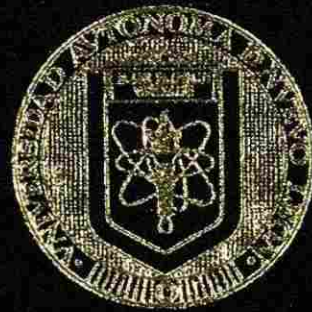


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y  
ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



ANALISIS, DIAGNOSTICO, REDISEÑO Y  
CONTROL ELECTRONICO CA POR COMPUTADORA

POR:

ING. ARMANDO PAEZ ORDÓÑEZ

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS DE LA INGENIERIA CON  
ESPECIALIDAD EN POTENCIA

MONTERREY, N. L.

DICIEMBRE DE 1997

ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO, REDISEÑO Y CONTROL  
ELECTRÓNICO DE MOTORES CA PARA COMPUTADORA

TM  
Z5853  
.M2  
FIME  
1997  
P3



1020121333



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

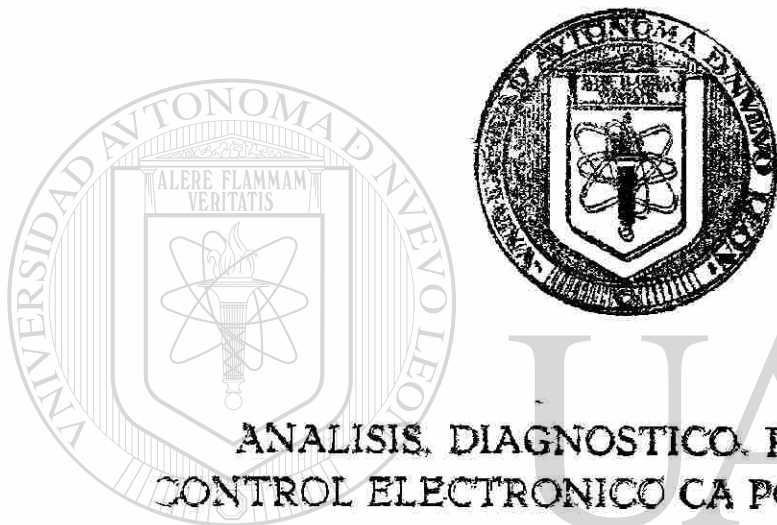


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y  
ELECTRICA**

**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO**



**ANALISIS, DIAGNOSTICO, REDISEÑO Y  
CONTROL ELECTRONICO CA POR COMPUTADOR**

---

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
POR  
**ING. ARMANDO PAEZ ORDONEZ** ®  
**DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**

**T E S I S**

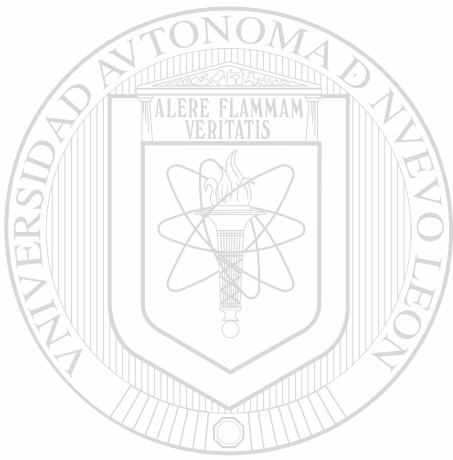
**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN  
CIENCIAS DE LA INGENIERIA CON  
ESPECIALIDAD EN POTENCIA**

**MONTERREY, N. L.**

**DICIEMBRE DE 1997**

0119-59160

TM  
Z5853  
.M2  
FINE  
1997  
P3



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FONDO  
TESIS

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



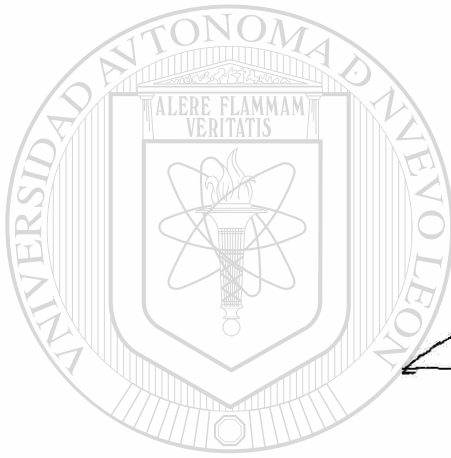
**FONDO  
TESIS**

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**Universidad Autónoma de Nuevo Leon**  
**Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**  
**División de Estudios de Postgrado**

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis Análisis, Diagnóstico, rediseño y control electrónico de motores eléctricos de C.A. por computadora realizada por el Ing. Armando Páez Ordóñez sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en ciencias de la Ingeniería Eléctrica con especialidad en Potencia



El comité de tesis

Asesor

M.C. Agustín Iglesias Torres

Coasesor

M.C. Felix González Estrada

Coasesor

M.C. Luis M. Martínez Villarreal

Vo.Bo.

**M.C. ROBERTO VILLARREAL GARZA**

División de Estudios de Postgrado

San Nicolas de los Garza, N.L. a 2 de Diciembre de 1997

## PROLOGO

La combinación de las computadoras y la electrónica de Potencia le ha dado un nuevo giro a la aplicación, análisis, diagnóstico de verificación, rediseño y control de los motores eléctricos de C.A. El Presente proyecto consiste en el desarrollo de software y equipo auxiliar de bajo costo para:

(Bajo norma NEMA, IEC, JEC, IEEE, AWG, EASA, ASTM.)  
(para motores industriales de cualquier capacidad)

A) Analizar el funcionamiento de motores industriales de CA y CD calculando el Par, R.P.M., Eficiencia, Factor de potencia, Deslizamiento, Ampers, Potencia de entrada etc. a diferentes HP'S de salida sin uso de dinamometro y Graficar estos .

B) Diagnosticar, verificar, y corregir las especificaciones de motores de CA.

C) Rediseñar un embobinado de un motor de CA para nuevas condiciones de operación (NUEVOS HP'S, R.P.M., VOLTAJE, FRECUENCIA, ETC.)

D) Diseño de un embobinado para un núcleo sin datos.

E) Prueba Computarizada de la laminación y del motor en general.

F) ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE CONTROL ELECTRÓNICO COMPUTARIZADO DE MOTORES DE CA PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



### OBJETIVOS Y METAS

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTÉCAS

Desarrollar el software con un método económico para analizar, diagnosticar, verificar y rediseño motores eléctricos industriales de cualquier capacidad. Con énfasis en el ahorro de energía.

El desarrollo de estos programas se inicio realmente desde hace 20 años, como una necesidad en la asesoría de un servidor en mas de 40 empresas del país.

Estos programas se han estado utilizando satisfactoriamente en mas de 25 empresas del país.

Comprobar en la practica real los procedimientos establecidos en el software

Utilizarse con fines didácticos en las materias de maquinaria eléctrica en las carreras de Ingeniería electromecánica , electrónica, e industrial.



Métodos de calculo bajo normas Internacionales reconocidas utilizando métodos económicos.

Que los alumnos aprendan y apliquen las técnicas de Análisis y rediseño computarizado de motores eléctricos de alta eficiencia con énfasis en:

- \* Utilización de computadoras para su análisis y diseño.
- \* El ahorro de energía eléctrica.
- \* Contaminación ambiental.
- \* Control de calidad.
- \* Aplicación de las normas nacionales e internacionales y pueda aplicar esto en su vida profesional.

El efecto de este proyecto en la contaminación ambiental radica en la sustitución de motores de combustión interna por eléctricos en el transporte (Vehículos eléctricos tales como: trenes, metro, automóviles, camiones, etc.)

- \* Prestar este servicio a la industria.
- \* EL PODER HACER EN MENOS DE 5 MINUTOS UN DIAGNOSTICO DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFASICO Y VERIFICAR SI SON CORRECTAS LAS ESPECIFICACIONES DEL EMBOBINADO. ERRORES EN TOMAR LOS DATOS DE UN MOTOR ANTIGUO QUEMADO FRECUENTEMENTE OCURREN. EN ESPECIAL CUANDO HAY MUCHAS VUELTAS DE ALAMBRE DELGADO. ESTOS ERRORES PUEDEN SER HECHOS POSIBLEMENTE POR CENTRO DE REPARACIÓN ANTERIORES.

LOS CÁLCULOS DE RE DISEÑO HECHOS MANUALMENTE. GENERALMENTE REQUIEREN AL MENOS DE ½ DÍA DE UN DISEÑADOR CON EXPERIENCIA DE DISEÑO DE MOTORES. EL REDISEÑO TAMBIÉN PUEDE REALIZARSE CUANDO SE REQUIERE CAMBIOS EN VELOCIDAD (R.P.M.), VOLTAJE. HPS, CONEXIÓN. FASES , CALIBRES DE ALAMBRE.

Hasta ahora solo los fabricantes que manejan grandes volúmenes podrían tener un sistema computarizado, equipo y personal para el diagnostico verificación y diseño de motores eléctricos industriales.

Este método lo hará disponible para la mediana y pequeña industria, es común que en los talleres de rembobinados de motores alternen los datos (vueltas y calibres) de los motores o dañen la laminación con altas temperaturas por soplete u hornos, este metodo permitirá verificarlos y corregirlos.

En México el rediseño de motores eléctricos en los talleres de reconstrucción se hace empíricamente por prueba y error costosos.

Las Universidades y tecnológicos en México no estudian el análisis, diagnóstico de verificación y rediseño de motores industriales. (CON ÉNFASIS EN EL AHORRO DE ENERGÍA)

Modernizar y actualizar con métodos normalizados y computarizados la aplicación industrial y la enseñanza en las clases y laboratorios de:

- \* Maquinas eléctricas de inducción
- \* El laboratorio podrá ser autofinanciable en su mantenimiento y operación realizando trabajos de pruebas de control de calidad de investigación.
- \* AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL REDISEÑO DE MOTORES INDUSTRIALES Y SUS SISTEMAS DE CONTROL ELECTRÓNICO

FIME UANL puede dar este servicio.

Para motores industriales de 100'S o 1000'S de HPS no requiere dinamómetros costosos

Métodos de cálculo bajo normas internacionales reconocidas utilizando Métodos económicos.

Tomando como base la experiencia de un servidor a nivel nacional e internacional en el tema se desarrolló el software siguiendo las normas y comprobándolo con casos reales en el laboratorio y en la industria nacional.

Los programas se realizaron en TURBO PASCAL y QuickBasic. para computadoras IBM o compatibles, los primeros programas fueron desarrollados en calculadoras programables de Texas instruments y HP

ING. ARMANDO PAEZ ORDOÑEZ

# ANÁLISIS, DIAGNOSTICO, REDISEÑO Y CONTROL ELECTRÓNICO DE MOTORES ELÉCTRICOS DE C.A. POR COMPUTADORA

## CONTENIDO:

### CAPITULO 1 INTRODUCCIÓN

Teoría Básica de los Motores de Inducción.....	1
El Campo Giratorio.....	2
Partes Mecánicas.....	12

### CAPITULO 2

Devanados de C.A. Polifasicos.....	17
Tipos de Devanados.....	24
Arrollamientos Polifasicos Imbricados.....	25
Arrollamientos Polifasicos Ondulados.....	34

---

Conexiones Y-2Y.....	37
----------------------	----

Conexiones DELTA Y DOBLE DELTA.....	38
-------------------------------------	----

Diagramas Esquemáticos para Devanados Trifasicos.....	40
---	----

### CAPITULO 3

La FEM inducida en un Devanado de C.A.....	44
--	----

El Factor de Distribución.....	44
--------------------------------	----

El Factor de Paso.....	48
------------------------	----

Ejemplos.....	51
---------------	----

Devanados de dos Velocidades.....	53
Método Práctico para realizar Diagramas de Polo Consecuente.....	58
Ejemplos.....	64

#### CAPITULO 4

La FMM de un Devanado de C.A.....	67
La FMM Alterna.....	67
La FMM Giratoria.....	73
Factores de Distribución y de Paso para las Armónicas.....	79
Ejemplo.....	79

#### CAPITULO 5

El Motor de Inducción como un Transformador.....	84
El MI en reposo (Devanado de Rotor Abierto).....	84

El MI en reposo (Devanado del Rotor Cerrado).....	87
El MI cuando gira.....	89
Circuito Equivalente del MI Polifásico.....	90

El Diagrama Vectorial del MI Polifásico.....	92
--	----

#### CAPITULO 6

Determinación de los Parámetros del MI Polifásico.....	93
Determinación de $r_1$ y corrección por temperatura.....	93
Prueba de Rotor Bloqueado (A pleno voltaje).....	94
Prueba de Rotor Bloqueado (A voltaje reducido).....	95

Prueba de Vacío.....	96
Variación de los par metros con el deslizamiento.....	97
Efecto de la Variación de voltaje y frecuencia en las características del Motor de Inducción.....	98
Ejemplo.....	99
Diagrama de Flujo del Programa "Par metros del MI".....	105
Prueba de Funcionamiento.....	106
Prueba de Saturación en Vacío.....	110
Características par-velocidad.....	111
Prueba de Elevación de Temperatura.....	121
Operación del Dinamometro de Conexión Ward Leonard.....	6-35

## **CAPITULO 7**

RELACIONES DE POTENCIA Y PAR MOTOR DEL MOTOR DE INDUCCIÓN.....126

PAR MOTOR MÁXIMO.....127

CLASIFICACIÓN "NEMA" DE MOTORES DE INDUCCIÓN.....128

BALANCE DE POTENCIAS, EFICIENCIA DEL MOTOR DE INDUCCIÓN.....129

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA "ANÁLISIS DEL MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFASICO".....130

EJEMPLOS DEL PROGRAMA ANÁLISIS DEL MOTOR DE INDUCCIÓN TRIFASICO.....131

FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA DE INDUCCIÓN COMO FRENO Y GENERADOR.....135

## **CAPITULO 8**

**PROTECCIÓN, CIRCUITOS DE ARRANQUE Y CONTROL DE MOTORES DE CA DE INDUCCIÓN**

SIMBOLOGIA.....	137
ARRANCADORES MAGNÉTICOS REVERSIBLES Y NO REVERSIBLES.....	140
ARRANQUE Y CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES POLIFASICOS DE INDUCCIÓN .....	143
ARRANCADOR A TENSIÓN REDUCIDA .....	144
A) POR RESISTENCIAS O REACTANCIAS .....	145
B) POR AUTOTRANSFORMADOR .....	146
C) ESTRELLA - DELTA .....	147
D) CON UNA SECCIÓN DEL ENBOBINADO .....	148
ARRANCADORES PARA MOTORES DE ROTOR ENBOBINADO.....	149

## CAPITULO 9

### CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES DE INDUCCIÓN

INTRODUCCIÓN.....	150
COMPARACIÓN ENTRE EL MOTOR DE INDUCCIÓN DE CA Y EL MOTOR DE CD.....	152
SISTEMAS DE CONTROL DE CA VS CD.....	153
CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL DE VELOCIDAD .....	154
CONTROL DE VELOCIDAD POR FRECUENCIA PRIMARIA POR MEDIO DE INVERSORES.....	155
CLASIFICACIÓN DE INVERSORES .....	156
INVERSOR TIPO VSI FUENTE DE VOLTAJE.....	156
ANÁLISIS DE ARMÓNICAS .....	158
INVERSOR VSI DE 12 PASOS .....	160

DIAGRAMA DE BLOCKS DE UN CONTROLADOR VSI PARA MOTOR DE INDUCCIÓN.....	167
TRANSISTORES DE POTENCIA.....	168
INVERSORES CON TRANSISTORES DE POTENCIA.....	169
FUNCIONAMIENTO EN BAJA FRECUENCIA CON V/F INCREMENTADO (VOLTAGE BOOST).....	171
INVERSOR TIPO FUENTE DE CORRIENTE CSI.....	173
EFFECTO DE REGENERACIÓN EN UN INVERSOR TIPO VSI Y CSI.....	174
DIAGRAMA DE BLOCKS DE UN CONTROLADOR PARA MOTOR DE CA CON INVERSOR TIPO CSI.....	174
INVERSOR CSI CON FRECUENCIA Y ESTABILIDAD MEJORADA.....	175
INVERSOR TIPO PWM (MODULACIÓN DEL ANCHO DEL PULSO).....	177
CONTROL COMPUTARIZADO PARA MOTOR DE CA (PWM).....	177a
CONTROL POR VOLTAJE PRIMARIO.....	178
CONTROL DEL MOTOR CA DE ROTOR EMBOBINADO POR RESISTENCIAS EN EL ROTOR.....	181
CONTROL POR LA RECUPERACIÓN DE LA ENERGÍA DEL ROTOR.....	184
SISTEMA KRAMER ESTÁTICO.....	185
SISTEMA KRAMER ESTÁTICO SIN CONMUTADOR.....	186a
SISTEMA SCHERBIUS.....	187
SISTEMA SCHERBIUS ESTÁTICO.....	188
SISTEMA SCHERBIUS ESTÁTICO SUPERSINCRONICO.....	191
MOTOR DE CA/CD SIN CONMUTADOR.....	194
CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES PARA LA SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE LOS DIFERENTES SISTEMAS DE CONTROL ELECTRÓNICO.....	195

## CAPITULO 10

### FUNDAMENTOS EN EL REDISEÑO DE MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA

Cambio de Calibres.....	198
Cambio en Voltaje.....	200
Cambio de Potencia en HP'S o KW.....	203
Cambio de Frecuencia.....	207
Cambio de Circuitos en Paralelo.....	210
Cambio de paso de Bobina.....	213
Cambio de Conexión.....	216
Formula Maestra.....	218
Notas en Cambio de Polos (VELOCIDAD).....	220

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



## CAPITULO 11.

### ANÁLISIS, DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE MOTORES ELÉCTRICOS CA POR COMPUTADORA

INSTRUCCIONES BÁSICAS.....	224
EJEMPLO DE OPERACIÓN.....	229
DIAGNOSTICO MOTOR DE 125 HPS, 1800 R.P.M.	
DIAGRAMA DE FLUJO PROGRAMA DIAGNOSTICO MOTOR CA.....	241
REDISEÑO DEL MOFOR DE INDUCCIÓN.....	242
DIAGRAMA DE FLUJO PROGRAMA REDISEÑO DEL MOTOR CA.....	246



EJEMPLO REDISEÑO MOTOR 125 HPS DE 1800 R.P.M. A 1200 R.P.M.....	247
DISEÑO PARA NÚCLEO SIN DATOS MOTOR 75 HPS, 1800 R.P.M.....	253
DIAGRAMA DE FLUJO DISEÑO PARA NÚCLEO SIN DATOS .....	255
CÁLCULOS DE PRUEBA PEDIDAS DEL NÚCLEO( TOROIDE).....	265
REDISEÑO UNA A DOS VELOCIDADES.....	269
A) PAR CONSTANTE	
B) HPS CONSTANTES	
C) PAR VARIABLE	
ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE INDUCCIÓN BAJO NORMAS JEC-37 .....	275
CALCULO DEL EMBOBINADO DEL ROTOR.....	279
CONCLUSIONES.....	281
ACERVO BIBLIOGRÁFICO Y DE REVISTAS.....	282

## CAPITULO I

### MAQUINAS DE INDUCCION TRIFASICAS

#### TEORIA BASICA DE OPERACION

En los motores eléctricos la conversión de energía eléctrica a energía mecánica tiene lugar en la parte giratoria de la máquina. En los motores de C.D. y en un tipo de motor de C.A. la energía eléctrica es llevada directamente al rotor a través de escobillas y un conmutador, siendo posible denominar a ésta máquina como un motor de conducción directa (por la forma como se aplica la energía a el rotor). En el tipo más común de motor de C.A., la energía eléctrica no es llevada directamente al rotor; el rotor recibe su energía inductivamente exactamente de la misma manera en que el secundario de un transformador recibe su energía. Es por ésta razón que los motores de éste tipo son conocidos como motores de inducción. Puede ser muy útil pensar en un motor de inducción como una clase de transformador giratorio, en el cuál un devanado estacionario es conectado a una fuente de C.A., mientras el otro devanado montado en una estructura libre para girar recibe su energía por la acción transformadora, mientras gira. En el motor de inducción, el flujo se produce por la parte exterior, el estator, mientras que la parte interna giratoria de la máquina, el rotor es su armadura, el estator está excitado por corrientes alternas que producen un campo magnético giratorio.

## EL CAMPO MAGNETICO GIRATORIO

### 1.2 TEORIA BASICA DE OPERACION

El motor de inducción difiere de otros tipos de motores en que no hay ninguna conexión eléctrica del devanado del rotor a ninguna fuente de energía eléctrica. El voltaje y la corriente necesarios en el circuito del rotor son producidos por inducción del devanado del estator. La operación del motor de inducción depende de la producción de un campo magnético giratorio.

Cuando un devanado de estator trifásico de un motor de inducción es conectado a una fuente trifásica, tres corrientes independientes tienden a fluir una en cada una de las fases devanadas. Estas corrientes estarán desfasadas una de la otra  $120^\circ$  grados eléctricos; esto es, que la corriente en la fase A alcanza su máximo-

valor positivo  $120^\circ$  antes que la fase B, y la corriente en la fase B alcanzará su máximo valor positivo  $120^\circ$  antes que la fase C.

Se dice entonces que las corrientes están desfasadas en el tiempo  $120^\circ$  asumiendo la secuencia de fase el orden A-B-C. Las ondas de las corrientes están representadas en la figura 1.1. La operación de un motor de inducción depende de la diferencia de velocidad entre el campo magnético giratorio y la velocidad del rotor.

