parámetros que se utilizan para inspeccionar y cuantificar los resultados de las medidas de ahorro y la metodología utilizada.
- 9.- Analizar la tecnología nueva que se puede adaptar para reducir el consumo y demanda de energía.
- 10.- Examinar los indicadores numéricos utilizados para determinar la efectividad de las medidas de ahorro de energía.
- 11.- Con que equipo de medición se cuenta, así como sus características, precisión, frecuencia de calibración.
- 12.- Establecer un sistema integral de medición permanente de los consumos y demandas de energía eléctrica.
- 13.- Adoptar nuevos diseños de instalaciones que permitan optimizar el uso de la energía.
- 14.- sustituir equipos y aparatos ineficientes por otros de mayor eficiencia.
- 15.- Administrar la demanda de energía eléctrica.
- 16.- Contar con formatos de información para el seguimiento y control de las medidas de ahorro de energía eléctrica.

Norma referente al año base

Consumo normal de la Energía

Utilización del equipo

Requisito del índice de productividad

Método para determinar el consumo de Energía con base cero partiendo de los pronósticos de producción.

Correlación

Formas para determinar los índices de productividad a intervalos seleccionados

Interpretación de gráficas para comparar pronósticos con lo real a intervalos seleccionados

Interpretación de tablas con datos referente al consumo de la Energía y los índices de productividad

Año	Producción CTU	Consumo KW-H	Precio por KW-H	Productividad De la energía	Costo de Energía por Ton. extraída	Kw-h/ton.
1993	225979	5,212,633	0.22	0.043	5.074	23.06
1994	253584	5757072	0.22	0.044	4.994	22.70
1995	243438	6004239	0.27	0.041	6.658	24.66
1996	315139	6598552	0.32	0.048	6.697	20.93
1997	330915	6496405	0.41	0.051	8.048	19.63
1998	320860	6496405	0.43	0.050	9.56	22.23
1999	385556	5846765	0.46	0.066	6.97	15.15
2000	413379	5262088	0.50	0.078	6.36	12.72

9.4 Análisis de la unidad de trabajo

La unidad de trabajo. Es una Cantidad de trabajo, o el resultado de una cantidad de trabajo, considerada convenientemente como un entero cuando se examina el trabajo desde un punto de vista cuantitativo.

Convenientemente = Base útil para

1.- Aplicar otras técnicas de la Ingeniería industrial.

2.- Apoyar esencialmente los aspectos de los presupuestos relacionados con el personal.

3.- Establecer el costo de la tonelada por unidad de Energía.

4.- Planear y asignar el trabajo.

5.- Revisar continuamente los pronósticos de cargas de trabajo y utilización actual equipos, personal y otros auxiliares.

6.- comparar constantemente los resultados con los planes.

7.- medir la productividad de la Energía.

Estructura de la unidad de trabajo

Tipo de servicio. Auxiliar de la producción

Area de la misión

Mantenimiento

Finalidad(resultados que se buscan)

Pretensión (naturaleza de los resultados)

Aumento de la productividad total, incrementando la productividad de la Energía.

Dimensiones (como se cuantifican los resultados)

Porcentaje de la Energía consumida con respecto a un periodo base.

Disminución de los costos de la Energía por tonelada extraída.