TEORIA BASICA DE OPERACION DE LOS MOTORES DE INDUCCION

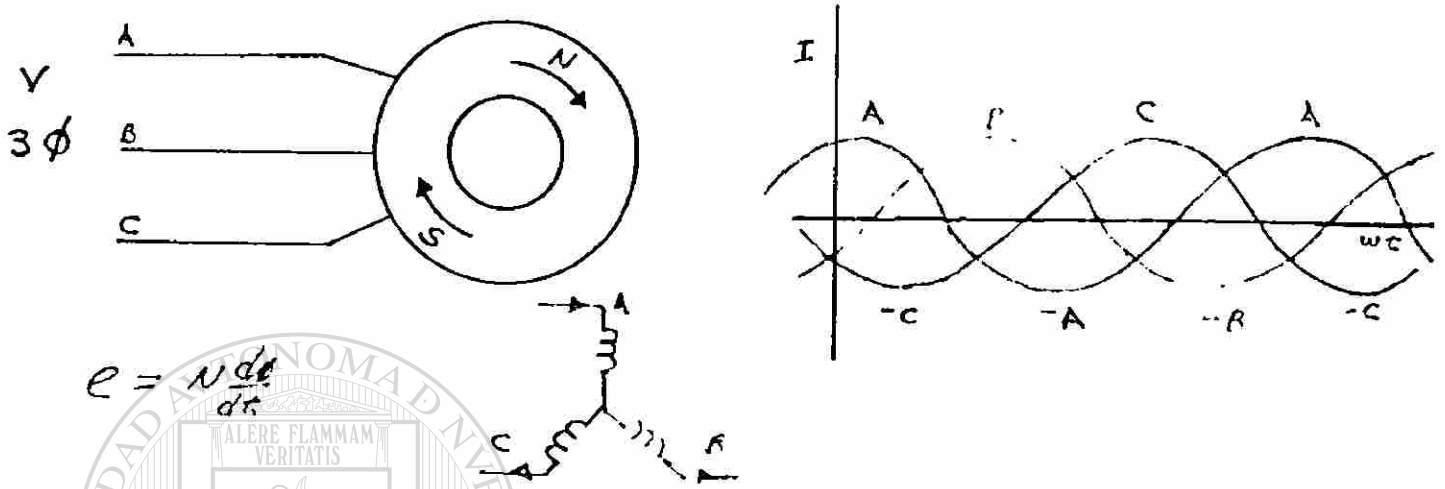


FIGURA 1.1

**INDUCIENDO UN CAMPO EN EL ROTOR**

Polo del estator

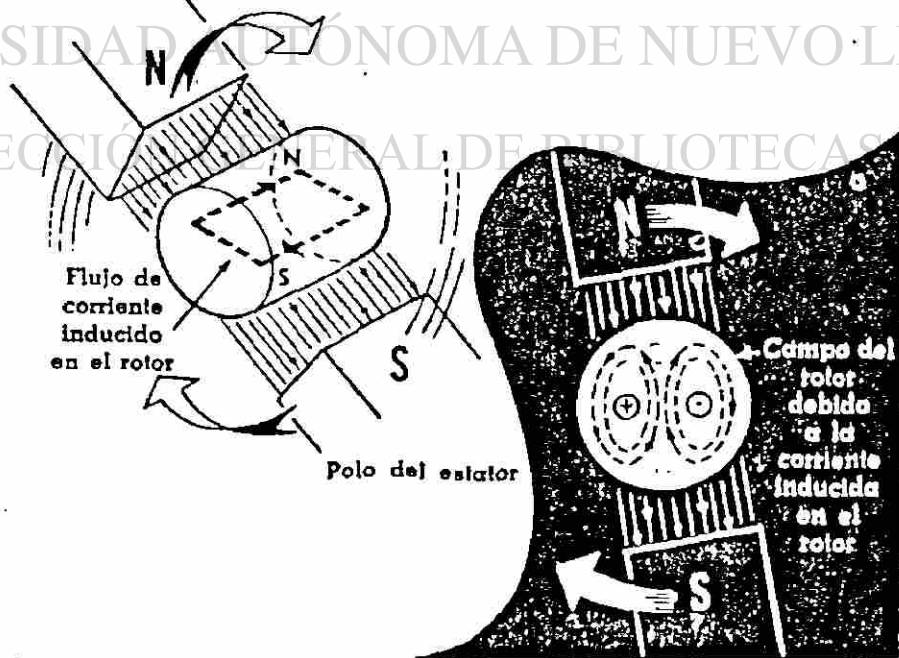


FIGURA 1.2

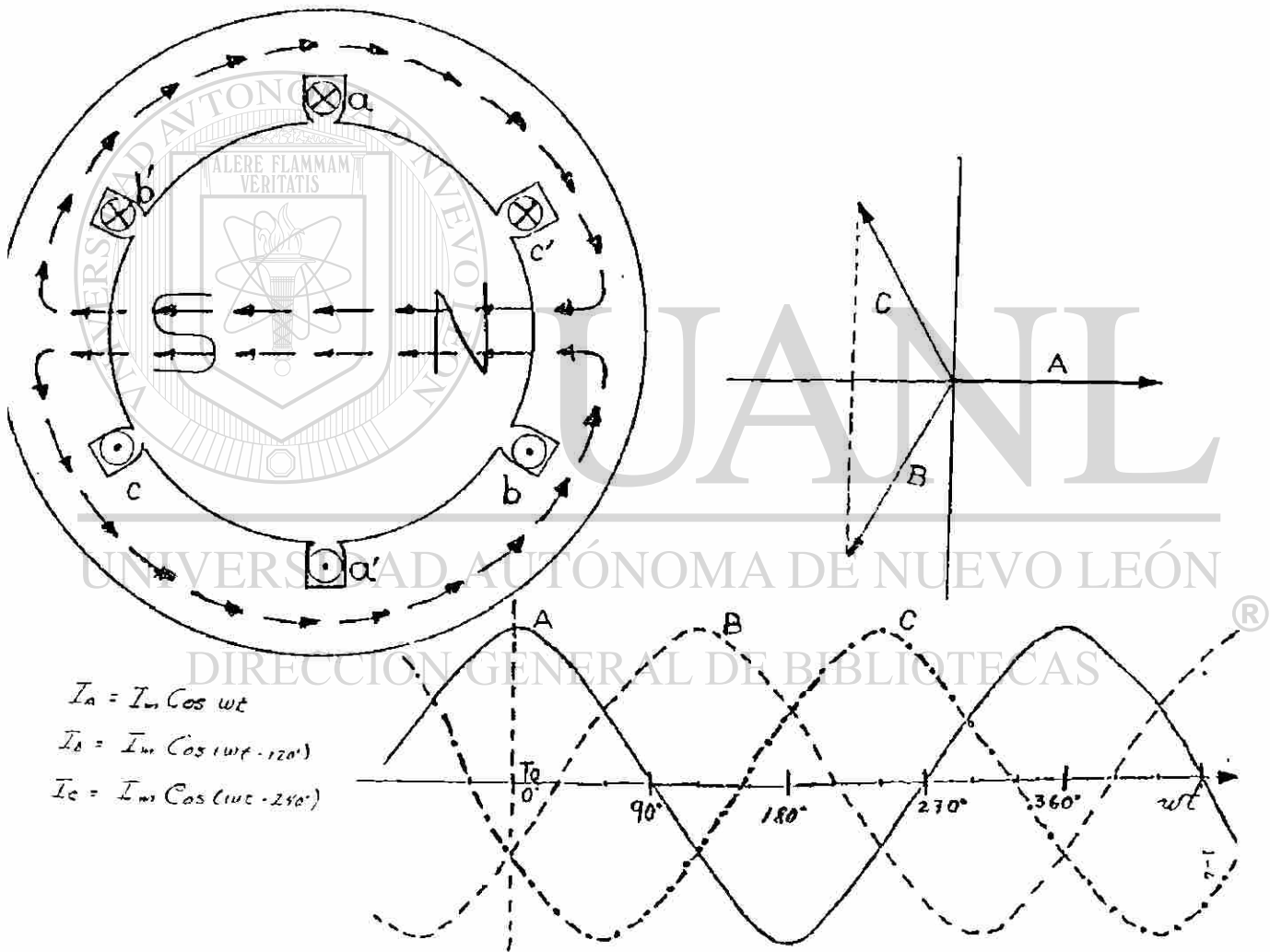


Fig. 1.2a  $\omega t = 0^\circ$

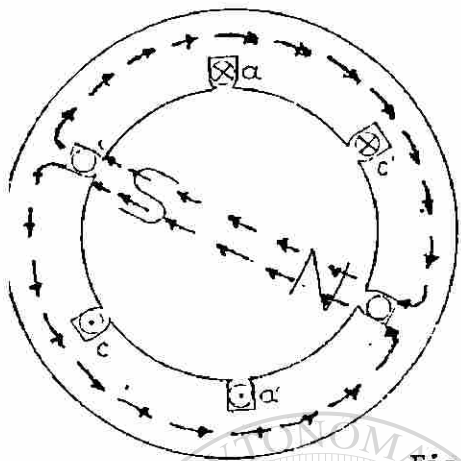


Fig. 1.2b

$wt = 30^\circ$

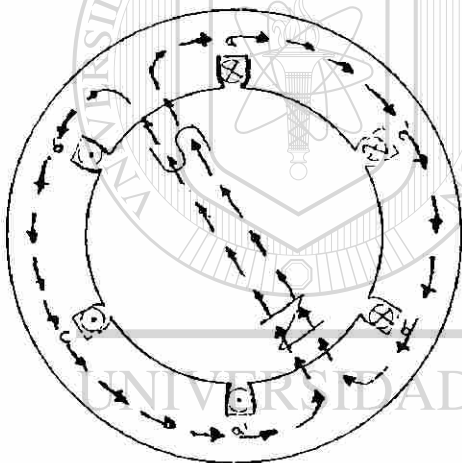
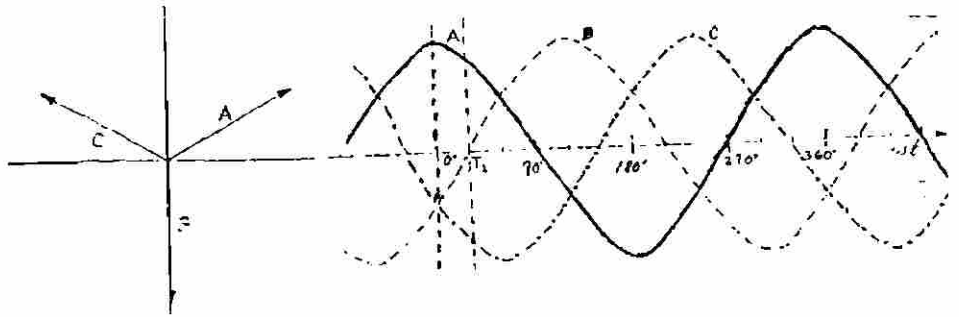
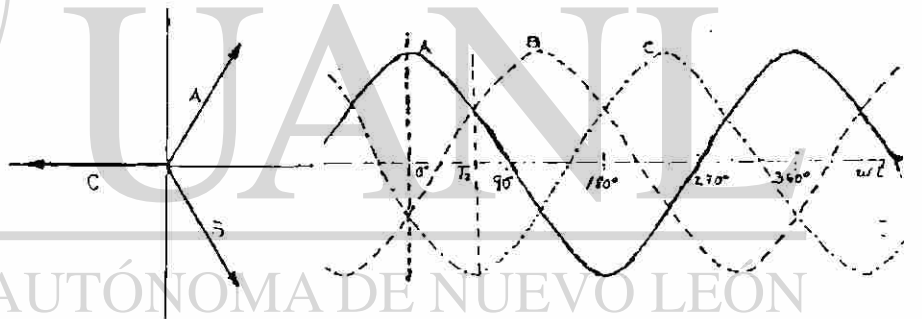


Fig. 1.2c

$wt = 60^\circ$



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

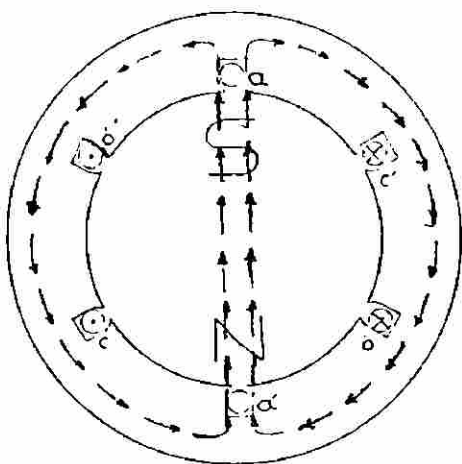
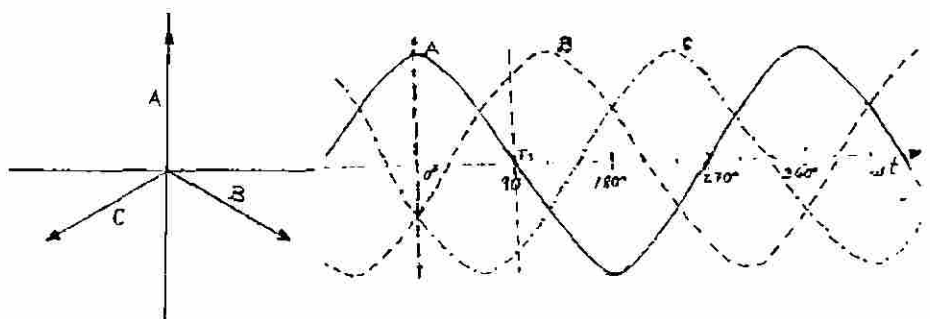


Fig. 1.2d

$wt = 90^\circ$



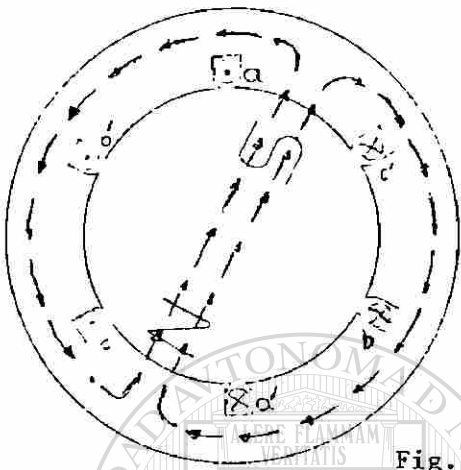
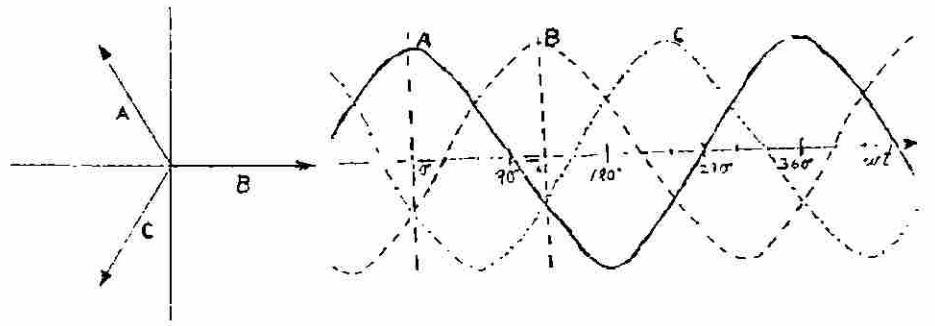


Fig. 1.2e



$wt = 120^\circ$

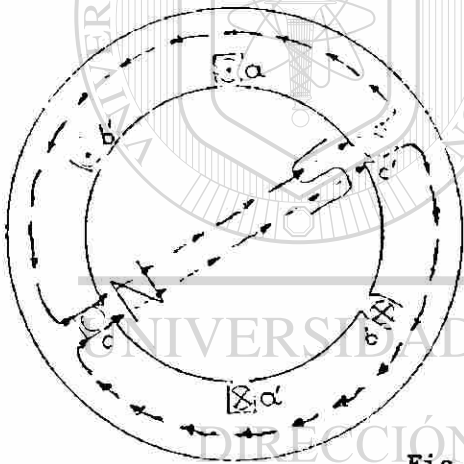
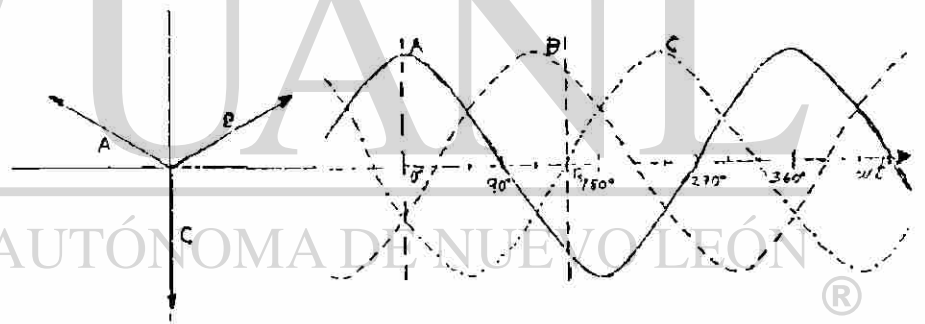


Fig. 1.2f



$wt = 150^\circ$

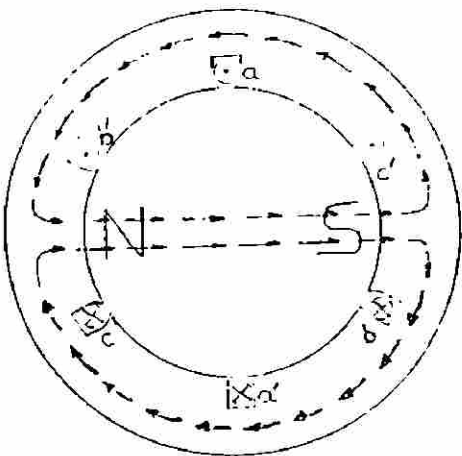
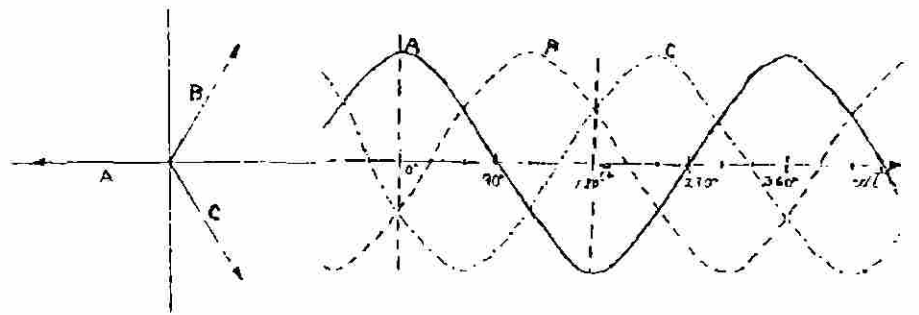


Fig. 1.2g



$wt = 180^\circ$

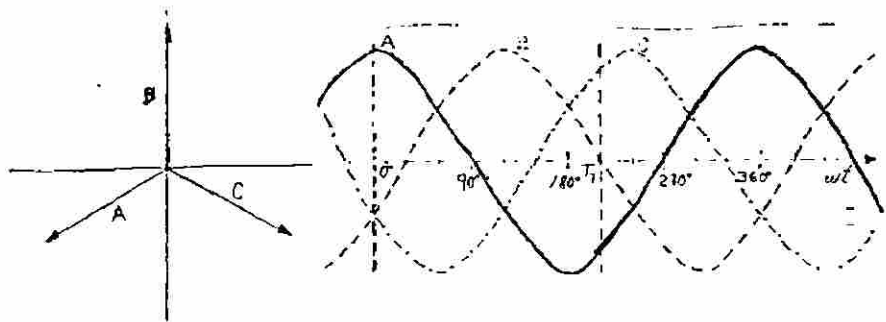
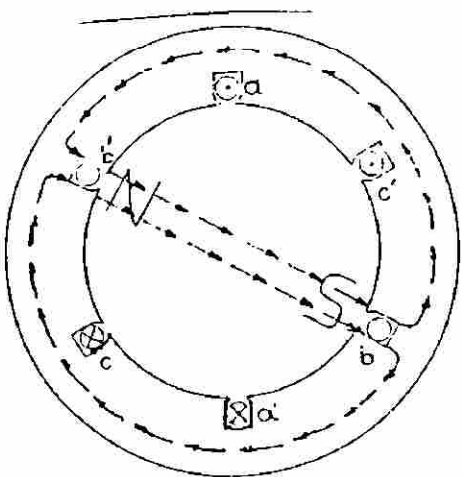


Fig. 1.2h  $wt = 210^\circ$

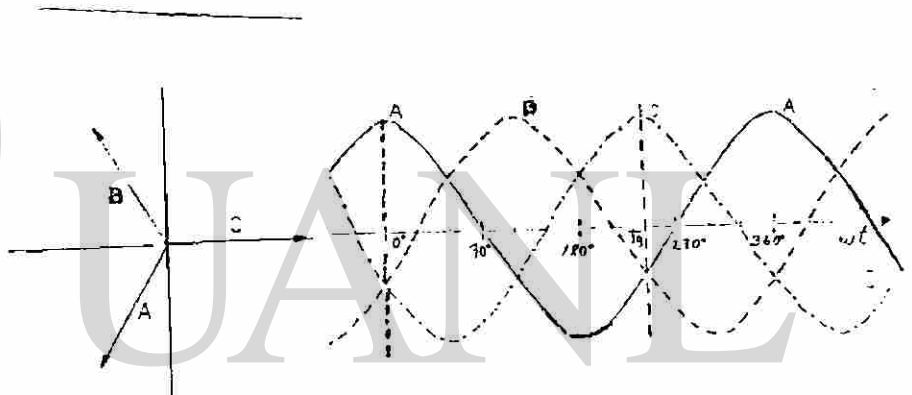
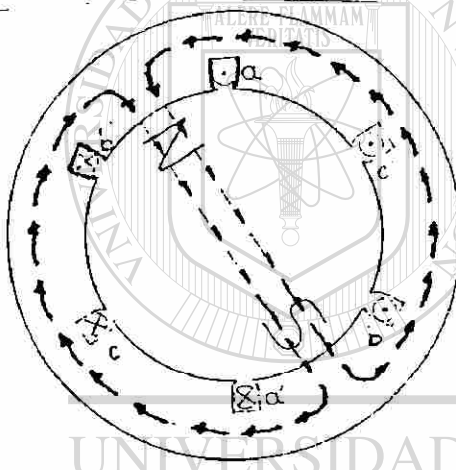


Fig. 1.2I  $wt = 240^\circ$

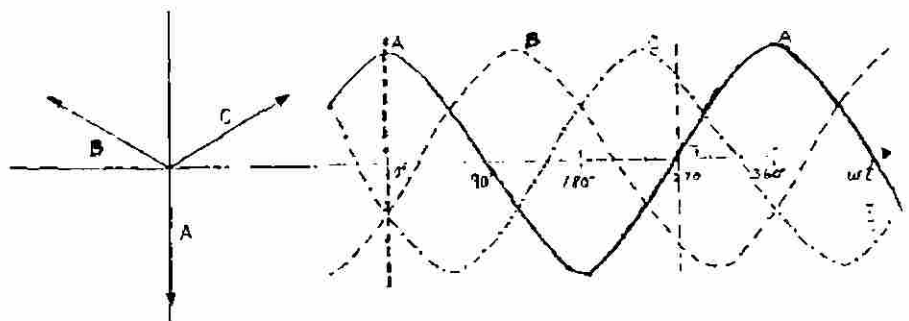
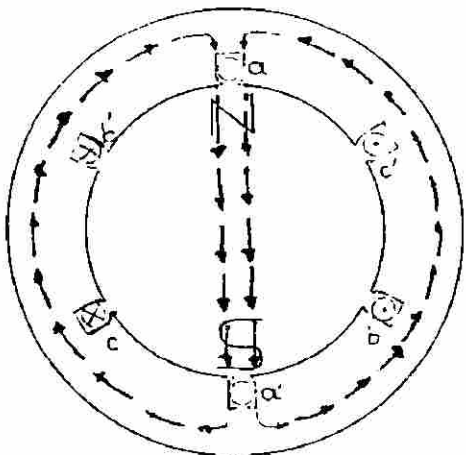


Fig. 1.2 j  $wt = 270^\circ$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



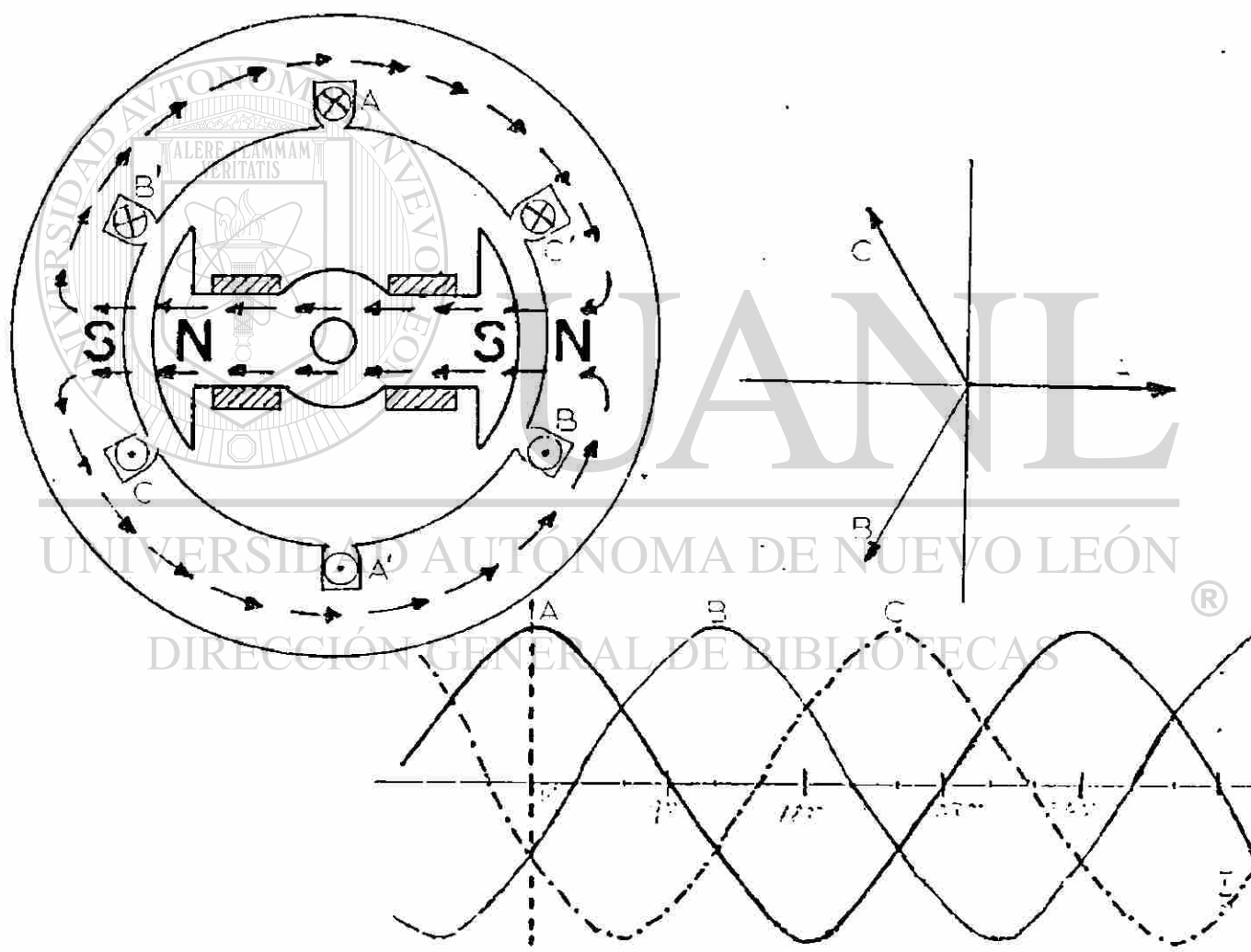


Fig. 1.2k Teoria básica de operación del motor sincrónico

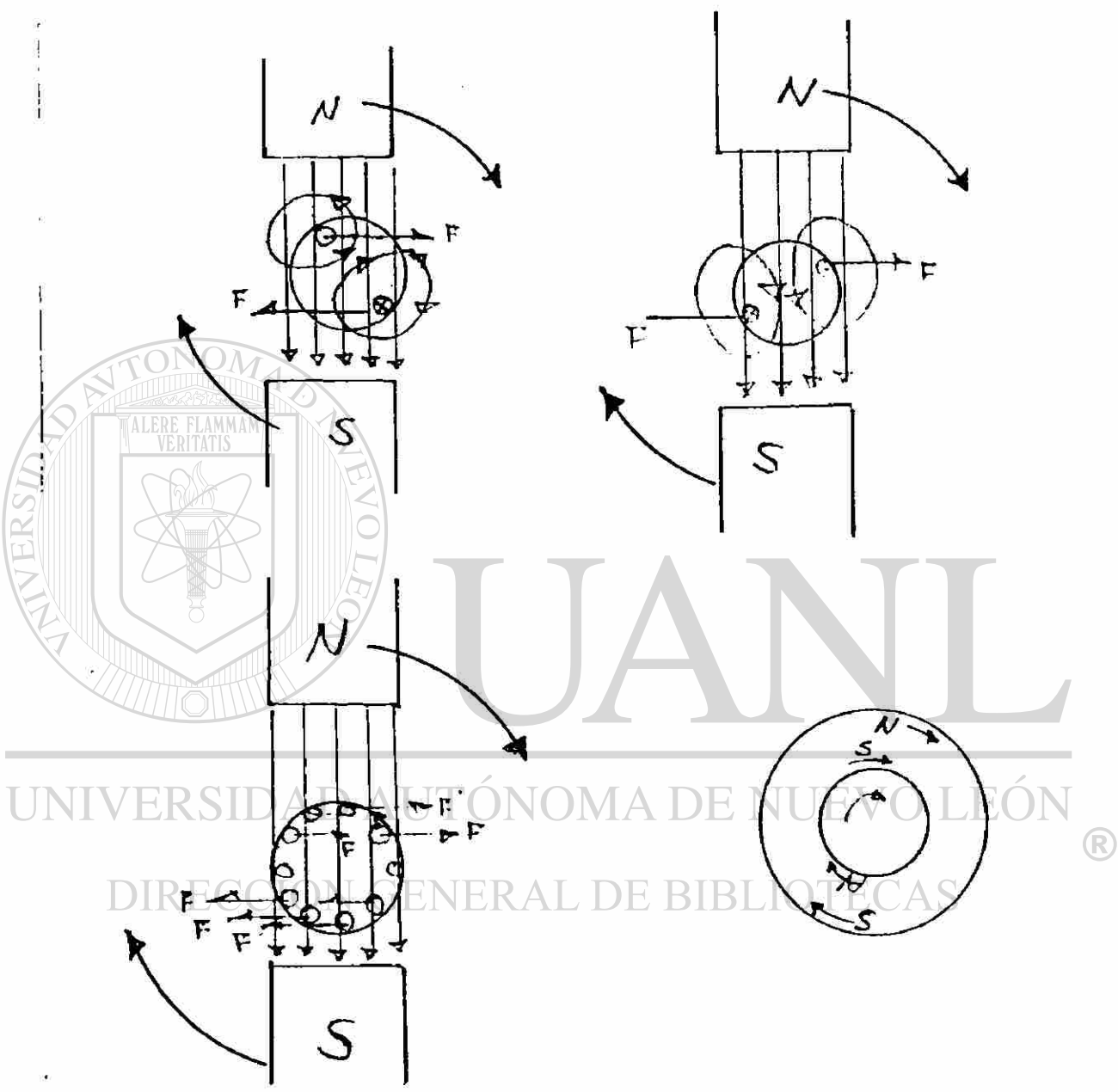
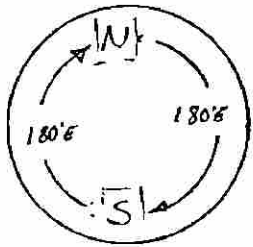
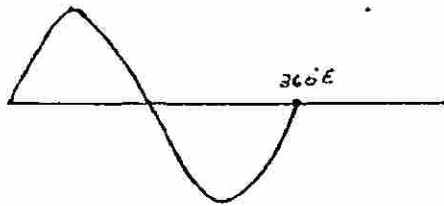


FIGURA 1.3 CORRIENTE Y FUERZAS INDUCIDAS EN EL ROTOR BAJO LA ACCION DE UN CAMPO GIRATORIO.

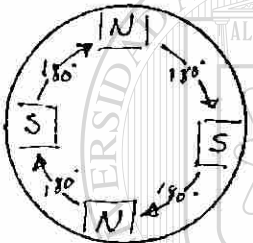


P = 2 polos

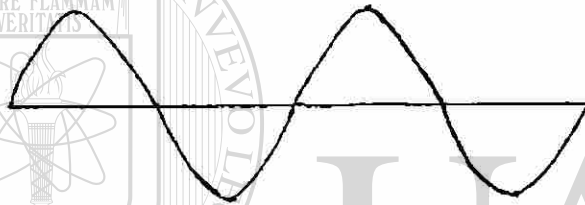


Para 2 polos una revolución en 1 ciclo de CA (360°E)

$$\frac{2}{P} = \frac{2}{2} = 1 \frac{\text{rev}}{\text{ciclo}}$$



P = 4 polos



Para 4 polos una rev. en 2 ciclos de CA (2 X 360°E)

$$\frac{2}{P} = \frac{2}{4} = 1/2 \frac{\text{rev}}{\text{ciclo}}$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

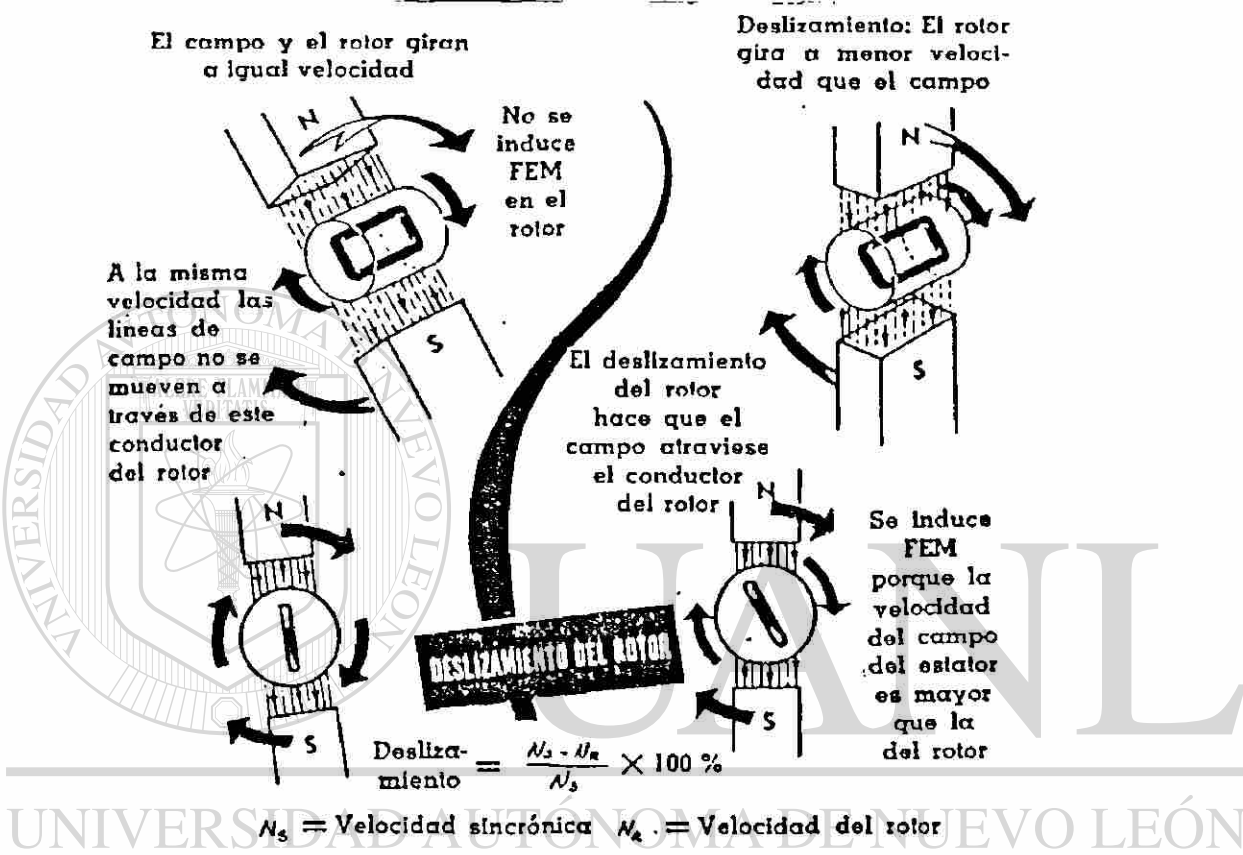
En general por cada ciclo de CA hay 2/P revoluciones

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

$$\frac{\text{rev}}{\text{ciclo CA}} = 2/P$$

$$N_s = f \left( \frac{\text{ciclos/ca}}{\text{seg}} \right) \frac{2}{P} \left( \frac{\text{rev}}{\text{ciclo ca}} \right) \left( \frac{60 \text{ seg}}{\text{min}} \right)$$

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



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

FIGURA 1.4 EL DESLIZAMIENTO

$$S = \frac{NS - NR}{NS}$$

NS = VELOCIDAD SINCRONICA

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

F = FRECUENCIA EN HZ

P = # POLOS

$$NR = NS (1 - S)$$

## PARTES MECANICAS

Todas las máquinas eléctricas deben tener 2 elementos indispensables, el flujo magnético y los conductores que conducen corriente. En el motor de inducción el flujo se produce por la parte exterior el estator, mientras que la parte interna giratoria de la máquina, el rotor, es su armadura.

**EL ESTATOR.** Es la parte estacionaria de un motor de inducción, y consiste de laminaciones cilíndricas de hierro ranuradas, que son colocadas en una armazón o carcaza. La razón por la cual el estator debe ser laminado, es para circuitar evitar las corrientes parásitas (de Foucault) en el hierro, que giran paralelas a los conductores y que originan pérdidas. No obstante, las corrientes de

Foucault aparecen en las laminaciones sencillas y producen pérdidas de calor, las pérdidas por corrientes de Foucault dependen de la densidad de flujo, del número de ciclos magnéticos por segundo, el espesor de las laminaciones y la calidad del hierro. El devanado del estator se hace colocándolo en las ranuras y secado en un horno, esto para que el devanado quede adecuadamente aislado, después de eso está listo para ser colocado el estator dentro de la carcaza o armazón del motor. En la figura 1.4 se muestra la carcaza de un motor y su estator antes de ser colocado, en la figura 1.5 se muestra la carcaza de un motor con su estator ya debidamente colocado.

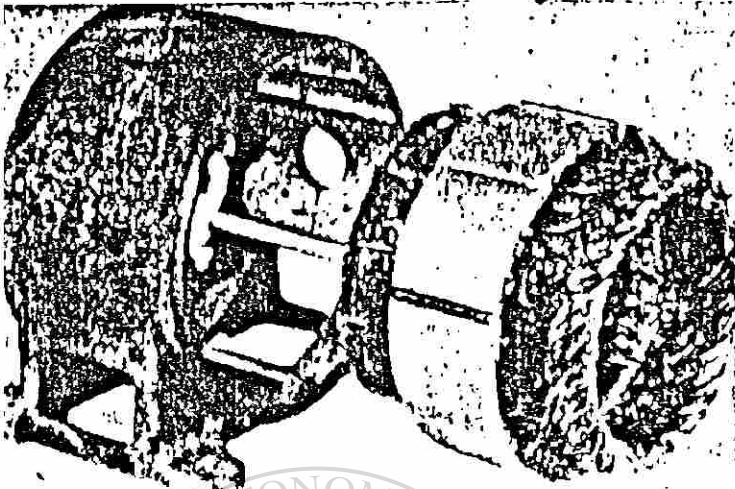
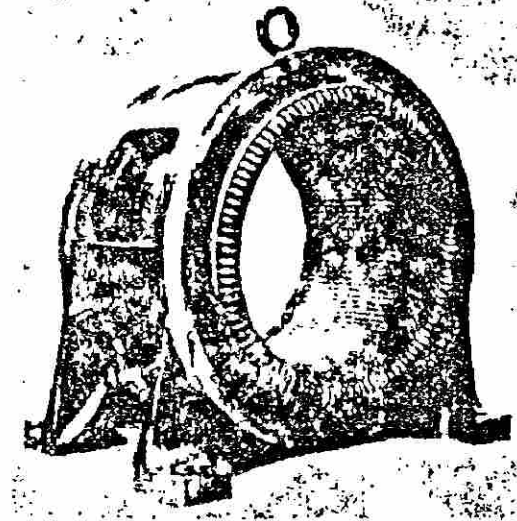


FIG. 1.4



Estator completo de un motor de inducción de tamaño med

Fig. 1.5

EL ROTOR. En general hay dos tipos de construcción para el rotor de un motor de inducción: el jaula de ardilla y el rotor de fase devanada. En ambos casos se emplea hierro laminado y ranura, que es colocado a presión sobre una flecha, una manera muy común de

construir la jaula de ardilla es colocar el hierro ensamblado en un molde y vaciar el material conductor fundido dentro de las ranuras.

En las terminales de las barras hay unos anillos que corto circuitan las barras en ambos lados. La fig. 1.6 muestra un rotor de jaula de ardilla, en el que se pueden apreciar los anillos de las terminales y las barras.

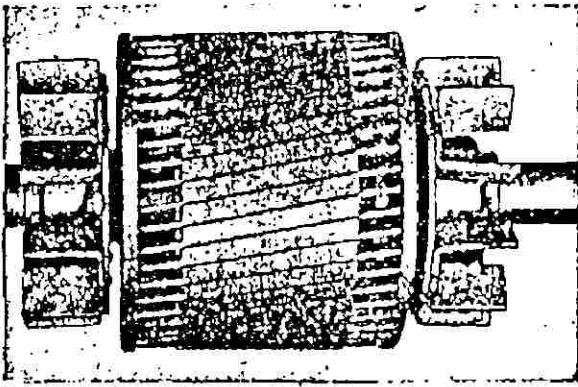


Fig. 1.6

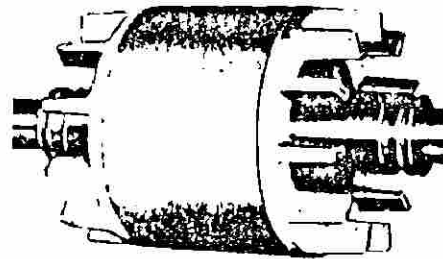


FIGURA 1.7

El rotor de fase devanado se emplea cuando es necesario controlar la velocidad del motor o proporcionar a la máquina un alto par de arranque.

Un devanado aislado similar al usado en el estator es colocado en las ranuras del rotor, y las terminales del devanado son conectadas a los anillos rodantes. Para controlar la velocidad y el par de arranque los anillos se conectan a reostatos mediante escobillas.

La fig. 1.8 muestra un rotor de este tipo.

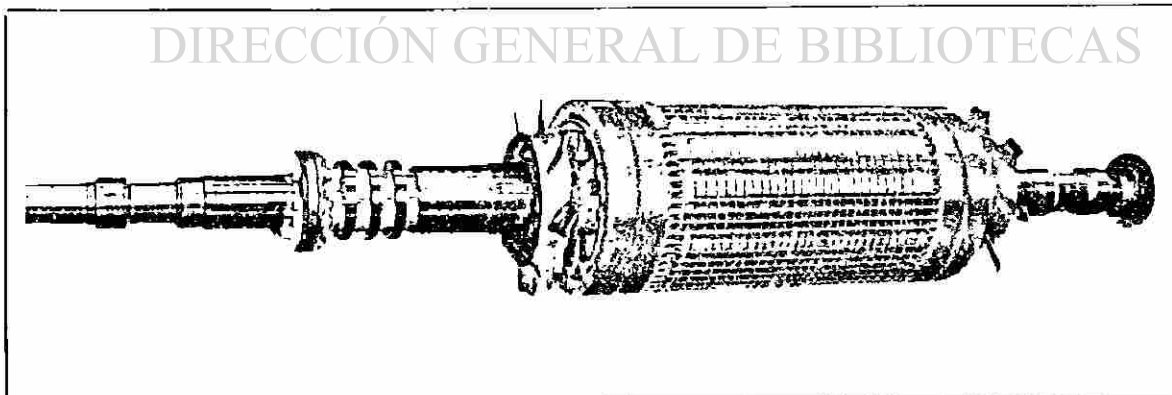
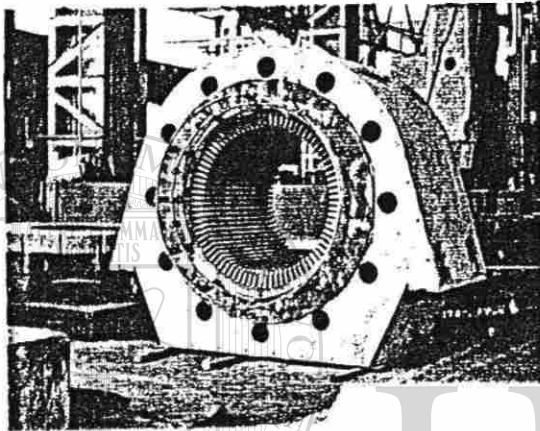


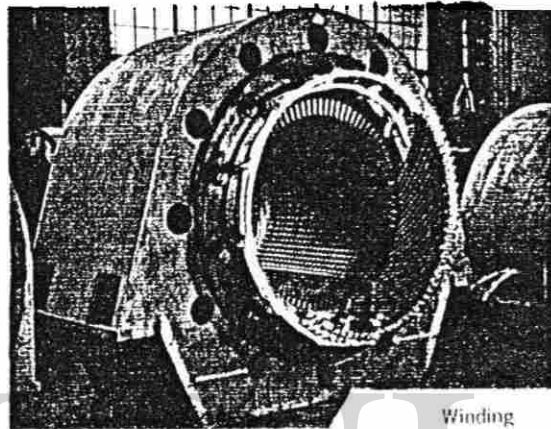
FIG. 1.8 Rotor de fase devanada para motor de inducción de alta velocidad.

SECUENCIA DE OPERACIONES EN LA FABRICACION DE GRANDES MOTORES DE INDUCCION DE ROTOR DEVANADO.

STATORS



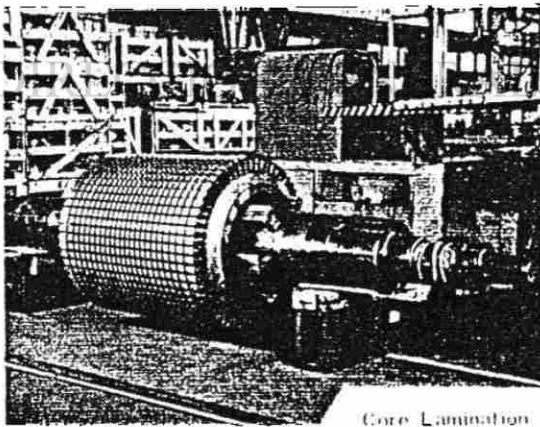
NUCLEO DE LAMINACIONES  
LAS LAMINACIONES SON ENSAMBLADAS  
EN LA CARCASA (FRAME)



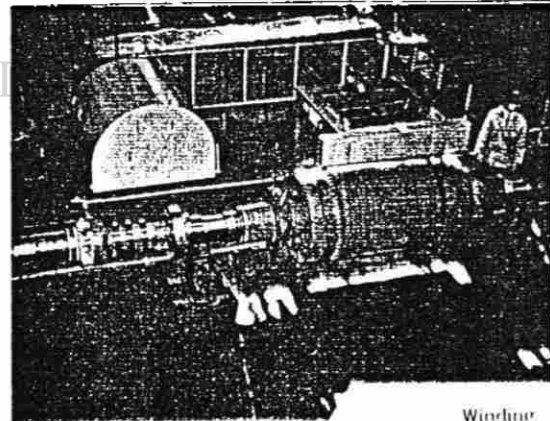
EMBOBINADO  
LAS BOBINAS SON INSERTADAS EN  
LAS RANURAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

ROTORS

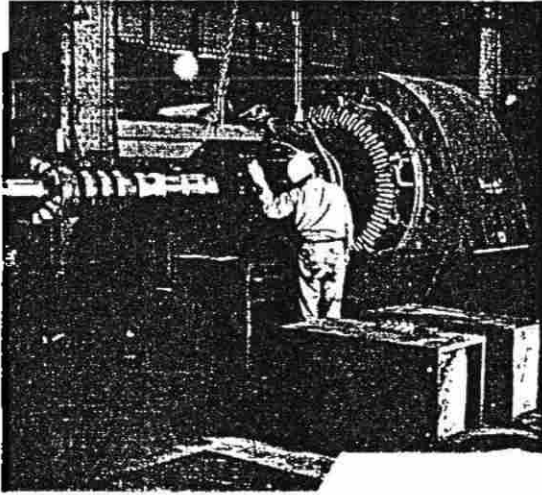


NUCLEO DE LAMINACIONES DEL ROTOR  
LAS LAMINACIONES SON ENSAMBLADAS EN  
LA FLECHA (SPIDER)

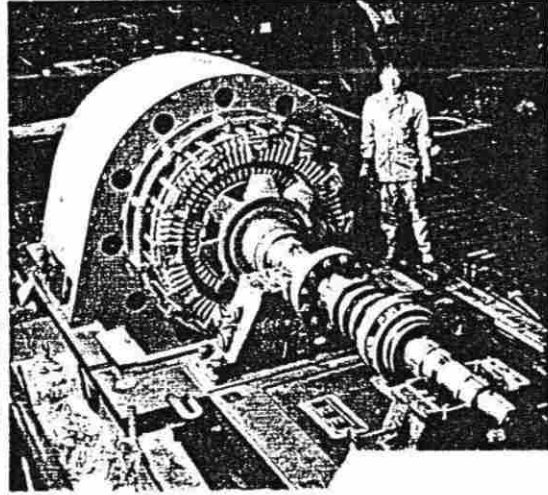


EMBOBINADO DEL ROTOR  
LAS BOBINAS SON INSERTADAS EN  
LAS RANURAS, EL EMBOBINADO ES  
ZUNCHADO (binding wire)

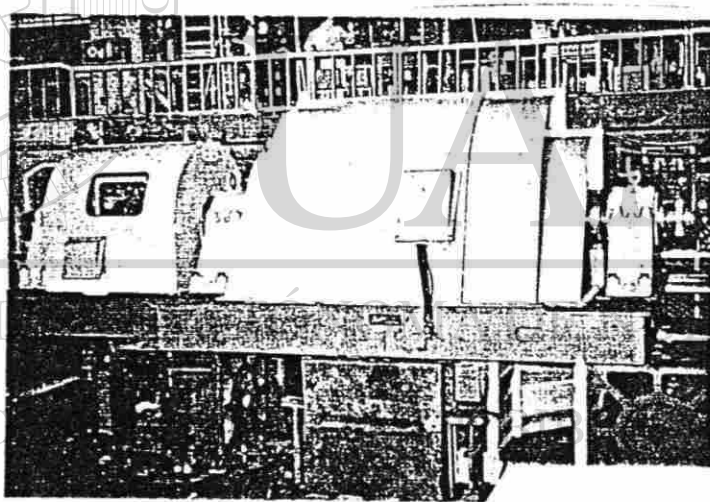




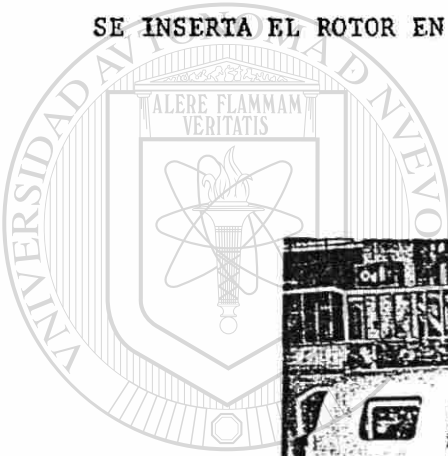
SE INSERTA EL ROTOR EN EL ESTATOR



PRUEBAS E INSPECCION MECANICAS



PRUEBAS E INSPECCION ELECTRICAS



UNIVERSI

DIREC

UANL

VO LEÓN

ECAS



## CAPITULO 2

### DEVANADOS DE C.A. POLIFASICOS.

Los motores polifásicos de inducción tienen dos devanados, uno en la parte móvil o rotor. El devanado del estator está empotrado en ranuras en la superficie interna de la armazón de la máquina. El devanado del rotor puede ser de dos tipos de fase devanada o de jaula de ardilla. En la máquina jaula de ardilla el devanado del rotor consiste de barras de cobre o aluminio empotradas en ranuras en la carcasa de hierro del rotor y conectadas juntas en cada terminal por un anillo de aluminio o de cobre. El rotor de fase devanada es similar al devanado de un estator, las terminales libres del devanado son conectadas a los anillos deslizantes.

A) Dos conductores hacen una espira. Las espiras colocadas tan íntimamente juntas que todas están enlazadas por el mismo flujo forman una bobina. De tal manera que hay bobinas de una espira y de múltiples espiras.

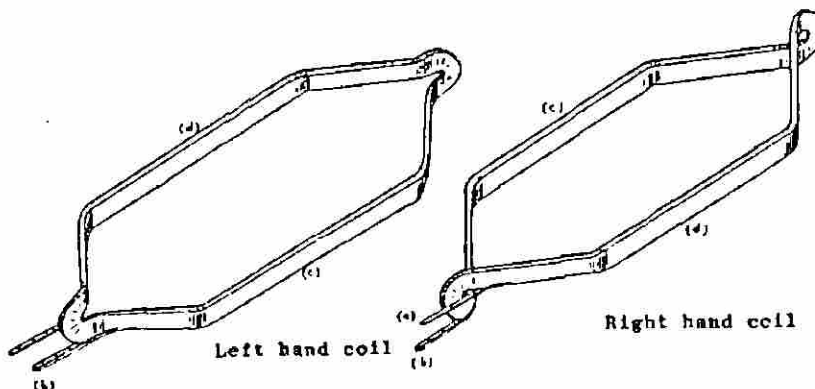


FIGURA 2.1 BOBINA ROMBOIDAL (FORMA DE DIAMANTE)

- B) Los Devanados polifásicos generalmente son de doble capa  $Q=$   
 $\#$  bobinas =  $\#$  ranuras. Dos extremos de bobina por cada ranura.

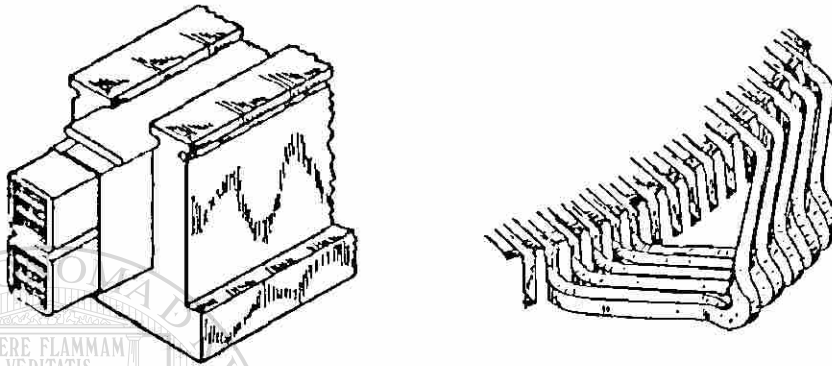


FIGURA 2.2 DEVANADO DE DOBLE CAPA

- C) Los devanados polifásicos de una sola capa, con un lado de bobina en la ranura, se usa en motores de inducción pequeños pero muy raramente en los estatores de estos motores.

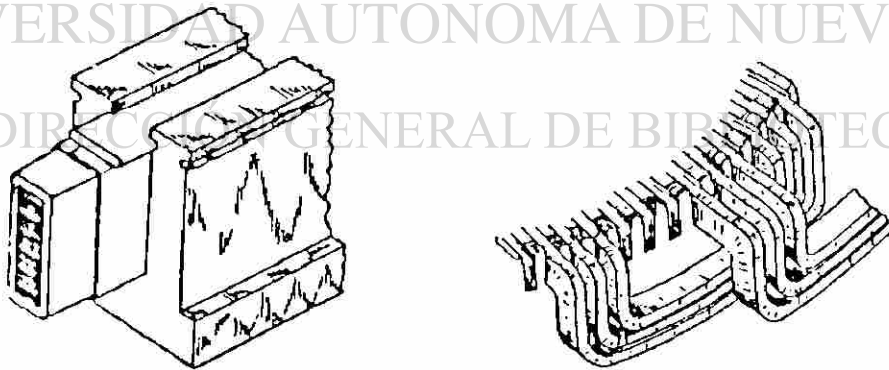


FIGURA 2.3 DEVANADO DE UNA CAPA

Los arrollamientos polifásicos pueden ser del tipo imbricado o bien on  
dulado. El arrollamiento polifásico ondulado se usa principalmente —  
en rotores devanados de tamaño mediano y motores de inducción grandes.