Metas

Incremento en un 10% de la productividad de la Energía en el año 2000

Limitaciones

No alterar la producción programada

Libertades

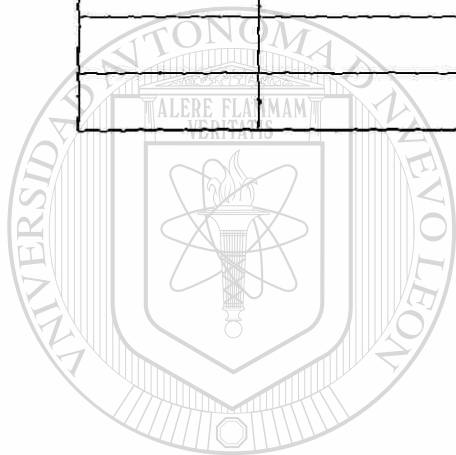
Asignación del personal mas idóneo

Poder subcontratar cursos de capacitación

LISTADO DE EQUIPO EXISTENTE CON SU CAPACIDAD

Cantidad	Descripción del equipo	Capacidad en HP	
2	Minero continuo Joy 12CM 10	535	
	Minero continuo Joy 12CM 17	605	
2	Banda transportadora del inclinado	230	
1	Banda transportadora N ^o 2 de plancha a cañón 27	125	
1	Banda transportadora N ^o 3 del crucero 27 al crucero 40	125	
1	Banda transportadora N ^o 4 del crucero 40 al crucero 69	125	
1	Banda transportadora N ^o 5 segunda sección cañón banda al crucero 82	125	
1	Banda transportadora N ^o 6 cañón 8 oriente	125	
1	Banda transportadora N ^o 8 cañón 6	125	
1	Banda transportadora N ^o 7 cañón 9 oriente	125	
1	Banda transportadora N ^o 8 cono apilador	30	
1	Banda transportadora N ^o 1 cargado de camiones	40	
1	Quebrador	30	
1	Malacate	400	
1	Compresor Joy	75	
1	Compresor	75	
1	Telesillas	120	
1	Ventilador principal	750	
3	Ventilador auxiliar	25	

Cantidad	Descripción de equipo	Capacidad en HP	
6	Carros mineros Joy		
1	bomba	15	
2	conveyor	75	
1	tracción	15	
	total	(6) (180)= 1080	



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



PONDERACIÓN DE LA ENERGÍA DEL AÑO 1997 Y 1998

(HP) (KW/HP) (Eficiencia o peso) (Hr de trabajo por día) (promedio de días trabajados al año) = energía anual/equipo

Ventilador principal

$$(825) (0.746) (0.50) (24) (365) = 2695671.0 \text{KW-Hr}$$

Bandas y Quebrador

$$(1365) (0.746) (0.40) (12) (313) = 1529878.9 \text{KW-Hr}$$

Minero continuo y Carros transportadores

$$(1140) (0.746) (0.30) (12) (313) = 958275.8 \text{KW-Hr}$$

Compresor y bombas

$$(250) (0.746) (0.48) (22) (365) = 718845.6 \text{KW-Hr}$$

Malacate y telesillas

$$(520) (0.746) (0.33) (8) (313) = 320546.0 \text{KW-Hr}$$

Otros

$$(100) (0.746) (0.5) (20) (365) = 273188.5 \text{KW-Hr}$$

Total

$$6496405 \text{KW-Hr}$$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Productividad “el producto dividido por el insumo” (TON/KWH) el objetivo es su mejoramiento y compararla con los resultados propios, o con otras empresas

Abatir costos es el resultado de la aplicación de métodos, estándares de tiempo equitativo y una motivación laboral con modernos sistemas de retribución. El incremento de la productividad se logra con estos factores dentro de una empresa, ya sea manufacturera, industrial, o de servicio.

El análisis del factor divisor que en este caso es la **energía** en cada uno de los equipos que integran el proceso nos da como resultado un incremento de la productividad.

La introducción de nuevos métodos de producción considerando la utilización de la energía, nos conduce a un balance energético, y a un ahorro económico con perspectivas de mejorar los resultados en el futuro, y ser más competitivos en las economías actuales.

La alta productividad y las salidas de alta calidad requieren insumos de alta calidad, los factores principales son:

Los recursos humanos, La tecnología, La inversión del capital, y La reglamentación por parte del gobierno.

La optimización de la productividad se logra estableciendo un índice como base de la optimización lo cual requiere de una fuente de información para establecer la medida de la productividad tanto de años anteriores, actuales, así como pronósticos de años posteriores tomando en consideración datos históricos y aplicar algún método estadístico(en nuestro caso mínimos cuadrados).