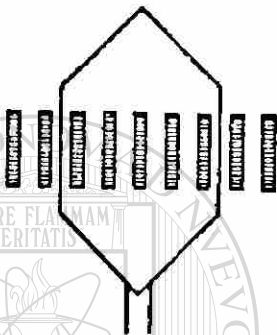


FIG. 2.4 DEVANADO IMBRICADO

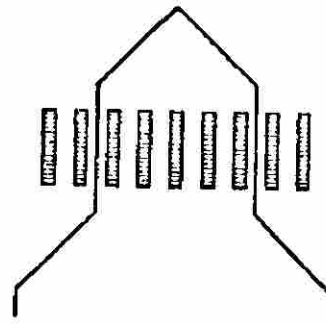


FIG. 2.5 DEVANADO ONDULADO

Los arrollamientos polifásicos están arreglados en grupos de 2 ó más bo  
binas sencillas. Hay un grupo por polo y por fase, por esto al grupo —  
se le llama grupo polo-fase. El número total de grupos es aparentemen-  
te igual al número de fases por el número de polos.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS  
Números de grupos polo-fase =  $mP$  ( $m$  es número de fases). El grupo polo  
fase determina el número de trayectorias en paralelo del arrollamiento.  
El número de bobinas sencillas del grupo polo-fase se designará por  $q$ ,—  
de manera que el número total de ranuras estará dado por:

$$Q = q m p$$

Un grupo polo-fase es la unidad básica del arrollamiento de C.A.  
(DETERMINA EL NUMERO DE TRAYECTORIAS EN PARALELO)

En un arrollamiento de 2 capas: todas las bobinas tienen el mismo claro de bobina.

"El máximo número de trayectorias en paralelo es P el número de polos."

Para 2 polos  
deben haber 2 grupos por cada fase  
en 3 fases = 6 grupos

en cada fase  
# grupos = # P.

Grupos =  $m \times p = G.P.F.$

M = # fases

p = # polos

$$q = \frac{\text{bobinas}}{\text{grupo}}$$

Q = # bobinas = # ranuras  
(para doble capa).

$$q = \frac{Q}{m \times p}$$

$Q = 6$  Ranuras = 6 Bob.  
 Doble capa  
 $m = 3 \phi$   
 $p = 2$  polos

Grupos =  $m \times p = 6$  grupos  
 $q = \frac{6}{6} = 1 \frac{\text{bob}}{\text{Grupo}}$

$$\tau = \frac{Q}{p} = \frac{6}{2} = 3 \frac{\text{Ran.}}{\text{Polo}}$$

$$w = 3 \text{ Ran} \quad w = \tau$$

$$\alpha_s = \frac{(180)(p)}{\phi} = \frac{(180)(2)}{6} = 60^\circ \text{ e/Ran}$$

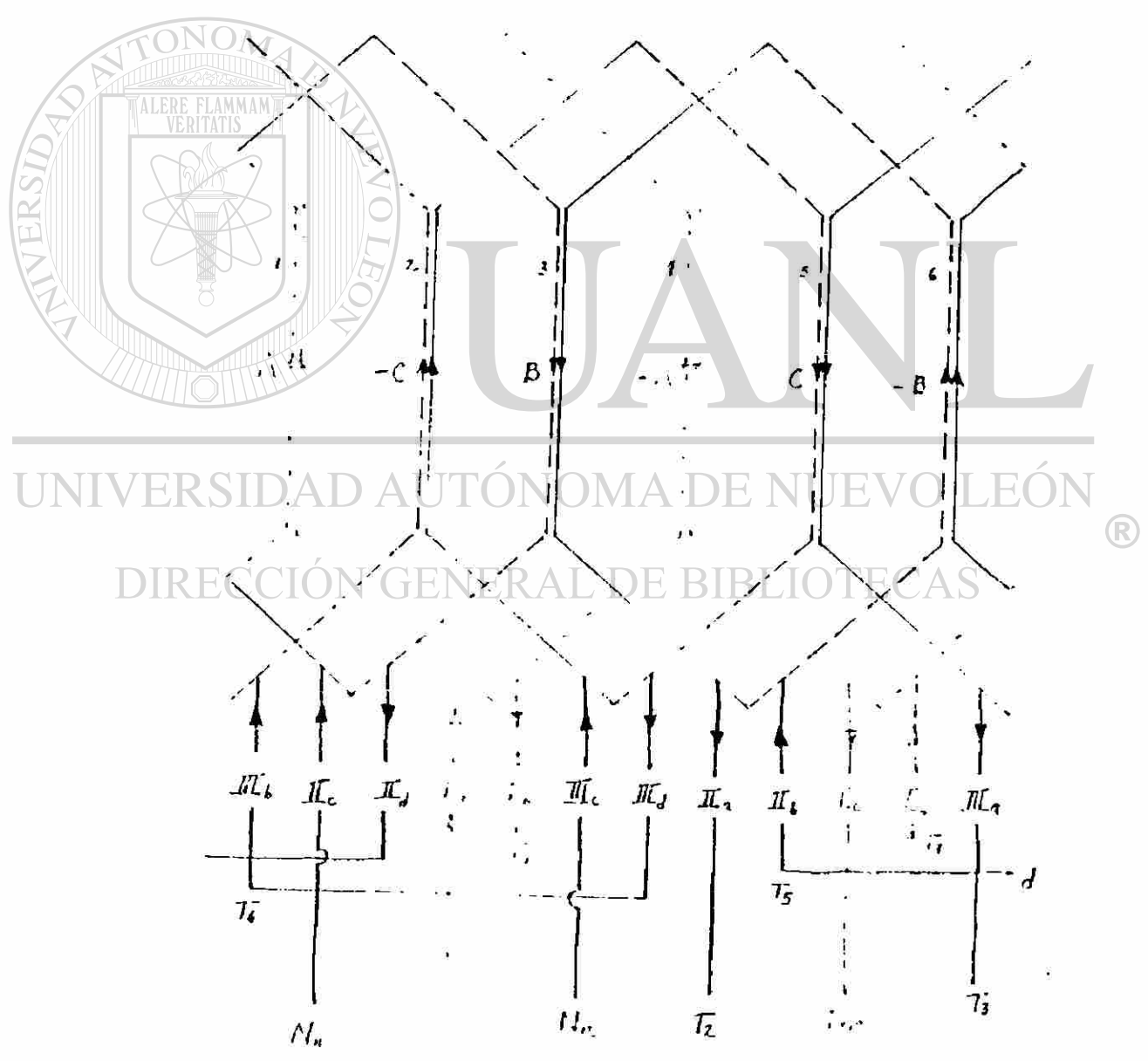


Fig. 2.6 Devanado trifasico, Q=6 ranuras, P=2 Polos, doble capa

Devanado de ranura integral (o congruente)  $q =$  número entero

Devanado de ranura fraccional (ó no congruente)  $q =$  número fraccional

Claro de bobina =  $w$  (ó espaciamento de bobina)

$$\text{paso polar} = \tau = \frac{Q}{P} = \frac{\pi D}{p}$$

devanado de paso completo  $\tau = w$  (paso diametral, no acortado)

devanado de paso fraccionario  $w < \tau$  (acortado)

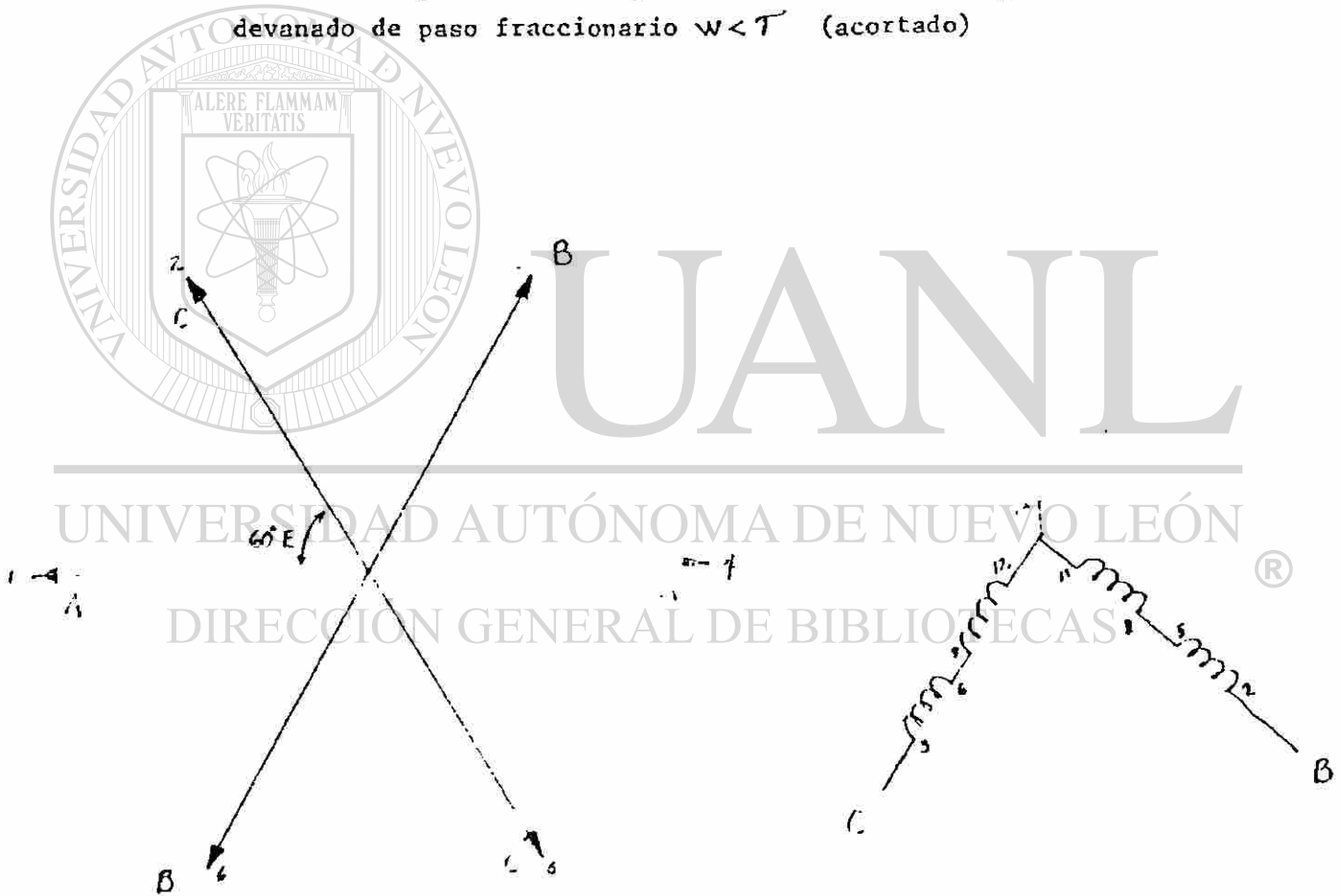


Fig. 2.7 Estrella de ranuras fasorial.

Fig. 2.8 Conexión estrella simple

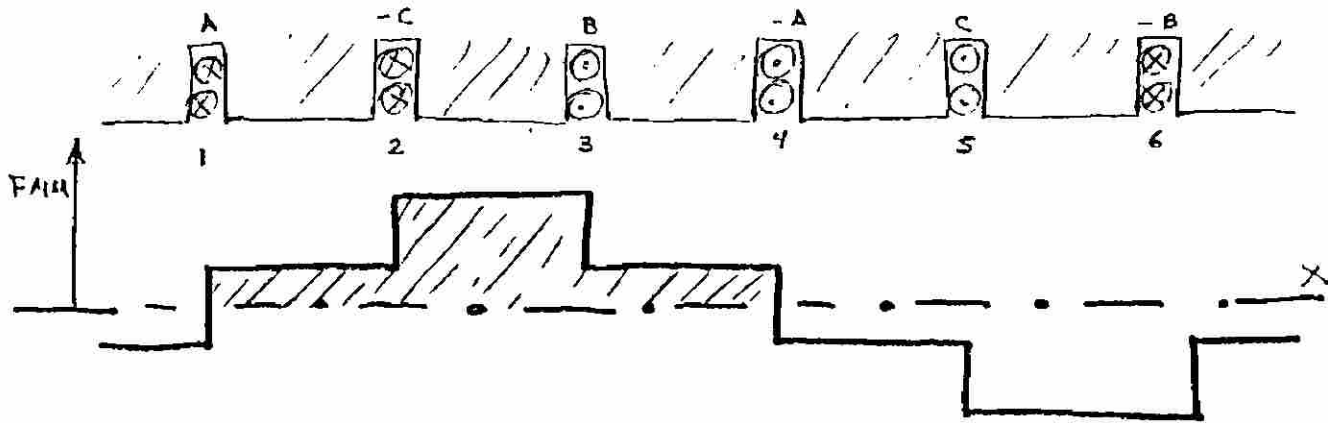


Fig. 2.9 Curva de la FMM del devanado del ejemplo anterior  
( $Q=6$ ,  $P=2$ , doble capa)

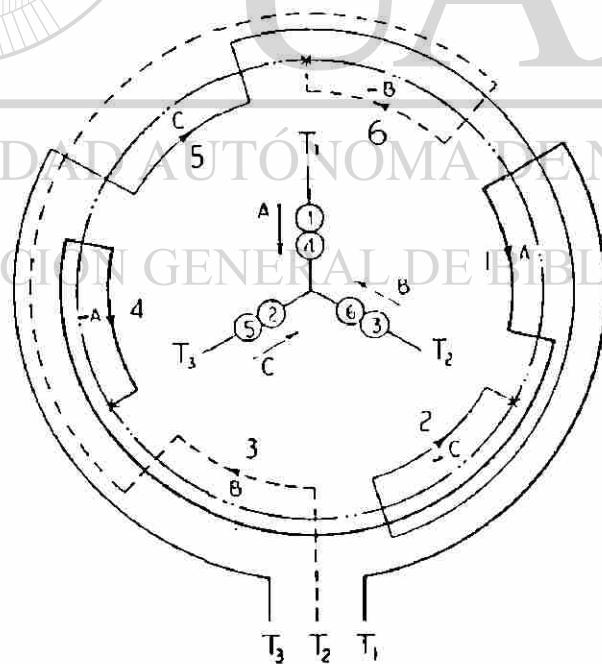
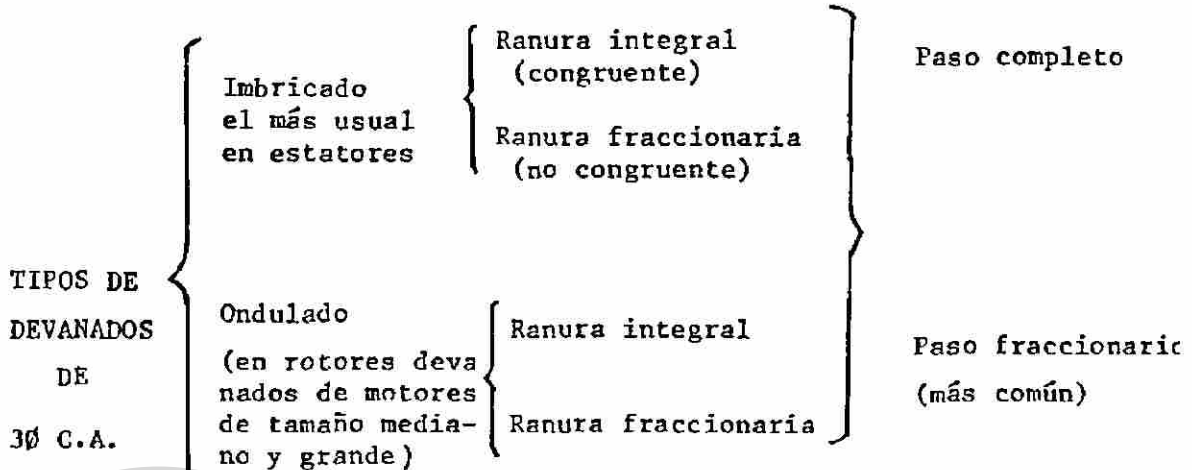


Fig. 2.10 Diagrama esquemático circular (3 fases, 2 polos con-  
exion en estrella simple)



TIPOS DE DEVANADOS



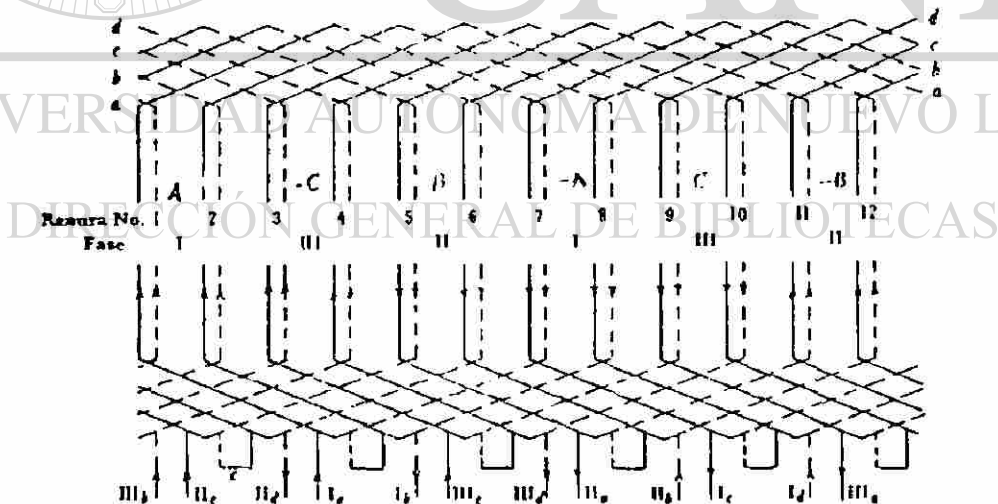
Por su velocidad

Rotores

- Polo consecuente (2 velocidades)  
(relación 2 a 1)
- Modulación de polos (de 2 velocidades)  
(cualquier relación)
- Jaula ardilla
  - Jaula simple
  - Doble jaula
  - Jaula de barra profunda

Arrollamiento Polifásicos Imbricados. La figura 2.11 muestra un arrollamiento imbricado de dos polos, 3 fases, 2 capas, colocado en 12 ranuras. El número de ranuras por polo y por fase es  $q = 2$ . Si se asignan las ranuras 1 y 2 a la fase I, las ranuras 3 y 4 deberán asignarse a la fase III, las ranuras 5 y 6 a la fase II, las ranuras 7 y 8 de nuevo a la fase I, etc., la razón de la secuencia I, III, II -- es la siguiente.

Considerando la bobina del lado superior en la ranura 1, el lado interior de la bobina se coloca en la ranura 7, la distancia entre ambos lados de la bobina, el claro de la bobina es  $7 - 1 = 6$  ranuras de paso. Hay 12 ranuras y 2 polos, o sea 6 ranuras por polo, así que el claro de la bobina es igual al paso polar.



Arrollamiento imbricado trifásico, 2 polos, 2 capas, con dos ranuras por polo y por fase. Bobina múltiple

Fig. 2.11

Todas las bobinas tienen el mismo claro de bobina, y todas las conexiones se colocan en el mismo extremo del arrollamiento. Considerando las bobinas en el extremo opuesto a las conexiones, el lado superior de la bobina 1 se conecta con el lado inferior de la bobina  $1 + 6 = 7$ ; el lado superior de la bobina 2 con el lado inferior de la bobina  $2 + 6 = 8$  y así sucesivamente. En éste caso se supone que la bobina tiene más de una espira, los conectores cortos C en la conexión final conectan la última espira de la primera bobina de un grupo con la primera espira de la segunda bobina del mismo grupo.

Cada fase tiene 2 grupos bobina, la fase I consiste en grupos bobina que finalizan en Ia, Ib e Ic, Id, igual ocurre en las fases II y III. En cada caso, a ó c representan el principio de un grupo bobina, y b ó d su final.

Los principios y los finales de las tres fases deben estar desplazadas entre sí  $120^\circ$  eléctricos, o sea que la Ia, IIa y IIIa están desplazados entre sí  $120^\circ$  eléctricos. Una máquina de dos polos corresponde a  $360^\circ$  eléctricos, por lo tanto ya que un paso de ranura es igual a  $360/12$  ó bien  $30^\circ$  eléctricos los principios de la 3 fases deben estar des-

plazadas entre sí  $120/30 = 4$  ranuras, es por eso que si se toma la ranura 1 como el principio de la fase I, entonces la fase II deberá empezar en  $1 + 4 = 5$  y la fase III en  $5 + 4 = 9$ , entonces Ia, IIa y IIIa son los principios de las tres fases, pero Ic, IIc y IIIc pueden tomarse también como los principios de la 3 fases ya que también están desplazados por 120 grados eléctricos. Nótese que es el desplazamiento de los principios de la fase en  $120^\circ$  eléctricos el que hace la secuencia de fases I III y II.

Pueden encontrarse para cualquier instante de tiempo, la dirección de las corrientes ó bien fems en los arrollamientos para corriente directa. Las corrientes o fems en las

3 fases están desplazadas en tiempo entre sí  $120^\circ$  eléctricos.

Por ejemplo si se escoge el instante en que la corriente en

la fase I es máxima, figura 9, la corriente en las fases II

y III es la mitad de la magnitud de la corriente en la fase I

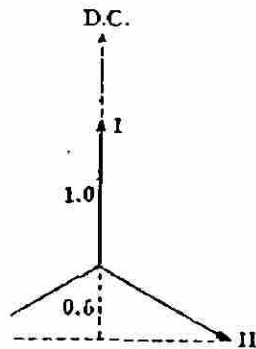
y fluyen en dirección opuesta, esto es, si en la fase I la

corriente fluye de Ia a Ib, en la fase II fluye de IIb a IIa.

En la fase III también fluye de IIIb a IIIa. En la figura

2.11 se muestran las direcciones de las corrientes para el

instante de tiempo mostrado en la fig. 2.12



Determinación de la dirección de la corriente en un arrollamiento trifásico en un instante fijo de tiempo

Figura 2.12

Para una conexión en serie de grupos bobina de una fase, tienen que conectarse dos finales de bobina que conduzcan corriente en direcciones opuestas entre sí; por otra parte una conexión en paralelo de grupos bobina, todos los finales que conduzcan corriente en la misma dirección deben conectarse juntos. Por lo tanto para una conexión en serie, Ib se conecta a Id en la fase I, I Ib a I Id en la fase II y I Ib a I Id en la fase III. Para conexión en paralelo de grupos bobina Ia se conecta a Id y Ib a Ic en la fase I; I Ia I Id y I Ib a I Ic en la fase II, etc.

$Q = 12$  Ranuras = 12 bobinas

Doble capa

$P = 2$

$m = 3\phi$

Grupos = 6

Grupos =  $m \times p$

$= (3)(2) = 6$  Grupos

$$q = \frac{Q}{mp} = \frac{12}{6} = 2 \text{ bobinas/Grupo} = 2 \frac{\text{Ran}}{\text{Grupo}}$$

$w = 6$  ranuras

$$\tau = \frac{Q}{P} = \frac{12}{2} = 6 \frac{\text{Ran}}{\text{Polo}} \quad \alpha_s = \frac{P(180^\circ)}{Q} = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ \text{E/Ran.}$$

$$\tau = \frac{6 \text{ Ranuras}}{\text{Polo}} = w \text{ (paso completo)}$$

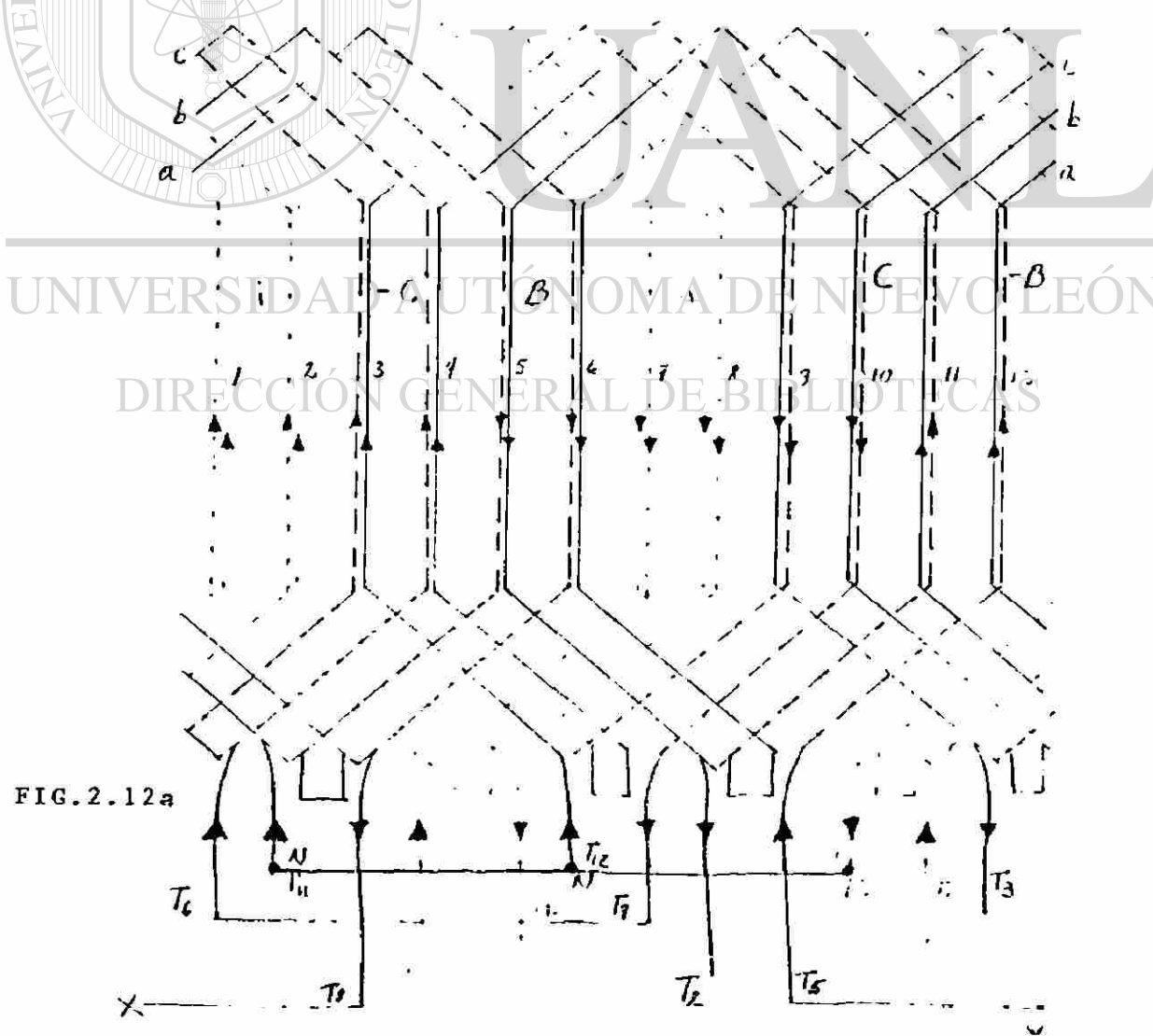


FIG. 2.12a

$Q = 12 \text{ ran} = 12 \text{ bobinas}$       Fase a I  
 $P = 2 \text{ Polos}$                               Fase b II  
 $m = 3 \varnothing$                                       Fase c III  
 Grupos =  $m \times p = 6$

$w = 6 \text{ ran}$   
 $T = \frac{Q}{p} = 6 \text{ ran.}$

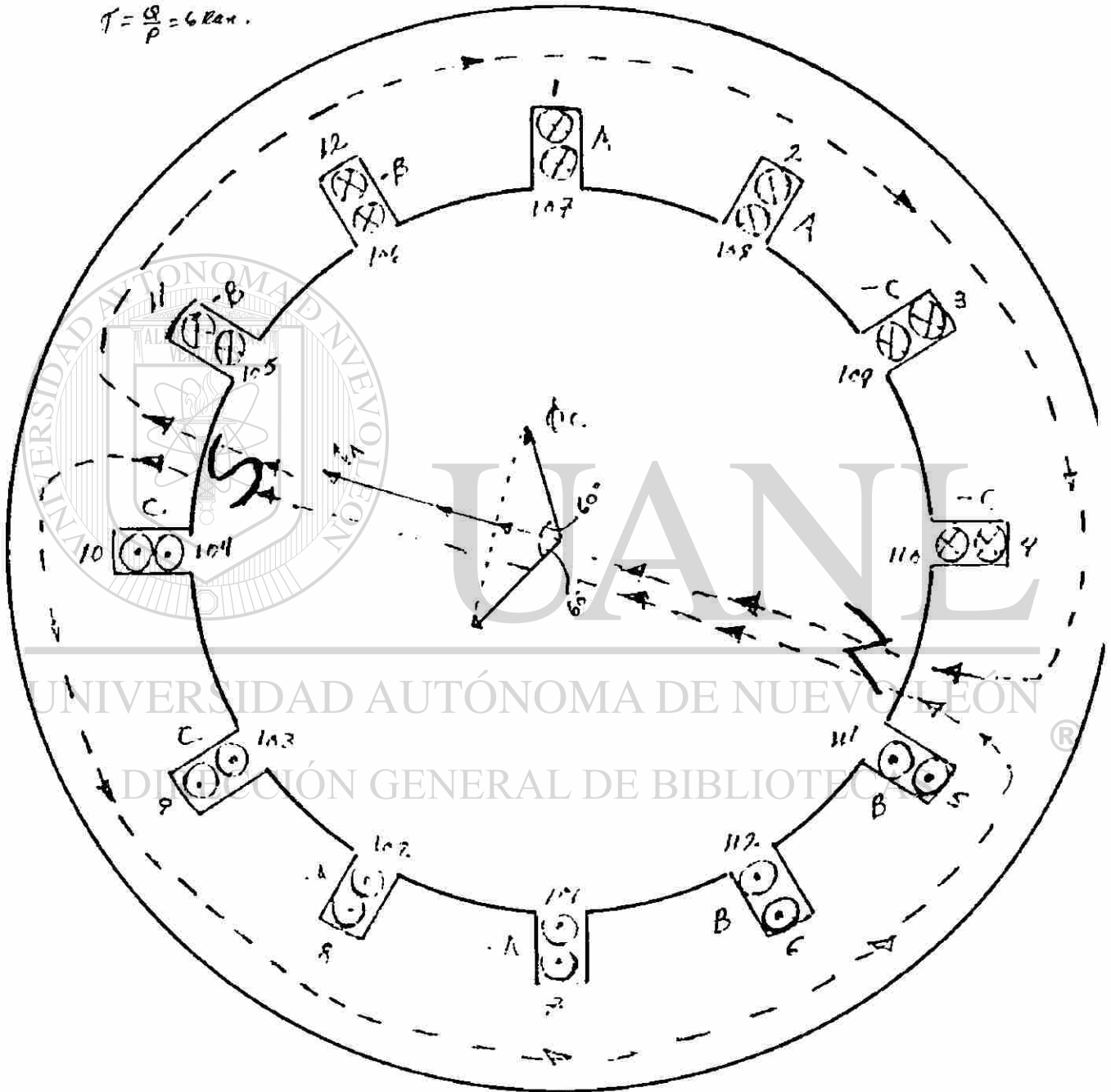


Fig. 2.13

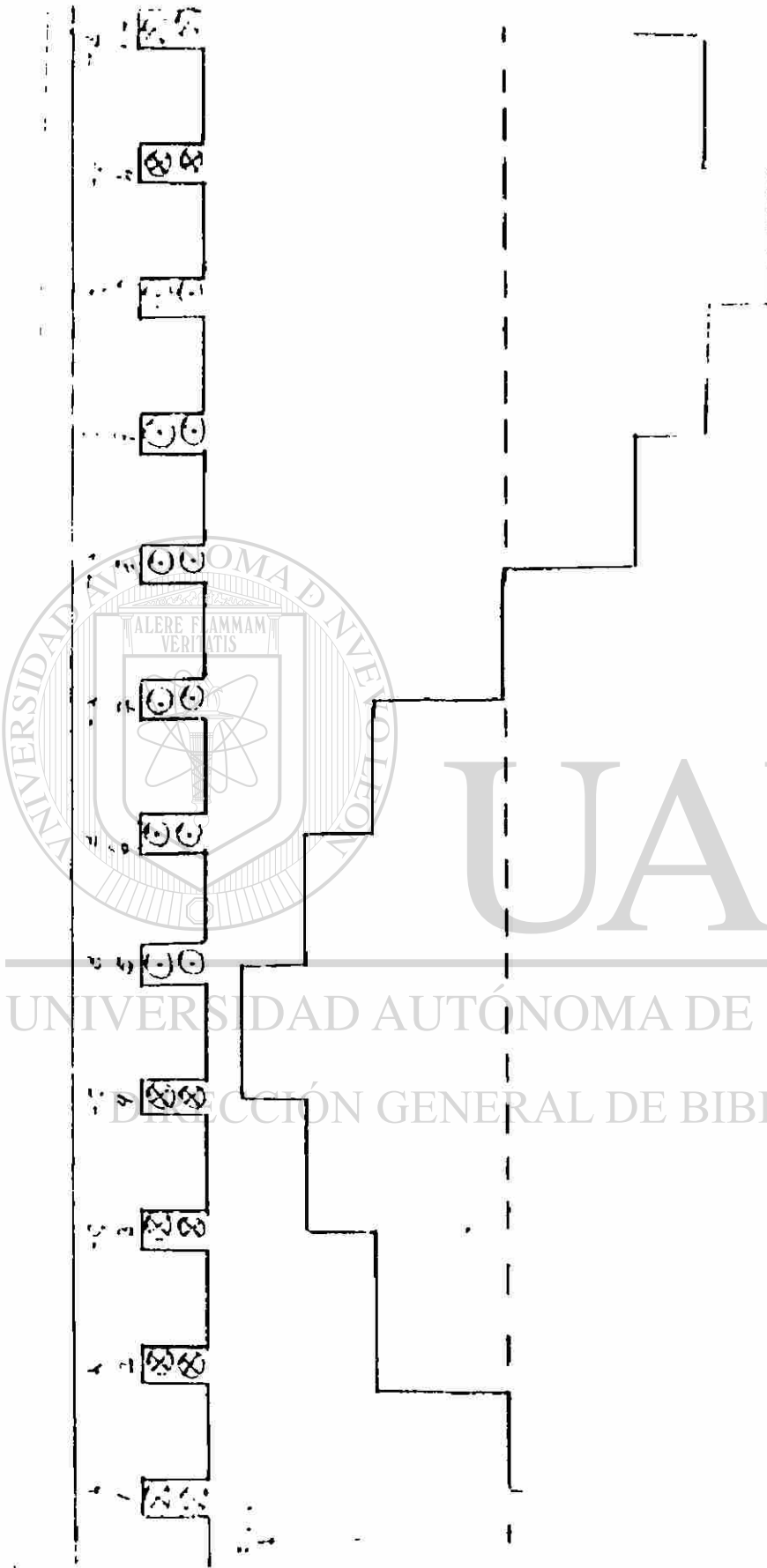
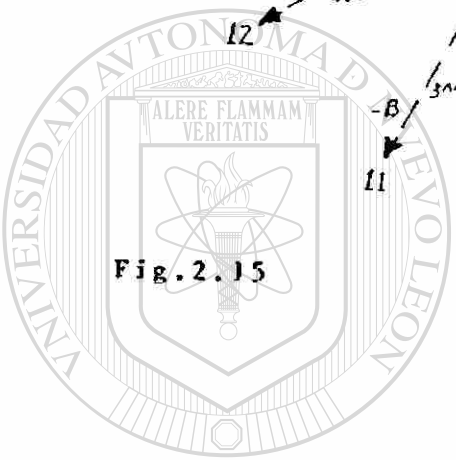
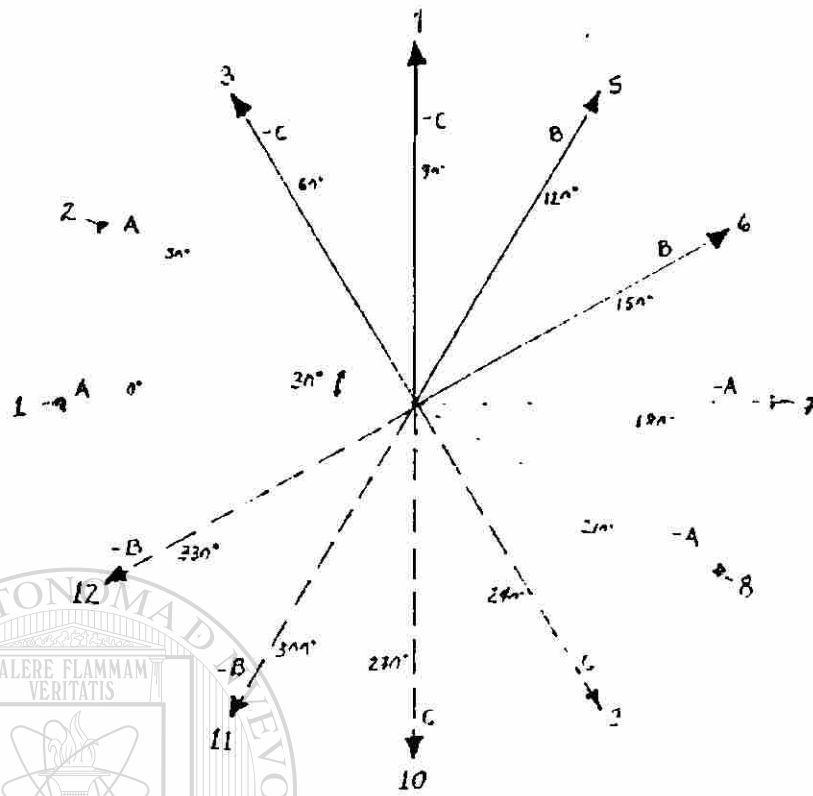


Fig. 2.14 Curva de la PMM contra la distancia X del estator para un motor de  $Q=12$  Ran  
 $p = 2$  polos,  $m = 3$  fases.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



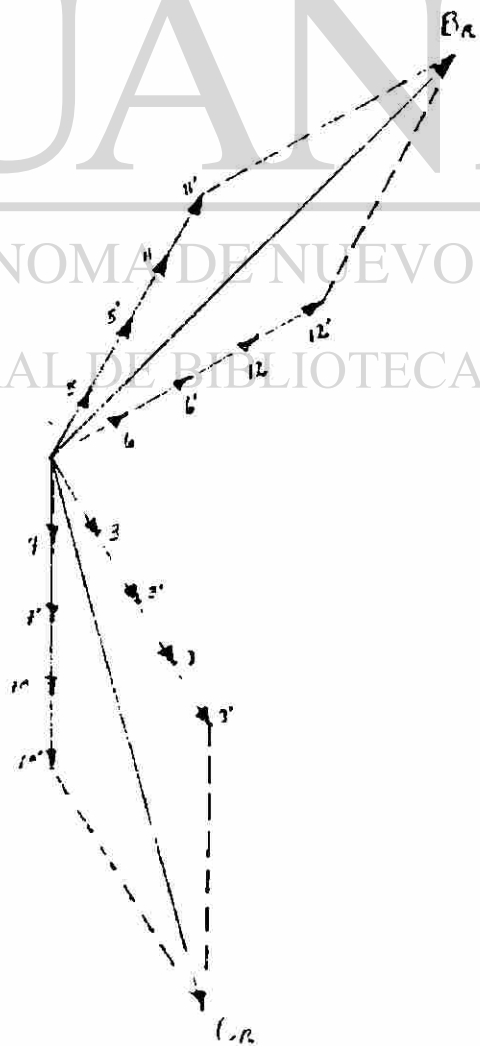


U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Fig. 2.16



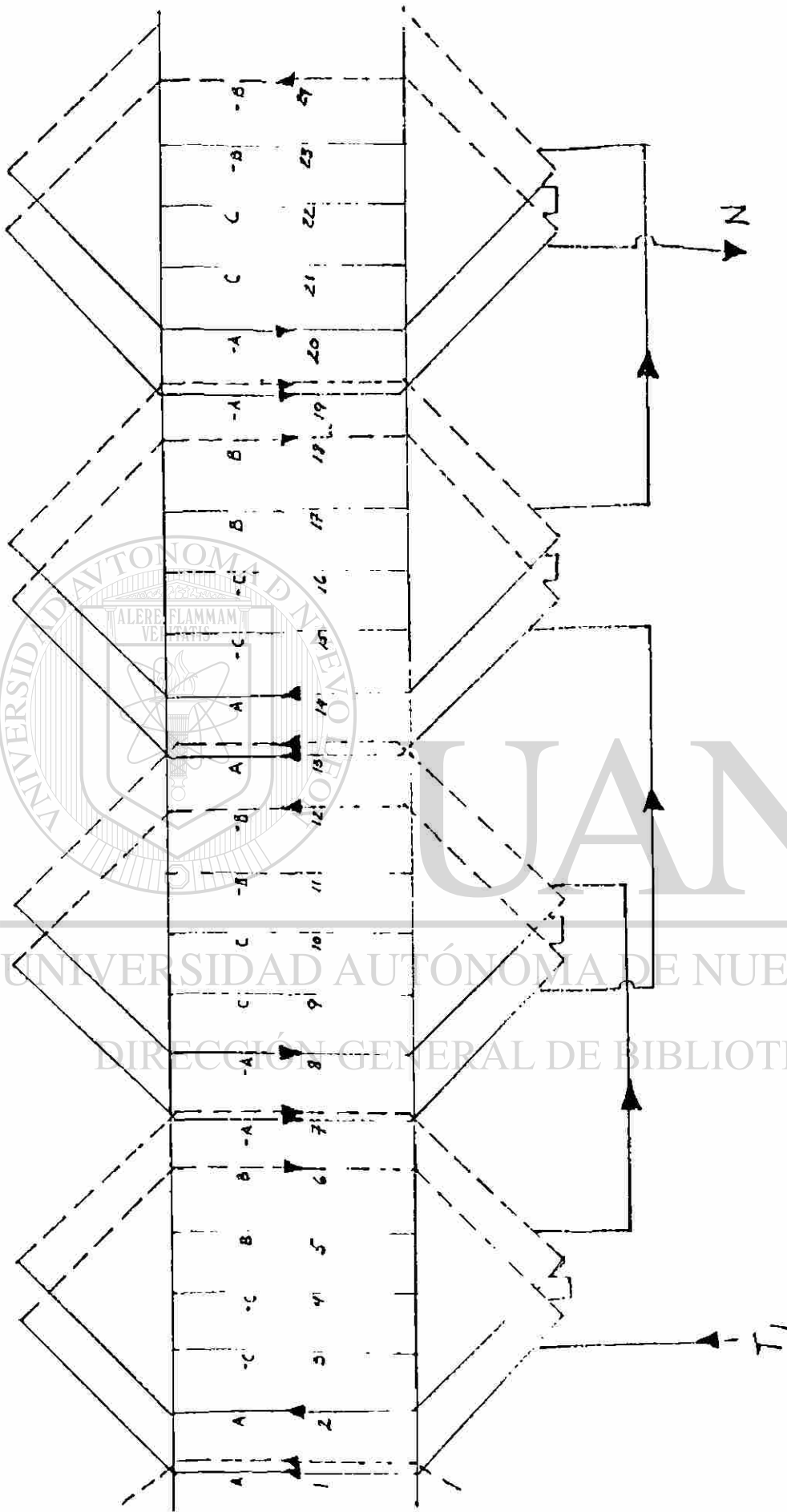


FIG. 2.17 FASE DE UN DEVANADO TRIFASICO , ENRERICADO DE PASO PARCIAL, P= 4 Polos , Q= 24 LAMBEAS

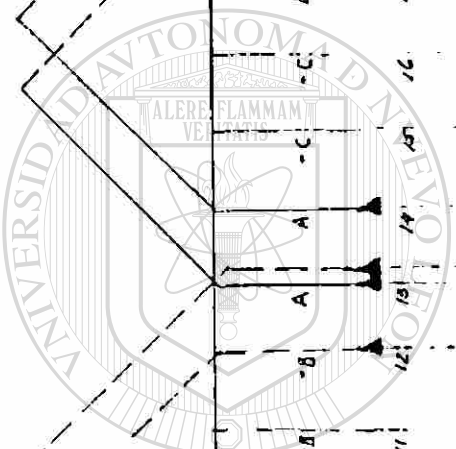
$$q = \frac{Q}{mP} = \frac{24}{(3)(4)} = 2 \frac{N_{lam}}{GPP} = 2 \frac{24}{36} = 2 \frac{24}{36} = \frac{24}{3} = 8$$

$$\frac{3}{5} = \frac{5}{6}$$

$$q = \frac{Q}{mP} = \frac{24}{(3)(4)} = 2 \frac{N_{lam}}{GPP} = 2 \frac{24}{36} = 2 \frac{24}{36} = \frac{24}{3} = 8$$

$$\alpha_e = \frac{180}{q} = \frac{180}{8} = 22.5^\circ$$

$$N = 5, T = \frac{Q}{p} = \frac{24}{4} = 6$$



U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Arrollamientos polifásicos ondualdos. La figura 2. muestra una fase de un arrollamiento ondulado trifásico de 4 polos, 2 capas, con 2 ranuras por polo y por fases; en la fig. 2. se muestra el arrollamiento completo. En este tipo de arrollamiento son necesarios un menor número de conexiones que para un arrollamiento imbricado.

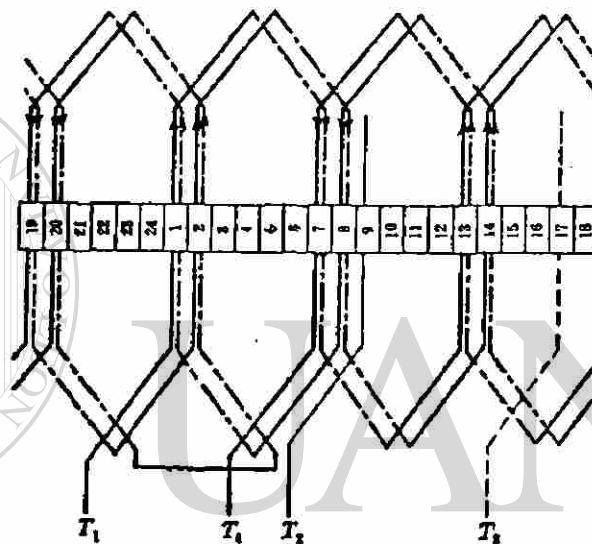


Fig. 2.18

Una fase del arrollamiento ondulado de 4 polos, 3 fases, 2 capas, con dos ranuras por polo y por fase. Bobina de una sola espira

Arrollamiento Jaula de Ardilla. Los rotores de la mayoría de los motores de inducción tienen arrollamientos Jaula de Ardilla de los motores que consisten de barras sólidas no aisladas en las ranuras, y están conectadas en cada extremo del rotor por un anillo de corto circuito.

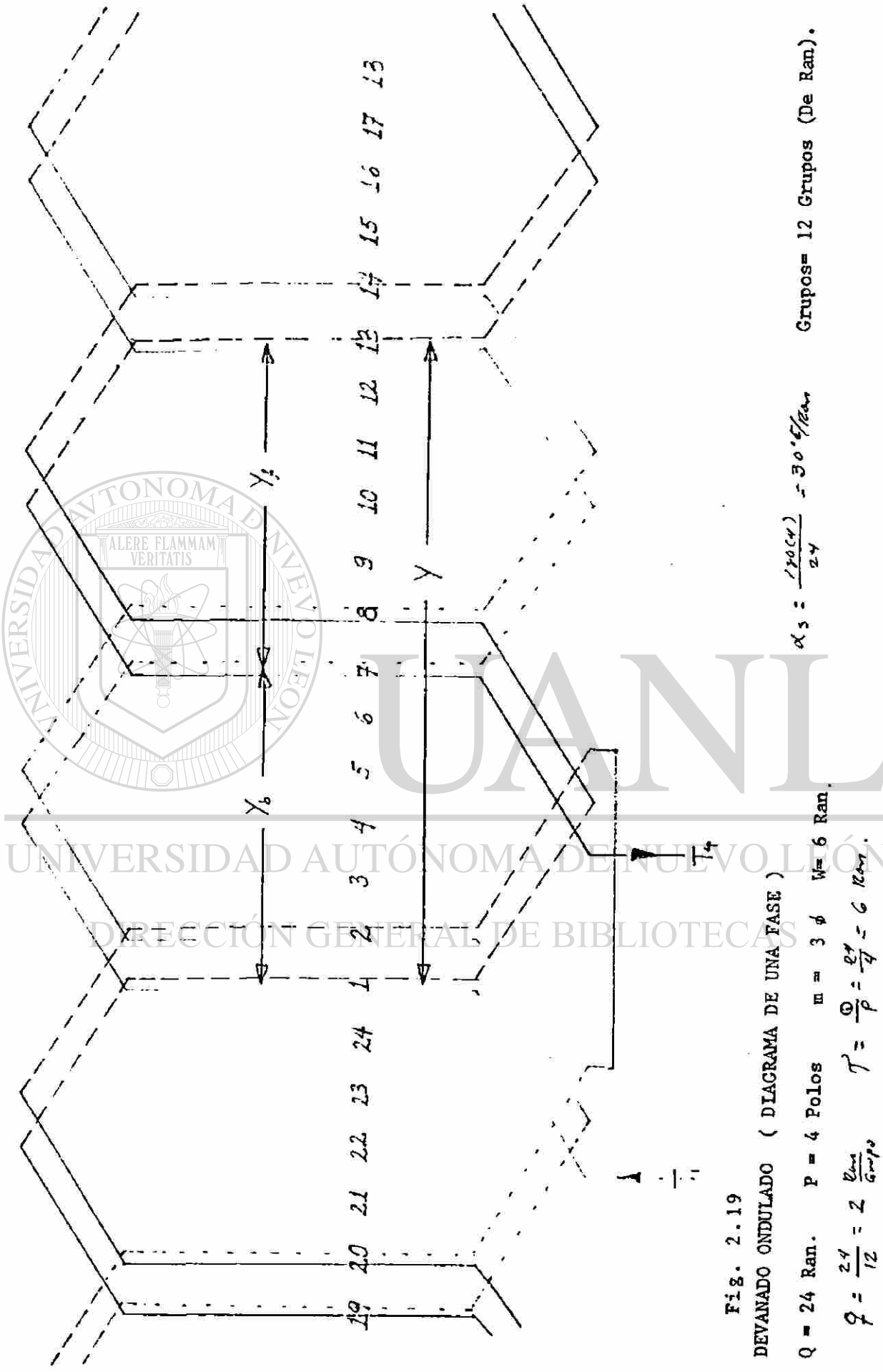


Fig. 2.19

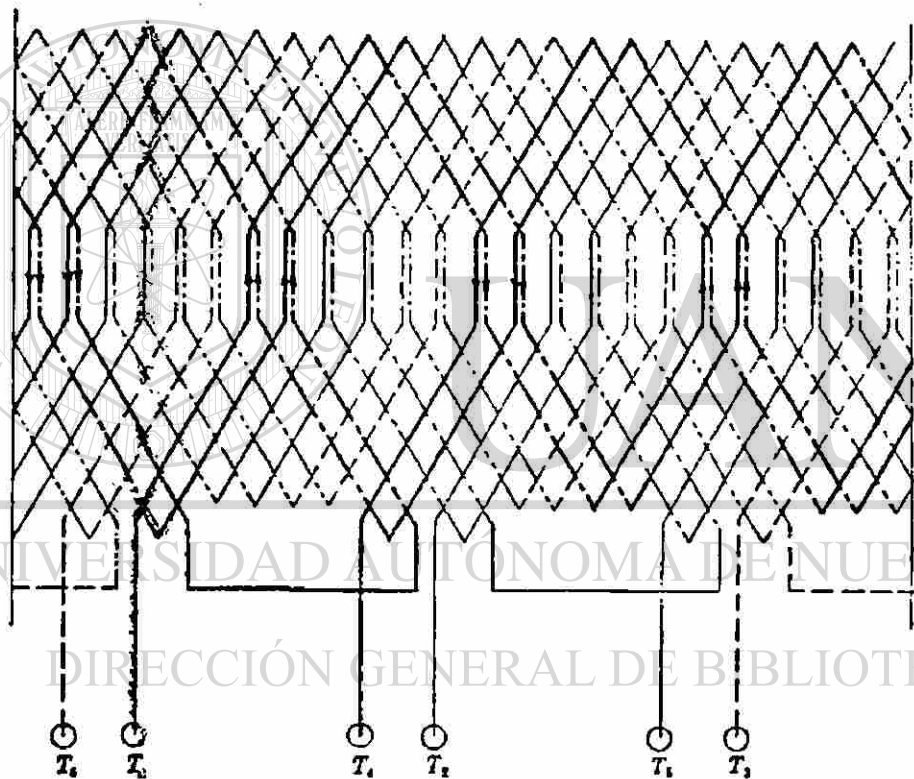
DEVANADO ONDULADO ( DIACRAMA DE UNA FASE )

Q = 24 Ran. P = 4 Polos m = 3 φ W = 6 Ran.

$$q = \frac{24}{12} = 2 \frac{W_{\text{Ran}}}{\text{Grupo}} \quad T = \frac{Q}{P} = \frac{24}{4} = 6 \text{ Ran.}$$

$$\alpha_s = \frac{120(C)}{24} = 30^\circ/\text{Ran}$$

Grupos = 12 Grupos (De Ran).