GLOSARIO

Alma.- Parte central de un conductor

Amortización.- operación mediante la cual se distribuye el costo del capital fijo entre cada uno de los periodos que componen su vida económica

Antideflagrante.- Que no propaga la flama

Correlación.- Grado de dependencia estadística que existe entre dos conjuntos de variables

Depreciación.- Perdida del valor a través del tiempo

Energía,- Capacidad de un sistema para realizar un trabajo

Grisuosa.- Mezcla explosiva de metano y aire que se desprende en las minas de carbón

Kilomurgues Unidad de medida de la resistencia opuesta por las galerías en circuitos de ventilación en minas

Osciloscopio.- Aparato usado para ver el comportamiento de las ondas en los circuitos eléctricos y electrónicos

Reciprocante.- Responder a una acción con otra semejante

Rendimiento,- Relación entre el valor de la magnitud cedida y el de la magnitud absorbida

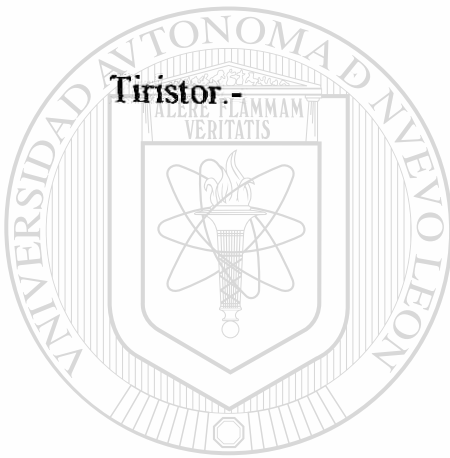
Resonancia.- Fenómeno que se presenta cuando la reactancia inductiva iguala a la reactancia capacitiva en un circuito eléctrico

Senoidal .- Forma de onda de la corriente alterna

Solenoid.- hélice Circuito formado por un conductor arrollado en hélice

Tandem Colocación de poleas motrices para dar mas contacto y proporcionar mayor potencia a una banda

Tiristor.- SCR rectificador controlado de silicio



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



AUTOBIOGRAFIA

ING. VALENTIN ZAVALA BERNAL

El autor de la presente tesis, titulada “productividad de la Energía en minas de Carbón”, aspira a obtener el grado de Maestro en Ciencia de la Administración en la Especialidad de Producción y Calidad, nace el 25 de enero de 1956 en Cloete Coahuila, su nombre, Valentín Zavala Bernal, hijo de Agapito Zavala Salazar (+) y la Sra. Ciria Bernal Campirano(+), estudia la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista con Especialidad en Electricidad y Electrónica en la Escuela de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Coahuila, de 1981 a 1982; labora en la empresa General de Telecomunicaciones Electrónicas, S. A. como proyectista, de 1983 a 1984 como supervisor de Mantenimiento Eléctrico y Electrónico en la empresa A.H.M.S.A, de 1985 a 1991 como supervisor, jefe y Subgerente de Mantenimiento Mecánico y Eléctrico toma diferentes cursos para aplicación laboral como son Desarrollo de habilidades del supervisor, Administración de Mantenimiento, Aspectos Básicos de Productividad, Medición y Diagnostico de Productividad. Como persona Física Ha dado servicio de Instalaciones Eléctricas a diferentes empresas mineras y maquiladoras, como son Fluorita de México, G.T.E., T.P.P., Carbonífera de San Patricio, I.M.M.S.A. De 1988 a la fecha, es catedrático de 17 horas en la Escuela de Minería y Metalurgia de la Universidad Autónoma de Coahuila.

BIBLIOGRAFIA

- Maquinas Eléctricas y Transformadores, Irving L Kosow Segunda Edición Prentice Hall. 1989
 - Biblioteca del Ingeniero Industrial, Gabriel Salvendy, Volumen 1, Editorial Limusa S.A. de C.V. 1990
 - V. Vidal, Explotación de Minas, Ediciones Omega S.A.
 - Walpole, Probabilidad y Estadística, Ed Mc Graw Hill, 1997
-
- Manual del Ingeniero Electricista, Tomo 1 1997
 - R. Rosenberg , Reparación de Motores Eléctricos, Tomo 1 y 2
 - Información obtenida a través de Folletos de C.F.E., Fideicomiso para el Ahorro de la Energía Eléctrica(FIDE) Año 5 Num.22 Ene-Mar. 1997, Año 7 Num.29 Oct-Dic.1998