Arrollamiento ondulado trifásico de 4 polos, 2 capas, con dos ranuras por polo y por fase. Bobina de una sola espira

Fig. 2.20

### CONEXIONES Y y 2Y.

Estas conexiones se realizan en motores de inducción trifásicos que tienen sus devanados divididos y usualmente son motores diseñados para operar a cualquiera de dos voltajes, tales como 220 ó 440 volts; en tales máquinas 9 - terminales son sacadas y numeradas como se muestra en la figura 2.17. Para la operación del motor de 440 volts se - - utiliza la conexión Y conectando en serie las terminales T4 y T7, T5 y T8 juntas y T6 y T9 juntas, quedando T1, T2 y T3 como las terminales que van a la línea de alimentación. Pa - - ra la operación a 220 volts se utiliza la conexión 2Y con las terminales T4, T5 y T6 conectadas para formar un segundo pun - - to neutro, y una línea conectada a la unión de T2 y T8 y una tercera línea terminal conectada a la unión de T3 y T9.

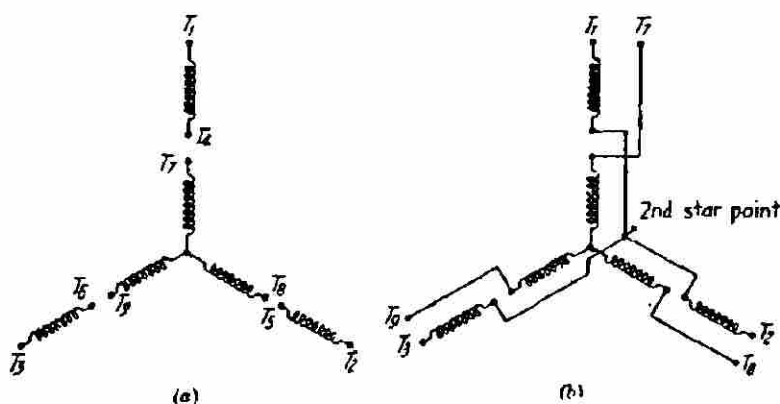


Figura 2.21'

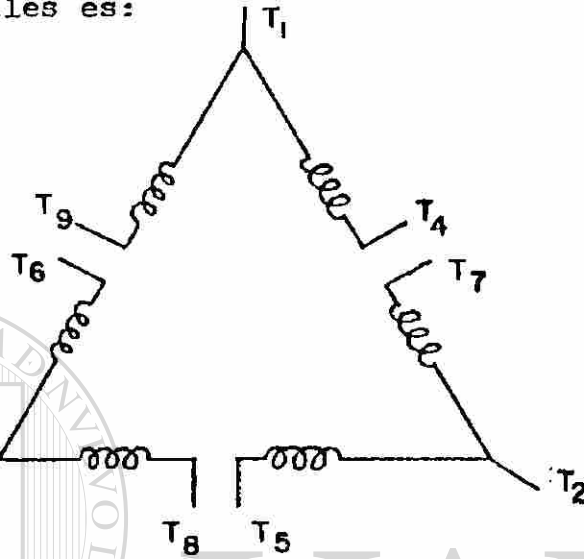
En la conexión 2Y mostrada en la fig. 2.17b las terminales T4, T2 y T6 están permanentemente conectadas formando un segundo punto neutro. Cuando el motor es arrancado, solo una sección del devanado es usada conectando T1, T2 y T3 a la fuente trifásica, por ejemplo 220 volts; después el motor se acelera hasta su velocidad, las dos secciones -- están juntas en paralelo como se explicó anteriormente.

#### CONEXIONES $\Delta$ Y $2\Delta$

En la figura 2.18 se muestra el devanado de un motor que puede conectarse en  $\Delta$  y  $2\Delta$  mostrándose la numeración standard de las terminales. Para la conexión  $\Delta$  solamente es necesario conectar las terminales T4 y T7, T5 y T8 y finalmente T6 y T9, quedando como terminales para la línea de alimentación las terminales T1, T2 y T3.

Para la conexión  $2\Delta$  es necesario unir las terminales T1, T6 y T7, de la misma manera se unen las terminales T2, T4 y T8 y finalmente T3, T5 y T9, dejándose como terminales para la línea de alimentación trifásica T1, T2 y T3.

La numeración estándar en delta y doble delta (NEMA) en nueve terminales es:



VOLTAJE	LINEAS	UNIONES	CONEXION
BAJO	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	(3,9,5) (8,4,2) (1,6,7)	DOBLE DELTA
ALTO	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	(6,9) (4,7) (8,5)	DELTA SIMPLE

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Fig. 2.22



### Diagramas esquemáticos para devanados trifasicos

Ejemplo:  $m = 3 \text{ } \emptyset$   $P = 4$  polos

Grupos-polo-fase =  $mp = 12$

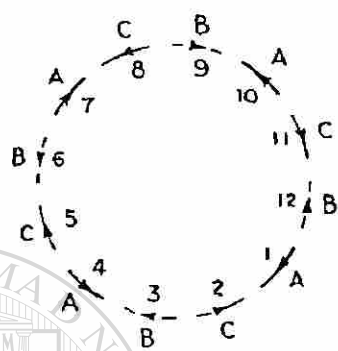


Fig. 2.23 Arreglo de grupos para un devanado  $m=3$  fases  $P = 4$  polos

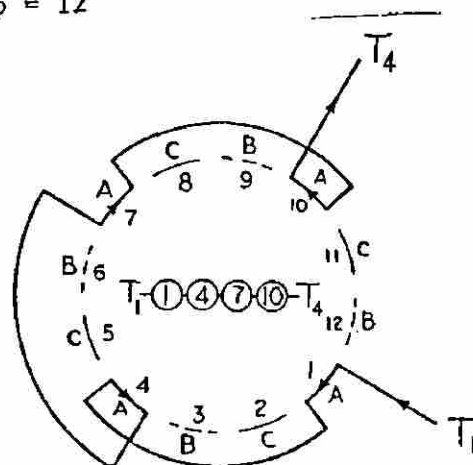


Fig. 2.24 conexión en serie (fase A)  $m=3 \text{ } \emptyset$   $P = 4$  polos

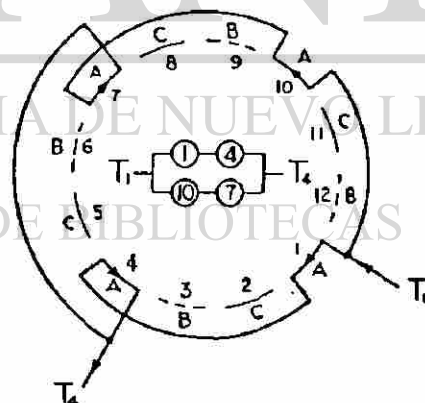
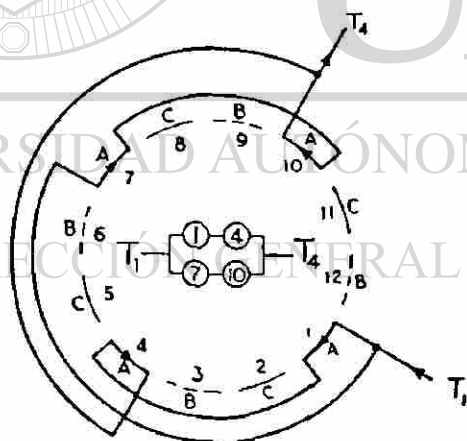


Fig. 2.25 Diferentes formas de hacer la conexión en paralelo en un devanado trifásico de cuatro polos (fase A)

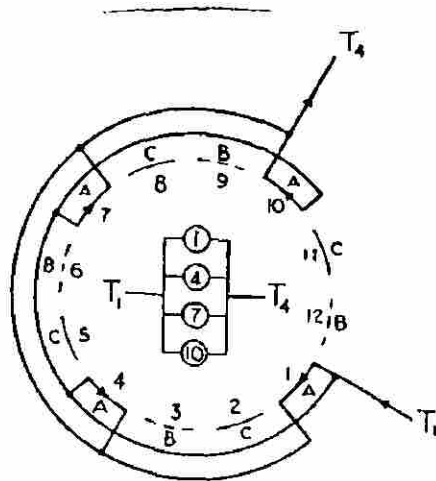
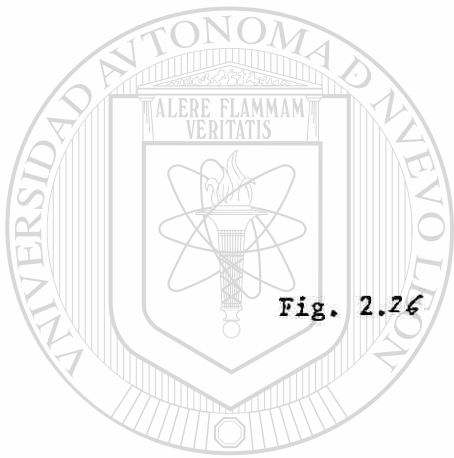


Fig. 2.26 Devanado  $m = 3 \emptyset$ ,  $P = 4$  polos, cuatro trayectorias en paralelo (fase A)

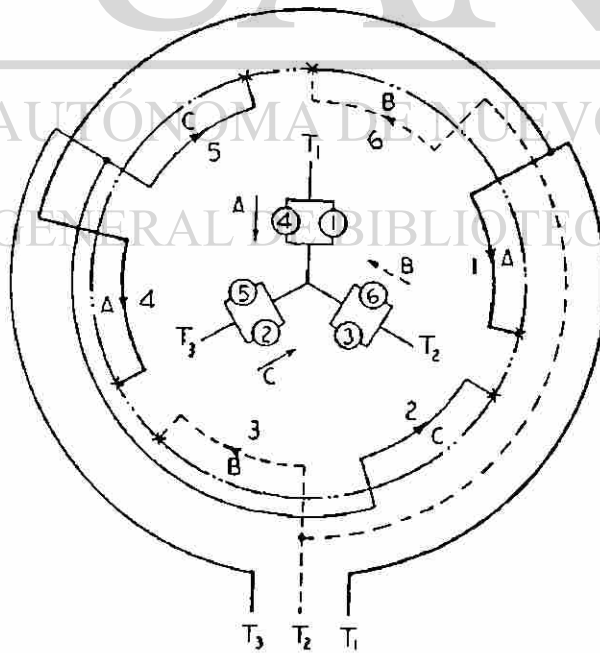


Fig. 2.27 Conexión 2 y en paralelo  $m = 3 \emptyset$   $P = 2$  polos

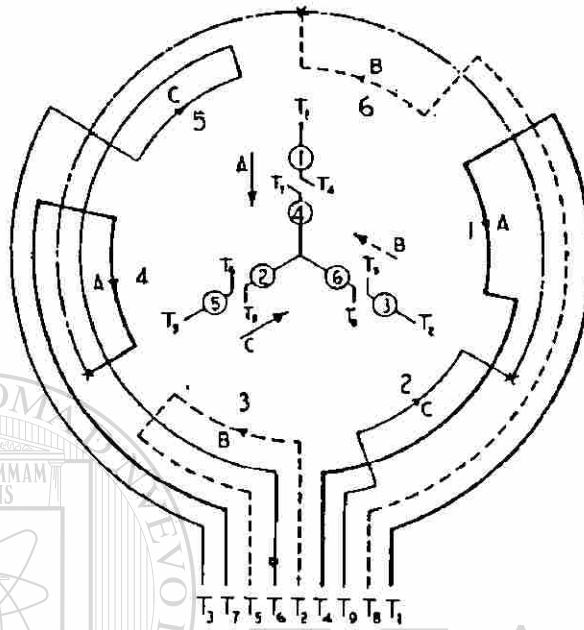


Fig. 2.24 Conexión de 9-terminales para conexión Y-2V  $m = 3\phi$   
 $P = 2$  polos.

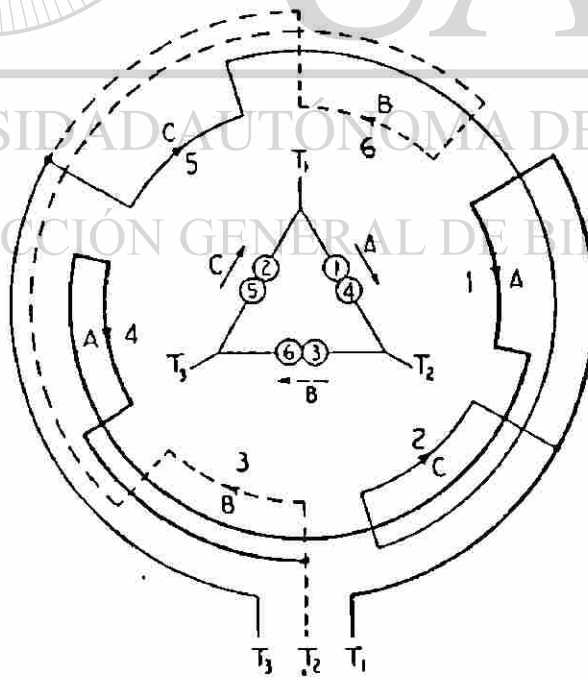


Fig. 2.27 Conexión Y,  $m = 3\phi$   $P = 2$  polos

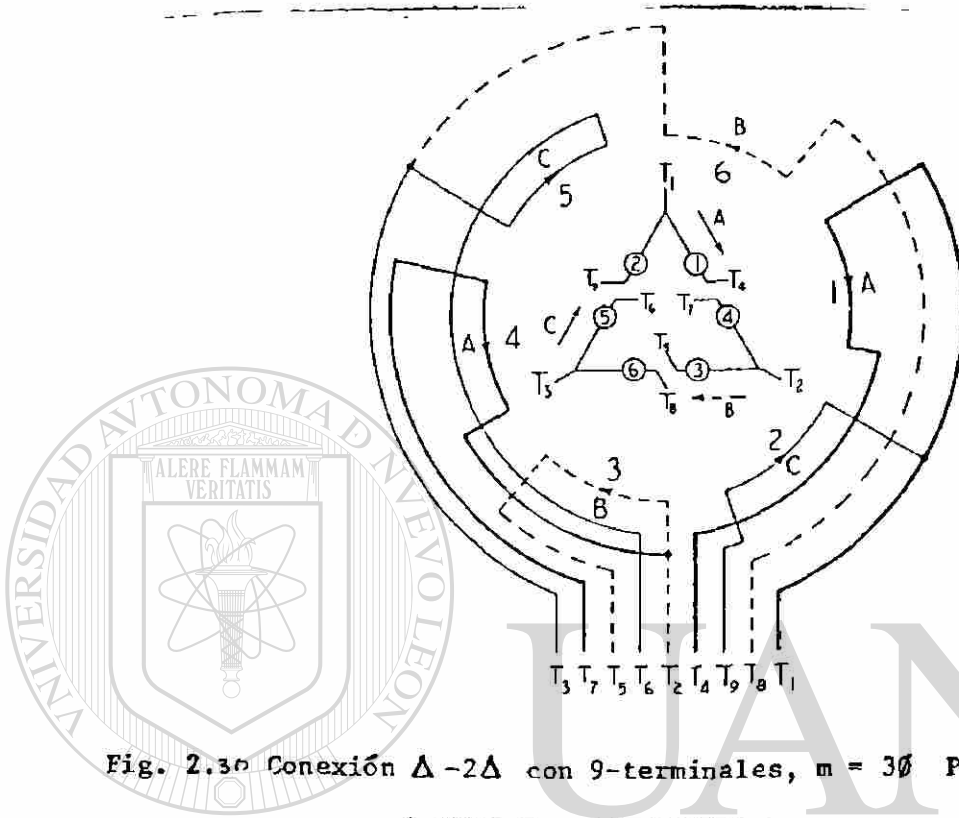


Fig. 2.30 Conexión  $\Delta-2\Delta$  con 9-terminales,  $m = 3\phi$  P = 2 polos

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

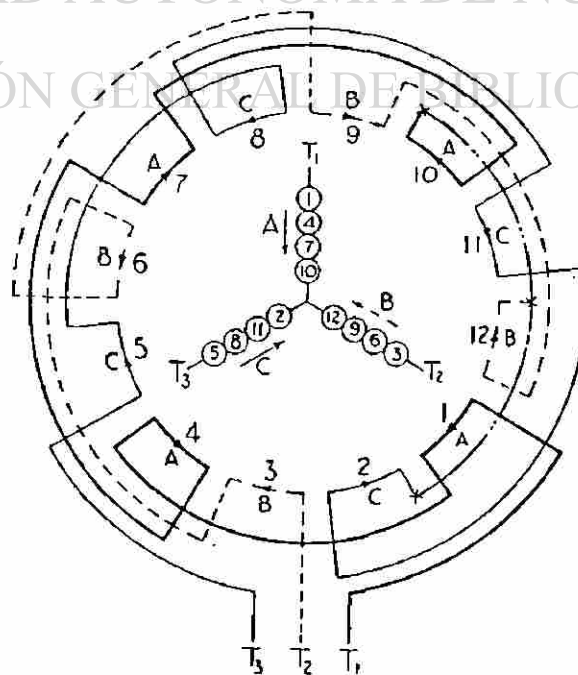


Fig. 2.31 Conexión Y-simple con 3-terminales  $m = 3\phi$ , P = 4 polos

## CAPITULO 3

## La FEM inducida en un Devanado de C.A

$$E_{ef_c} = 4.44 f N_c \phi \cdot 10^{-8}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} f \rightarrow \text{cps, Hz} \\ N_c \rightarrow \# \text{ vueltas (por bobina)} \\ \phi \rightarrow \text{Maxwells (flujo por polo)} \\ E \rightarrow \text{volts (por bobina)} \end{array} \right.$$

$$E_{ef} = 4.44 f N_c \phi$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \phi \rightarrow \text{Webers} \quad f \rightarrow \text{Hz} \\ E \rightarrow \text{volts} \end{array} \right.$$

Esta ecuación fué derivada bajo las siguientes consideraciones:

- 1) Todas las  $N_c$  vueltas de la bobina están enlazadas con el mismo flujo en cualquier instante.
- 2) El paso de la bobina es igual a el paso polar ( $180^\circ E$ ) (devanado de paso completo). En este caso el máximo flujo enlazado por la bobina es igual a el flujo total por polo.
- 3) La distribución del flujo es senoidal

FACTOR DE DISTRIBUCION  $K_d$

La fem inducida en una vuelta de una bobina está en fase con todas las otras vueltas de la bobina puesto que están enlazadas por el mismo flujo - en cualquier instante.

Los fem's inducidos en las bobinas que forman cada grupo individual están fuera de fase. Ellas están desfasadas una de otra (desplazadas).

por el ángulo  $\alpha_s$  (ángulo de ranura)

$$\alpha_s = \frac{(180) P}{Q} = \frac{(180)}{mq}$$

$$Q = qmP$$

$$q = \frac{c}{mP}$$

$$\alpha_s = \frac{180 P}{qmP}$$

ejemplo:

$$m = 3\phi$$

$$q = 4$$

$$\alpha_s = \frac{180}{(3)(4)} = 15^\circ \text{ E/RAN}$$

$$\alpha_s = \frac{180^\circ}{7}$$

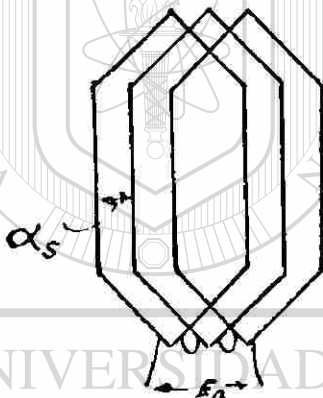


FIG 3-1

Factor de distribución =  $\frac{\text{fem resultante}}{\sum \text{de las fem's de las bobinas individuales}}$

$$\text{Factor de distribución} = \frac{E_R}{q E_c} = K_d$$

$$K_d = \frac{\text{Sen } q \left( \frac{\alpha_s}{2} \right)}{q \text{ Sen } \left( \frac{\alpha_s}{2} \right)}$$

$$q = \frac{\text{bob}}{\text{Grupo}}$$

$$K_d = \frac{E_g}{q E_c}$$

Por lo tanto el valor efectivo de la fem para un grupo formado por  $q$  bobinas será:

$$E_g = qKdE_c = 4.44 fN_c K_d \phi \times 10^{-8}$$

$\phi \rightarrow$  maxwells (Lineas)  
 $E \rightarrow$  volts

$N_g = q N_c$  (las espiras o vueltas de un grupo son  $q$  veces la de una bobina).

$$E_g = 4.44 fN_g K_d \phi \times 10^{-8}$$

$\phi \rightarrow$  Maxwells (Lineas)  
 $E_g$  volts (voltaje por grupo)

Si  $N$  = número de espiras conectados en serie por fase, entonces  $N$  será igual a  $N_g$  veces el número de grupos conectados en serie en una fase.

Y la fem por fase será:

$$E = 4.44 fNKd \phi \times 10^{-8} \text{ volts}$$

$E \rightarrow$  volts (por fase)

$f \rightarrow$  cps, Hz

$N \rightarrow$  Número de vueltas en serie por fase

$\phi \rightarrow$  Maxwells (por polo)

UNA TRAYECTORIA

$$N = P N_g$$

$$N = P q N_c$$

"a" TRAYECTORIAS EN PARALELO

$$N = \frac{P q N_c}{a}$$

Un gran valor de  $q$  decrece las armónicas de la fem's. El ángulo  $\alpha$ s en las armónicas superiores a la fundamental aumenta en grados eléctricos en proporción al orden de la armónica. Si  $\alpha$ , es mayor el diagrama vectorial de las armónicas tendría los valores  $E_{cn}$  muy desfasados y la resultante sería menor (disminuyendo de esta manera el efecto de la armónica).

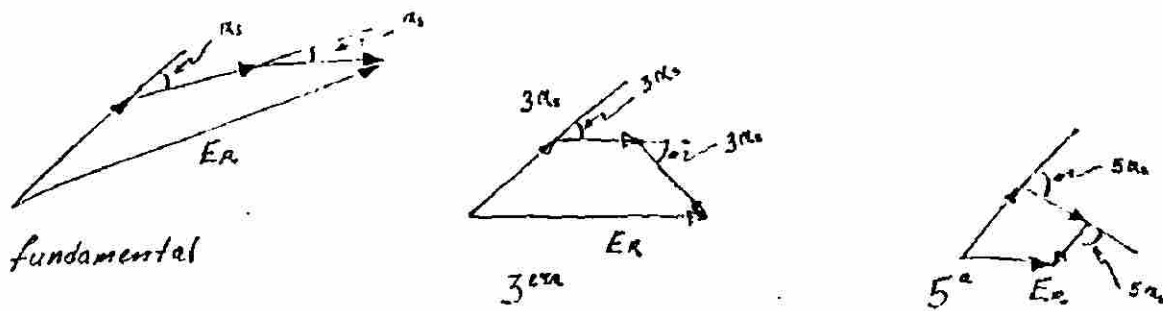


Fig. 3.3 Efecto de  $q = \frac{\# \text{ Bob}}{\text{Grupo}}$  en las armónicas de las fem's

### El factor de paso $K_p$

En la mayoría de las Máq. de C.A. (sincrónicas y asincrónicas) el claro de la bobina es menor que el paso polar (el devanado es de peso fraccionario)

Algunas de las razones de los devanados de paso fraccionario son:

- Decrece la longitud de los extremos de conexión, decreciendo la cantidad de cobre utilizado.
- Reduce las reactancias de las ranuras (dispersión) y mejora la forma de la fem de los generadores (más cercana una onda senoidal).
- Pueden ser eliminadas cualquier armónica de la onda de voltaje como bien reducir las otras armónicas.
- En el caso de un motor se pueden eliminar los pares parásitos producidos por las armónicas.

Paso Completo

Paso Fraccionario

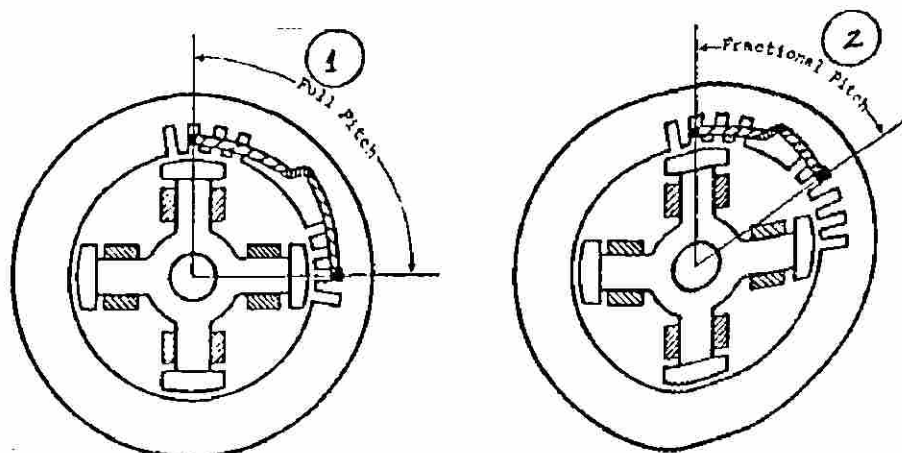


FIG. 3.4



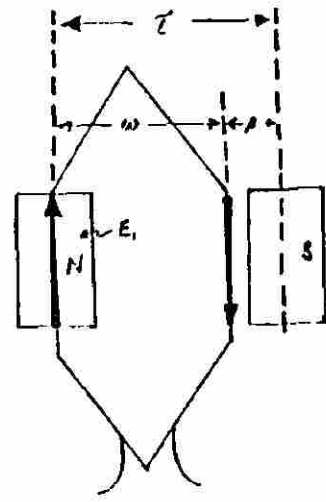
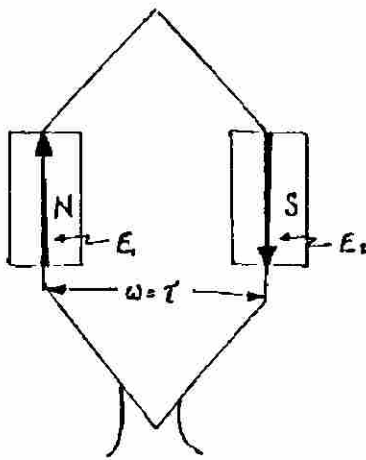


FIG 3.5

Paso completo ( $w$ ) ( $\pi/T$ ) =  $180^\circ E$   
 ( $w = T$ )

Paso fraccionario  $w$  ( $\pi/T$ ) <  $180^\circ E$   
 ( $w < T$ )

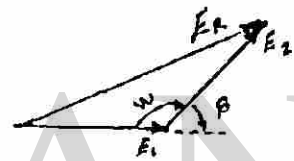
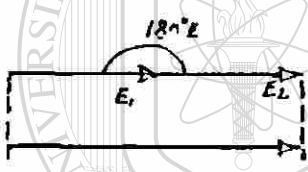


FIG 3.6

$|E_1| = |E_2|$  (no en ángulo)

$$E_R = 2E_1 = 2E_2$$

$$E_1 = E_2 = E$$

$$E_R = 2E$$

$T$  = # ranuras cuando hay paso completo

$$T = \frac{180^\circ E}{\alpha}$$

$$\alpha = \frac{180^\circ E}{T} = \alpha_s$$

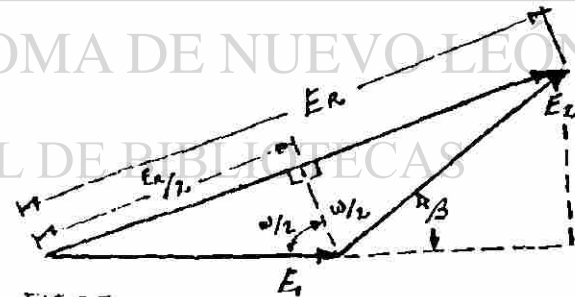


FIG 3.7

$|E_1| = |E_2|$  (Triángulo isóceles)

$$\frac{w}{2} \left( \frac{\pi}{T} \right) \text{ Ran } \alpha = \alpha$$

$$K_p = \frac{E_R \text{ (cuando hay paso fracc)}}{E_R \text{ (cuando hay paso completo)}}$$

$$\text{Sen} \left( \frac{w}{2} \right) \left( \frac{\pi}{T} \right) = \frac{E_R/2}{E_1}$$

$$K_p = \frac{E_{Rf}}{2E} = \frac{2E_1 \text{ Sen} \frac{w\pi}{2T}}{2E_1} = \text{Sen} \frac{w\pi}{2T}$$

$$E_R = 2E_1 \text{ Sen} \frac{w\pi}{2T}$$

$$K_p = \text{Sen} \frac{w\pi}{2T}$$

$$K_p = \frac{2E_1 \text{ Sen } \frac{w \pi}{2\tau}}{2 E_1} = \text{Sen } \frac{w \pi}{2\tau} \quad K_p = \text{Sen } \frac{w}{\tau} \frac{\pi}{2}$$

Tomando en cuenta el factor de paso ( $K_p$ ) y el factor de distribución ( $K_d$ ) el - fem inducida en un devanado de C.A. con  $N$  vueltas en serie por fase para flujo sinusoidal es.

$$E = 4.44 fNKdKp\phi \times 10^{-8} \text{ volts} \quad \phi \rightarrow \text{maxwells}$$

$$K_w = K_d = K_d K_p \quad \text{factor del devanado}$$

$$E = 4.44 fNKd\phi \times 10^{-8} \text{ volts}$$

$NK_d$  Número de vueltas efectivas por fase  
 $E$  voltaje por fase  
 $\phi$  flujo por polo en maxwells (máxima)  
 $N$  vueltas por fase  
 $f$  frecuencia en Hz.

Distribución No senoidal del flujo ( $B$ ) a lo largo de la superficie de la armadura.

Los motores de inducción poco saturados y los motores cilíndricos de las máquinas sincrónicas tienen una distribución del flujo cercana a la senoide, la máquina sincrónica de polos salientes tiene una distribución del flujo plana:

Las fems armónicas son indeseables. Acortando las bobinas se reducen las armónicas también un valor grande de  $q$  reduce las armónicas.

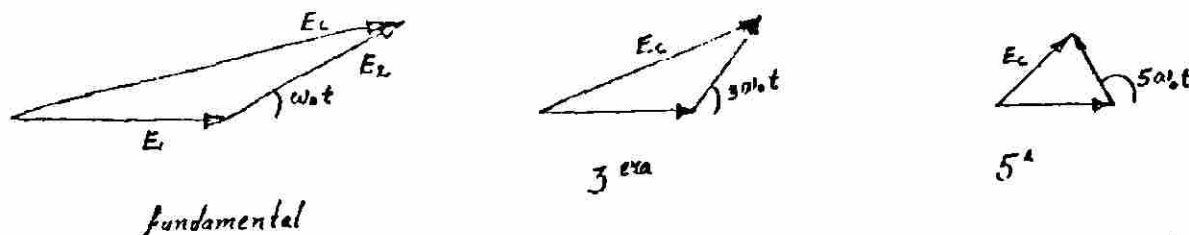


FIG. 3.8

## Problema

## GENERADOR SINCRONICO

$$p = 24$$

$$f = 60 \text{ Hz}$$

$$m = 3\phi$$

$$Q = 216 \text{ Ranuras}$$

$$18 \text{ cond/ran.}$$

doble capa

3 Y en paralelo

$$\frac{w}{T} = 0.778$$

$$E_{\text{vacío}} = 2300 \text{ volts (línea)}$$

$$\phi_p \text{ (en vacío)} = ?$$

$E_{\text{línea}}$   $\Delta$  en paralelo

$$E = 4.44 f N k_d p \phi \times 10^{-8}$$

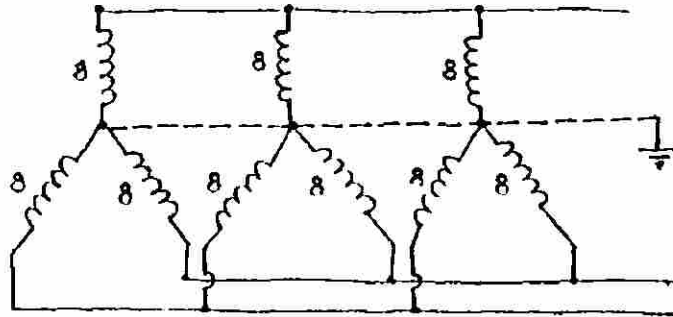


FIG. 3.9

$$Q = 216 \text{ ran} = 216 \text{ bobinas}$$

$$\text{grupos} = m \times p = (3) (24) = 72 \text{ grupos}$$

$$\frac{\text{grupos}}{\text{fase } 3Y} = \frac{72}{3} = 24 \frac{\text{grupo}}{\text{fase } 3Y}$$

$$q = \frac{216}{72} = 3 \frac{\text{bobinas}}{\text{grupo}}$$

$$18 \frac{\text{cond}}{\text{ran.}} = 18 \frac{\text{cond}}{\text{bobina}} = q \frac{\text{vueltas}}{\text{bobina}}$$

$$K_p = \text{Sen } \frac{w}{T} \pi / 2 \quad N_g = \frac{\text{vueltas}}{\text{grupo}} = \left( q \frac{\text{vueltas}}{\text{bobinas}} \right) \left( 3 \frac{\text{bob}}{\text{grupo}} \right) = 27 \frac{\text{vueltas}}{\text{grupo}}$$

$$K_p = \text{Sen } (.778) (90^\circ E)$$

$$K_p = \text{Sen } 70^\circ$$

$$K_p = 0.94$$

$$N_g = \frac{\text{vueltas}}{\text{grupo}} = 27$$

$$N = 8 \frac{\text{grupo}}{\text{fase}} \cdot 27 \frac{\text{vueltas}}{\text{grupo}} = 216 \frac{\text{vueltas}}{\text{fase}}$$

$$N = 216 \frac{\text{vueltas}}{\text{fase}}$$

$$K_d = \frac{\text{sen } q \left( \frac{\alpha_s}{2} \right)}{q \text{ sen } \frac{\alpha_s}{2}}$$

$$\alpha_s = \frac{180 p}{Q} = \frac{(180) (24)}{216} \quad K_d = \frac{\text{sen } 3 (10)}{3 \text{ sen } 10} = \frac{\text{sen } 30^\circ}{3 \text{ Sen } 10^\circ} = \frac{0.5}{3(0.174)}$$

$$\alpha_s = 20^\circ E$$

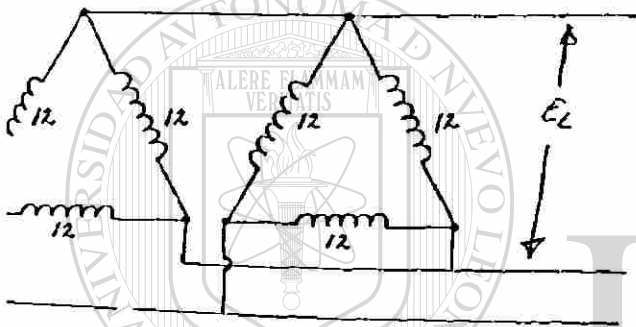
$$K_d = 0.96$$

$$K_{dp} = (.94)(.96) = 0.9024$$

$$\phi = \frac{E_{\text{fase}}}{4.44 f N k_d \times 10^{-8}}$$

$$\phi = \frac{2300 / \sqrt{3}}{4.44 (60) (216) (0.9024) \times 10^{-8}}$$

$$\phi = 2.56 \times 10^6 \text{ Lineas.}$$



76 3.10

$$\text{Grupos} = 72$$

$$\frac{\text{Grupos}}{\Delta} = \frac{72}{2} = 36$$

$$\frac{\text{Grupos}}{\text{fase}} = \frac{36}{3} = 12$$

$$N = \frac{P \cdot q \cdot N_2}{a} = \frac{(24)(3)(8)}{2} = 324 \text{ ESPIRAS}$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

$$E = 4.44 (60) (0.94) (0.96) (2.56 \times 10^6) (10^{-8}) (324)$$

$$E = 1992 \text{ Volts (LINEA)}$$

## DEVANADOS DE DOS VELOCIDADES.

En muchas aplicaciones de los motores de inducción se requieren dos ó más velocidades, ó un rango continuo ajustable de velocidades. La velocidad del rotor de un motor de inducción puede ser ajustada de tres maneras.

1. Variando la frecuencia del voltaje de alimentación.
2. Variando el deslizamiento
3. Cambiando el número de polos.

En ésta sección se tratará la variación de la velocidad cambiando el número de polos por medio de los devanados del polo consecuente (o conmutables).

En éste tipo de conexión con sólo 6 terminales exteriores se tiene la posibilidad de trabajar con dos velocidades cuya relación es 2:1 con un cambio de polos 1:2 en un solo devanado. Existen 2 técnicas de conexión con las siguientes características:

- a) Par constante
- b) HP constante
- c) Par variable.

Analizaremos el principio básico de operación con una de las técnicas de conexión de los grupos de polo fase.

La idea tener un cierto número de polos en conexión serie y en una conexión en paralelo tener la mitad de los polos invirtiendo la corriente en la mitad del devanado. En la figura 3.11 se representa la conexión de los grupos fase para la fase A, siendo similar para las fases B y C.

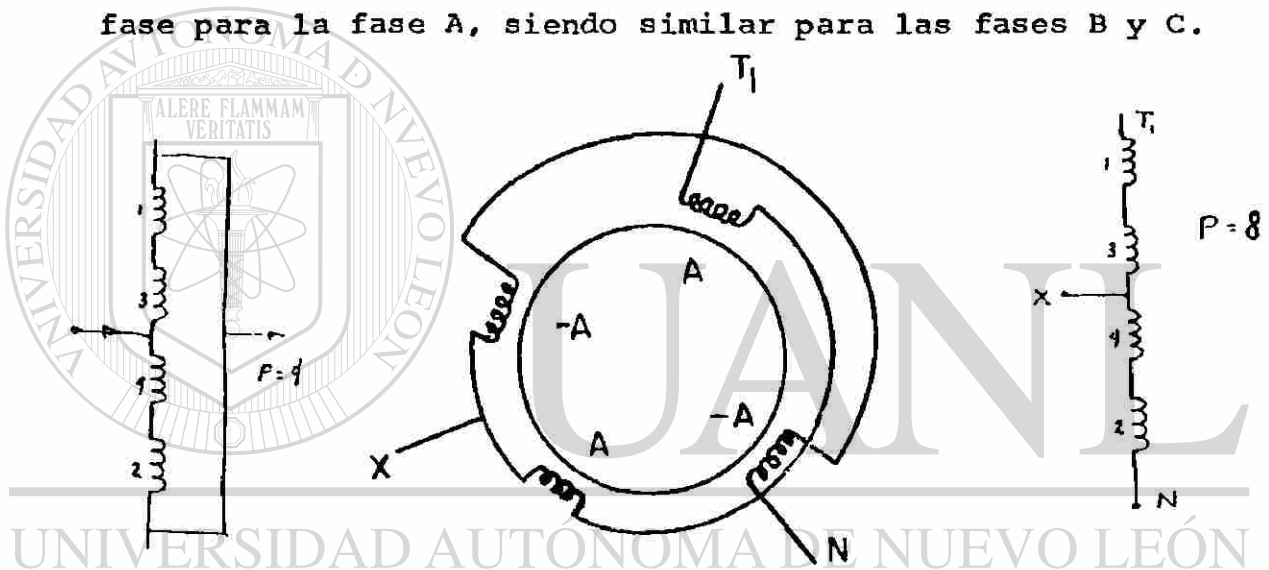


Figura 3.11 .

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Para éste tipo de conexión se tienen las siguientes características: Primero.- Se conectan todos los A y -- luego todos los -A, entrando por la primera terminal de cada grupo polo fase, como se muestra en la fig. 3.12 en donde se puede apreciar que si se alimenta por  $T_1$  se forman 8 polos, siendo esta conexión para la baja velocidad.

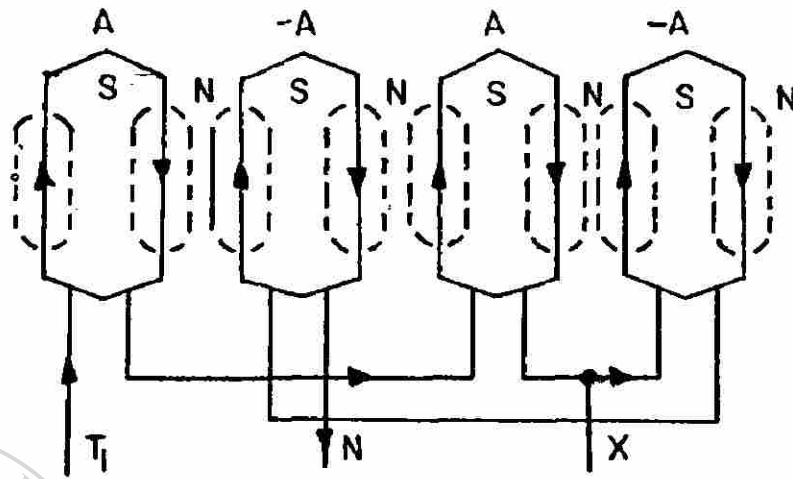


Figura 3.12

En la fig. 3.13 que se muestra la conexión en paralelo, conectando T1 y el neutro, y alimentando por X, se forman 4 polos, correspondiendo esta conexión a alta velocidad. Es importante observar que la corriente se invirtió en los grupos -A.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

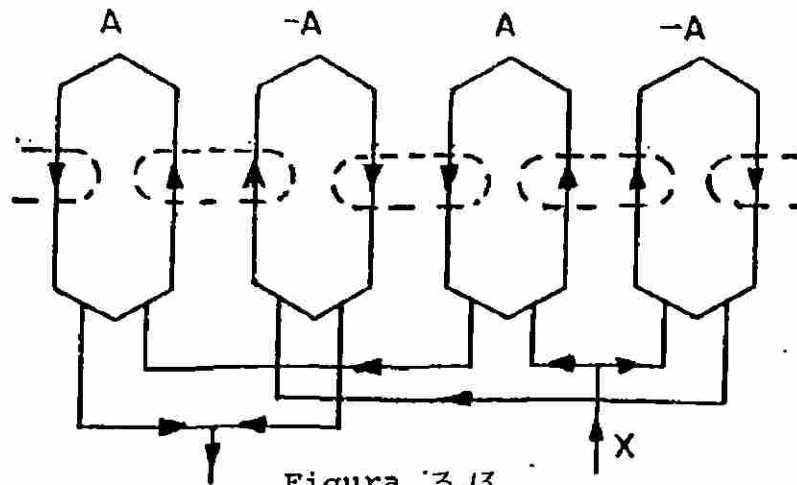


Figura 3.13

Como ya se mencionó anteriormente, con un switch, es posible tener las dos conexiones, y por lo tanto se pueden operar el motor a dos diferentes velocidades, con la velocidad más alta cuando se tiene la conexión standar y a la mitad de esa velocidad con la conexión de polos consecuentes. (O VICEVERSA SEGUN TIPO DE TECNICA UTILIZADA)

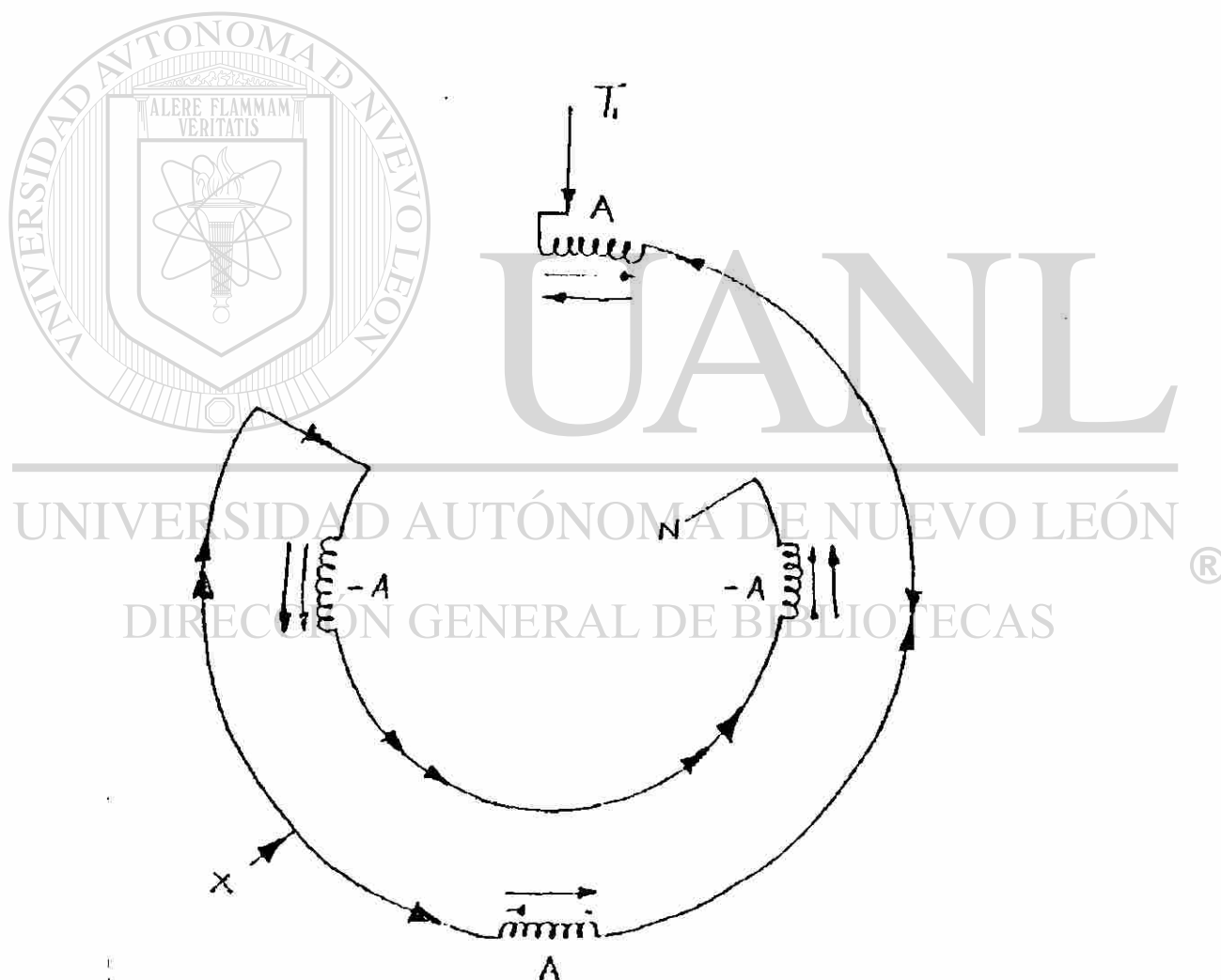


Fig. 3.14 Conexión 2 Velocidades H P'S = CTE'S ( Técnica # 2 )  
Serie 4 Polos (A) , Paralelo 8 Polos ( 24 )



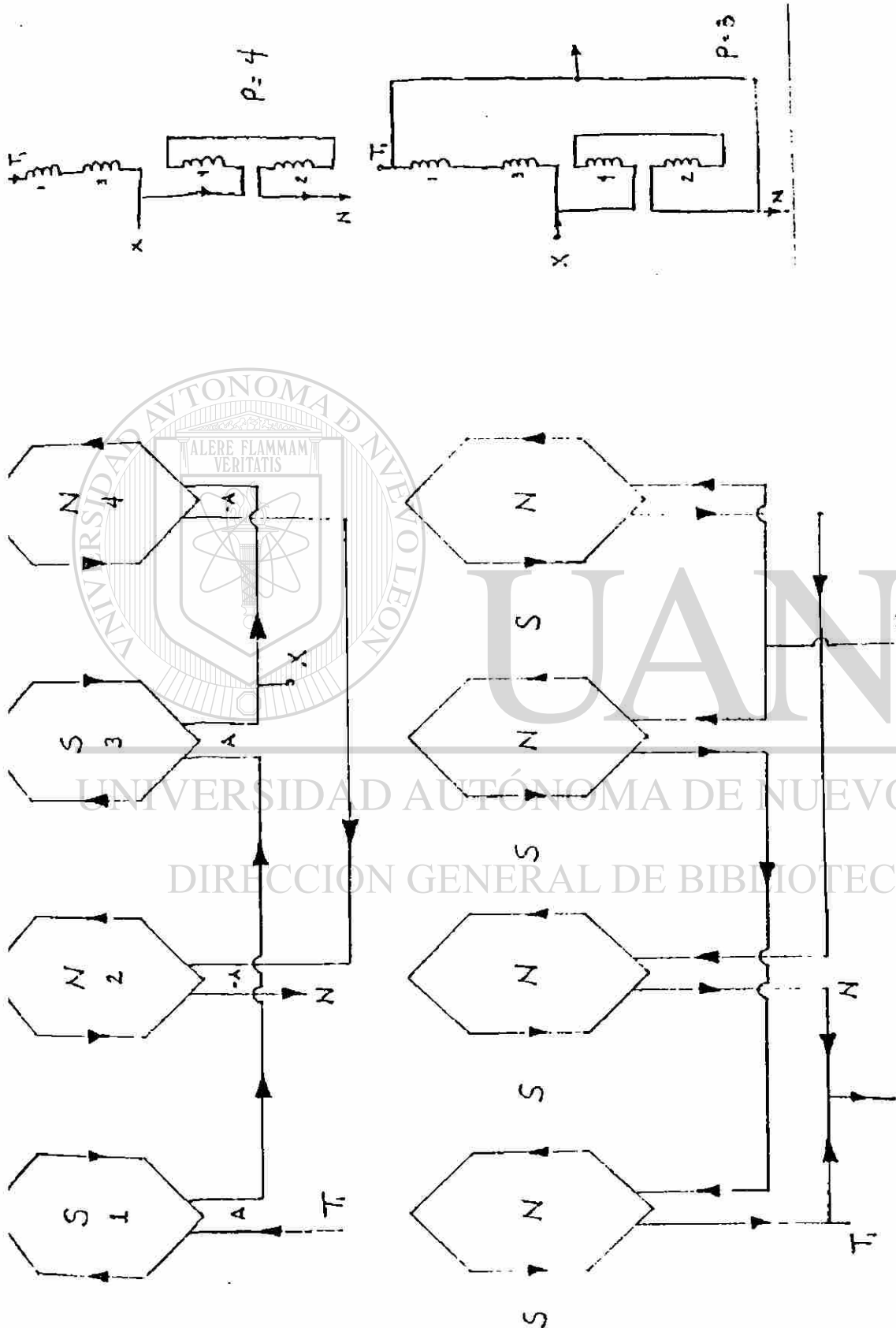


Fig. 3. 15 CONEXION 2 - VELOCIDADES HP'S = CTE'S. ®

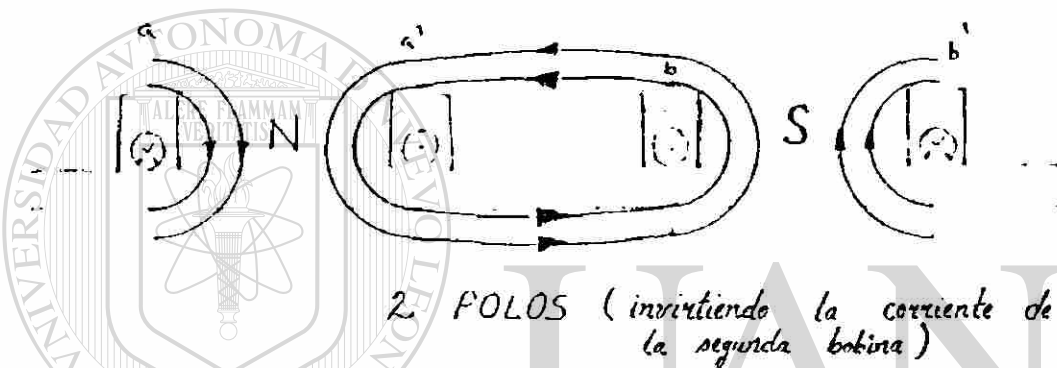
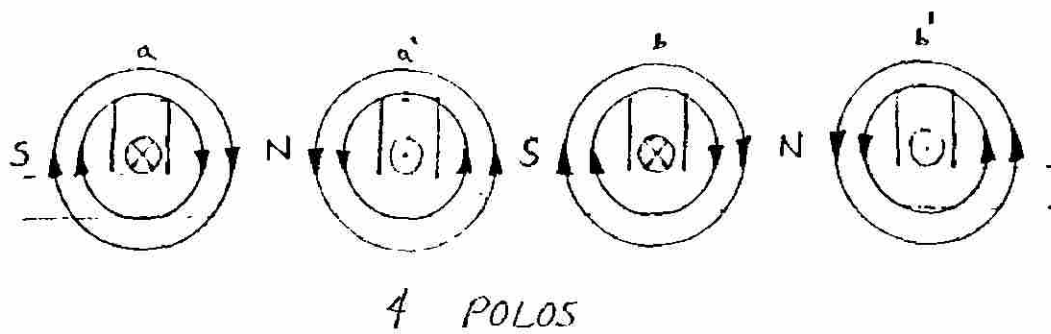


Fig. 3.16 Teoría Básica, Devanados de 2 Velocidades.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

METODO PRACTICO PARA REALIZAR DIAGRAMAS DE ARROLLAMIENTOS DE POLO CONSECUENTE.

Antes de entrar en el tema, haremos las siguientes importantes advertencias.

1. Cuanto menor es el número de polos de un motor, tanto más ancho debe ser el camino previsto por el flujo magnético. Por lo tanto un motor cuyo yugo del estator está calculado, por ejemplo para 8 polos, no admitirá en general el cambio de 4 polos sin graves consecuencias en su funcionamiento.

- 2. Todo cambio de polaridad del arrollamiento del estator exige analogo cambio en el rotor. Si este está devanado, será necesario modificarlo con la nueva polaridad.
- 3. Si se trata de rotor en jaula de ardilla no requiere modificación, sin embargo hay que tener presente que para cada número de polos, entre el número de ranuras del estator y rotor debe existir una relación conveniente.
- 4. Debe tenerse en cuenta el claro de bobina del estator, de tal manera que sea el más óptimo en ambas velocidades.  
Caben pues, desagradables sorpresas si no se toma en consideración lo anterior.

PROCEDIMIENTO:

a). Se hacen los cálculos en el menor número de polos.

Q= 48 ranuras = 48 bobinas.  
Doble capa imbricado.

m= 30      w= 7 ranuras.

P= 4/8 Polos.

GRUPOS= mxp = 12

$$q = \frac{Q}{mp} = \frac{48}{12} = 4 \text{ bobinas grupo}$$

Si no se consideran las armónicas se toma como el claro de la bobina igual al paso polar (diametral) correspondiente al mayor número de polos. Si ello no fuese posible, se tomará el paso más próximo al paso diametral mencionado.

$$T = \frac{Q}{P} = \frac{48}{8} = 6 \text{ ranuras } w= 7 \text{ ranuras } \therefore \text{ es adecuado.}$$

En la fig. 3.17 se encuentra el diagrama completo con la numeración de terminales adecuado, tomando: Los principios de cada bobina con los números del 1 al 48 y los finales del 101 al 148.

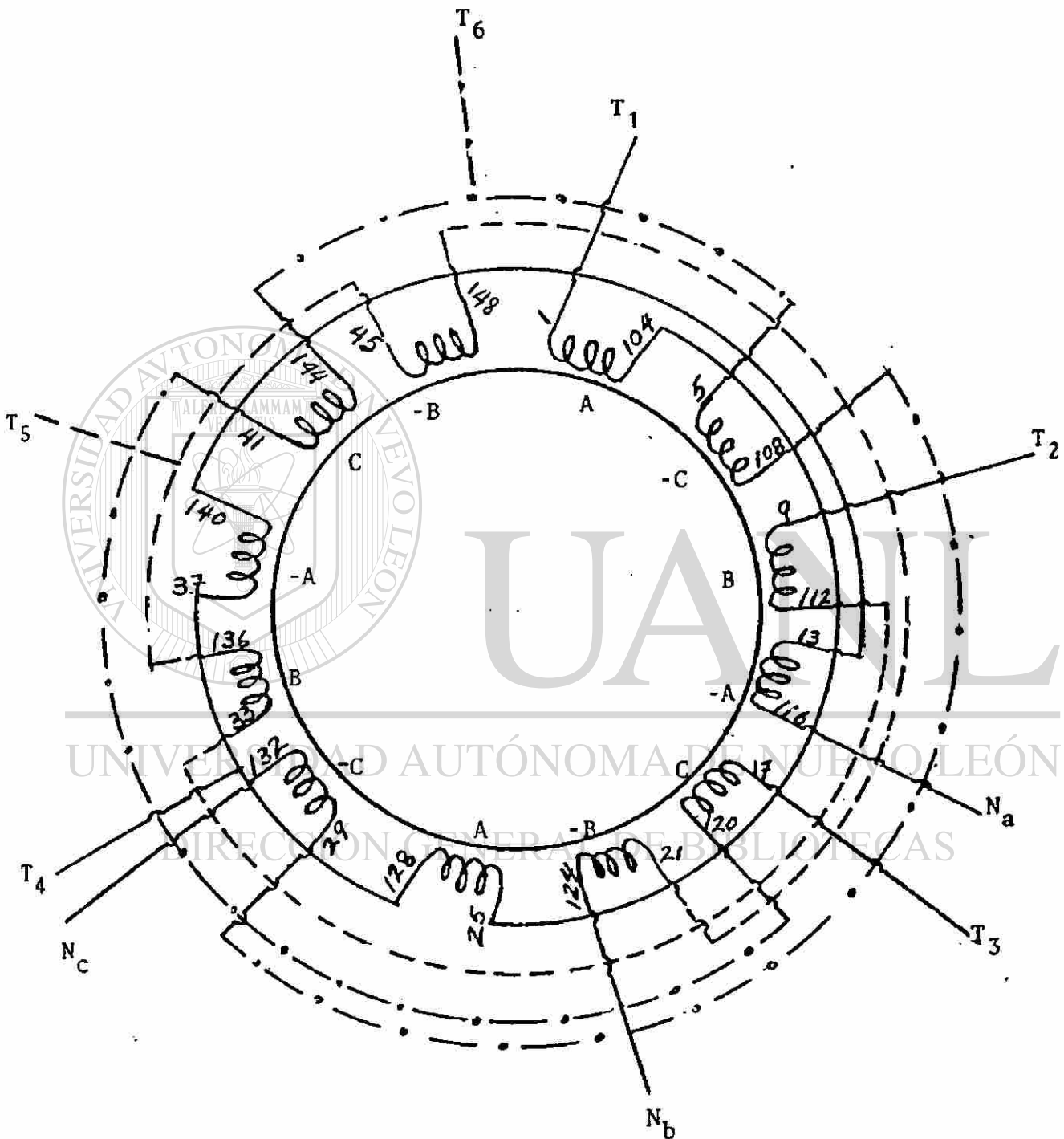


FIGURA # 3.17 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE 2 VELOCIDADES  
1800, 900 R.P.M. (4 y 8 Polos).

## FASE "A"

## FASE "B"

## FASE "C"

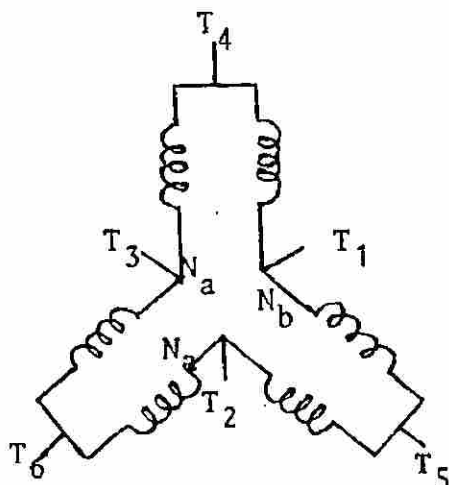
$\textcircled{T_1}$ — 1	$\textcircled{T_2}$ — 9	$\textcircled{T_3}$ — 17
101 — 2	109 — 10	117 — 18
102 — 3	110 — 11	118 — 19
103 — 4	111 — 12	119 — 20
104 — 25	112 — 33	120 — 41
125 — 26	133 — 34	141 — 42
126 — 27	134 — 35	142 — 43
127 — 28	135 — 36	143 — 44
128 — 37 — $\textcircled{T_4}$	136 — 45 — $\textcircled{T_5}$	144 — 5 — $\textcircled{T_6}$
137 — 38	145 — 46	105 — 6
138 — 39	146 — 47	106 — 7
139 — 40	147 — 48	107 — 8
140 — 13	148 — 21	108 — 29
113 — 14	121 — 22	129 — 30
114 — 15	122 — 23	130 — 31
115 — 16	123 — 24	131 — 32
116 — $\textcircled{N_a}$	124 — $\textcircled{N_b}$	132 — $\textcircled{N_c}$

Una vez terminada la conexión de las bobinas individuales del motor se harán las conexiones en  $\Delta$  y 2Y para par constante y Y-2Y para par variable.

El voltaje se aplicará con el Variac incrementandolo lentamente desde 0 a 110 V. midiendo la corriente.

CONEXION PARA  
PAR CONSTANTE

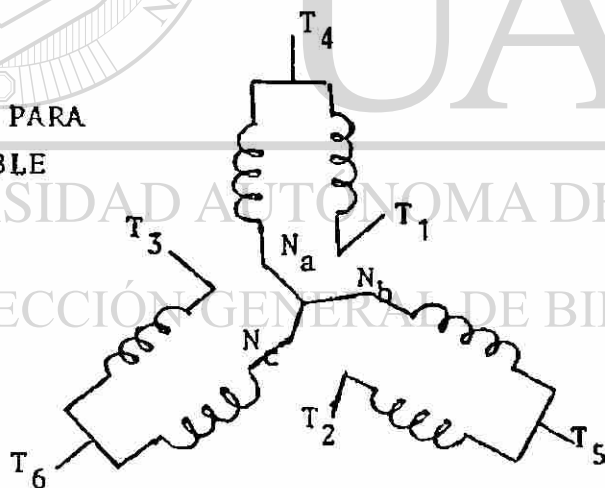
- T<sub>1</sub> → 1
- T<sub>2</sub> → 9
- T<sub>3</sub> → 17



- T<sub>4</sub> → 128 y 37
- T<sub>5</sub> → 136 y 45
- T<sub>6</sub> → 144 y 5
- N<sub>a</sub> → 116
- N<sub>b</sub> → 124
- N<sub>c</sub> → 132

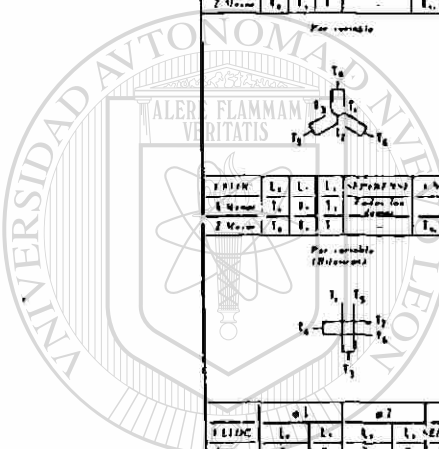
VELOCIDAD	LINEAS	UNIR	CONEXION	VOLTS
BAJA (900 rpm)	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	----	Delta (Δ) Simple	110 (línea)
ALTA (1800 rpm)	T <sub>4</sub> T <sub>5</sub> T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	Doble (2Y) Estrella	110 (Línea)

CONEXION PARA  
PAR VARIABLE



VELOCIDAD	LINEAS	UNIR	CONEXION	VOLTS (Línea)
BAJA (900 rpm)	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	----	Y	110
ALTA (1800 rpm)	T <sub>4</sub> T <sub>5</sub> T <sub>6</sub>	T <sub>1</sub> T <sub>2</sub> T <sub>3</sub>	2Y	110

TRES ELÉCTRICIDADES — TRES ARRILAMIENTOS						TRES ELÉCTRICIDADES — DOS ARRILAMIENTOS						TRES ELÉCTRICIDADES — UNO ARRILAMIENTO					
<b>Para la constante</b> 						<b>Para constante, por variable o potencia constante</b> 						<b>Para la constante</b> 					
1 LINEA	L1	L2	L3	SEPARACIÓN	UNANSE	1 LINEA	L1	L2	L3	SEPARACIÓN	UNANSE	1 LINEA	L1	L2	L3	SEPARACIÓN	UNANSE
1 Motor	T1	T2	T3	—	T4, T5, T6	1 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—	1 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—
2 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—	2 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—	2 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—
<b>Para constante</b> 						<b>Para constante, por variable o potencia constante</b> 						<b>Para la constante</b> 					
1 LINEA	L1	L2	L3	SEPARACIÓN	UNANSE	1 LINEA	L1	L2	L3	SEPARACIÓN	UNANSE	1 LINEA	L1	L2	L3	SEPARACIÓN	UNANSE
1 Motor	T1	T2	T3	—	T4, T5, T6	1 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—	1 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—
2 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—	2 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—	2 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—
<b>Para variable</b> 						<b>Para constante por variable o potencia constante</b> 						<b>Para la constante</b> 					
1 LINEA	L1	L2	L3	SEPARACIÓN	UNANSE	1 LINEA	L1	L2	L3	SEPARACIÓN	UNANSE	1 LINEA	L1	L2	L3	SEPARACIÓN	UNANSE
1 Motor	T1	T2	T3	—	T4, T5, T6	1 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—	1 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—
2 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—	2 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—	2 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—
<b>Para variable (Autotrans)</b> 						<b>Para constante por variable o potencia constante Autotrans</b> 						<b>Para la constante</b> 					
1 LINEA	L1	L2	L3	SEPARACIÓN	UNANSE	1 LINEA	L1	L2	L3	SEPARACIÓN	UNANSE	1 LINEA	L1	L2	L3	SEPARACIÓN	UNANSE
1 Motor	T1	T2	T3	—	T4, T5, T6	1 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—	1 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—
2 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—	2 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—	2 Motor	T1	T2	T3	T4, T5, T6	—



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



THREE-PHASE, FOUR-STEP, TWO-HIP/180 CONSTANT IP						THREE-PHASE, FOUR-STEP, TWO-HIP/180 CONSTANT VECTOR						THREE-PHASE, FOUR-STEP, TWO-HIP/180 VARIABLE VECTOR					
Open	L1	L2	L3	Open	Together	Open	L1	L2	L3	Open	Together	Open	L1	L2	L3	Open	Together
1 Line	T1	T2	T3	All Others	T4, T5, T6, T7, T8	1 Line	T1	T2	T3, T4	All Others	—	1 Line	T1	T2	T3	All Others	—
2nd	T11	T12	T13	All Others	T14, T15, T16, T17, T18	2nd	T11	T12	T13, T14	All Others	—	2nd	T11	T12	T13	All Others	—
3rd	T4	T5	T6, T7	All Others	—	3rd	T4	T5	T6	All Others	T7, T8, T9, T10	3rd	T4	T5	T6	All Others	T7, T8, T9
4 Step	T11	T12	T13, T14	All Others	—	4 Step	T11	T12	T13	All Others	T14, T15, T16, T17	4 Step	T11	T12	T13	All Others	T14, T15, T16

Courtesy of G. V. Brown of the General Electric Company, Schenectady, N.Y.

$$Q = 12 \text{ ranuras}$$

$$P = 2, 4 \text{ polos}$$

$$m = 3 \varphi$$

$$w = 4 \text{ ranuras}$$

Calcular:

$$q, \tilde{T}, \alpha_s, K_p, K_d$$

Para 2 polos

$$q = \frac{Q}{m \times p} = \frac{12}{3 \times 2} = \frac{12}{6} = 2 \frac{\text{ranuras}}{\text{grupo}}$$

$$\tilde{T} = \frac{Q}{P} = \frac{12}{2} = 6 \text{ ranuras}$$

$$\alpha_s = \frac{180^\circ E (P)}{Q} = \frac{180 (2)}{12} = 30^\circ E / \text{ranura}$$

$$K_d = \frac{\text{Sen } q \left( \frac{\alpha_s}{2} \right)}{q \text{ Sen} \left( \frac{\alpha_s}{2} \right)} = \frac{\text{Sen} (2) (15)}{2 \text{ Sen} 15} = \frac{\text{Sen} 30^\circ}{2 \text{ Sen} 15^\circ} = \frac{0.5}{2 (0.26)} = 0.96$$

$$K_d = 0.96$$

$$K_p = \text{Sen} \frac{w}{\tilde{T}} \left( \frac{\pi}{2} \right) = \text{Sen} \left( \frac{4}{6} \right) (90^\circ) = \text{Sen} (0.675) (90^\circ) = \text{Sen} 60^\circ = 0.866$$

$$K_p = 0.866$$

4 polos

$$q = \frac{12}{3 \times 4} = \frac{12}{12} = 1 \frac{\text{ranura}}{\text{grupo}}$$

$$\tilde{T} = \frac{12}{4} = 3 \text{ ranuras}$$

$$\alpha_s = \frac{180^\circ E (P)}{Q} = \frac{180 (4)}{12} = 60^\circ E / \text{ranura}$$

$$K_d = \frac{\text{Sen } q \left( \frac{\alpha_s}{2} \right)}{q \text{ Sen} \left( \frac{\alpha_s}{2} \right)} = \frac{\text{Sen} 30^\circ}{4 \text{ Sen} 30^\circ} = \frac{0.5}{0.5} = 1$$

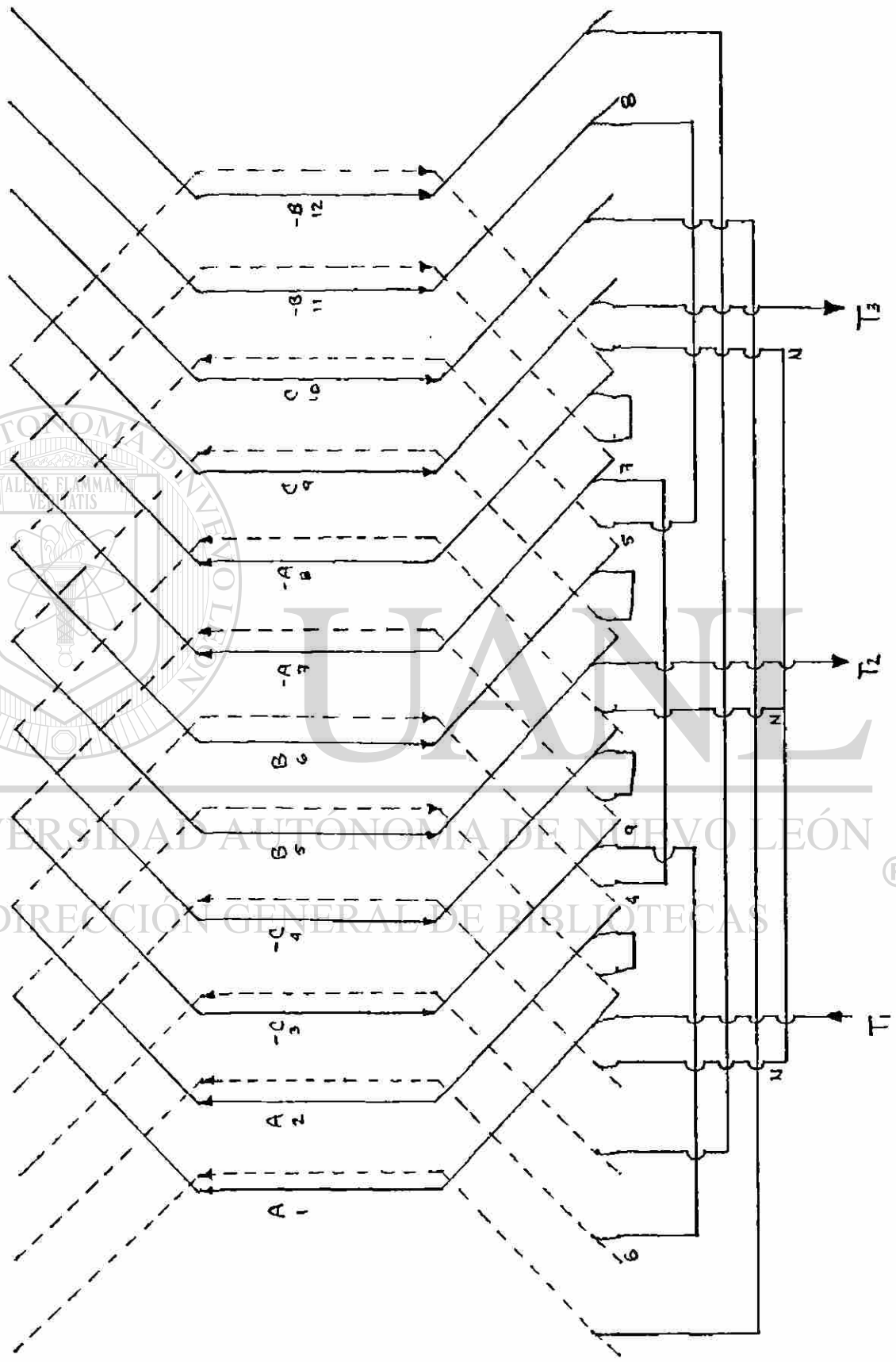
$$K_d = 1$$

$$K_p = \text{Sen} \frac{w}{\tilde{T}} \left( \frac{\pi}{2} \right) = \text{Sen} \frac{4}{3} (90^\circ) = \text{Sen} 120^\circ$$

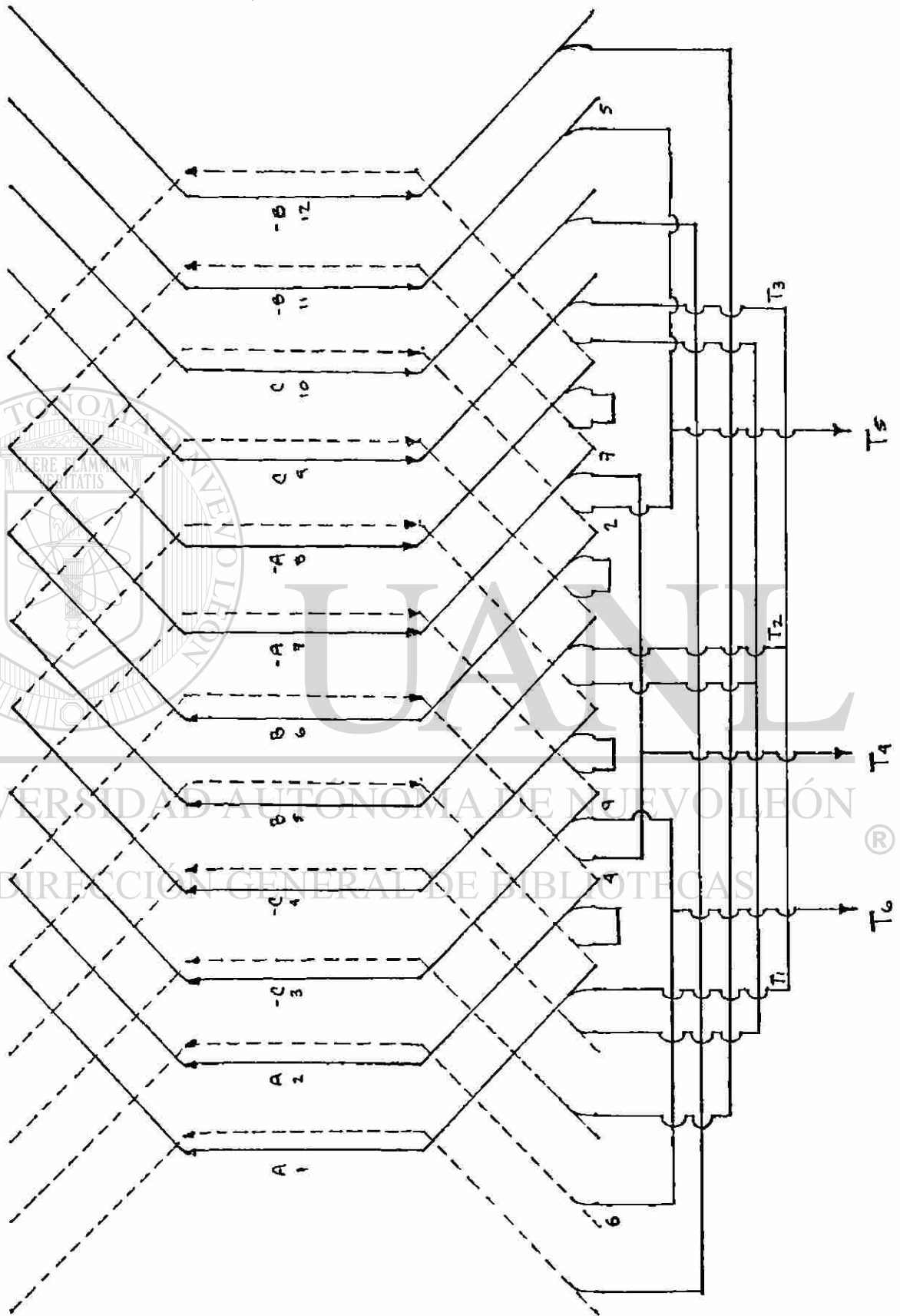
$$K_p = 0.866$$



Conexión "y" Simple  
Alimentación por T1, T2, T3  
Se forman 4 Polos



Conexión " 2 Y "  
Alimentación por T4, T5, T6  
Se Forman 2 Polos-



## CAPITULO 4

## La FMM de un Devanado de C.A

Fmm alterna

Fmm giratoria

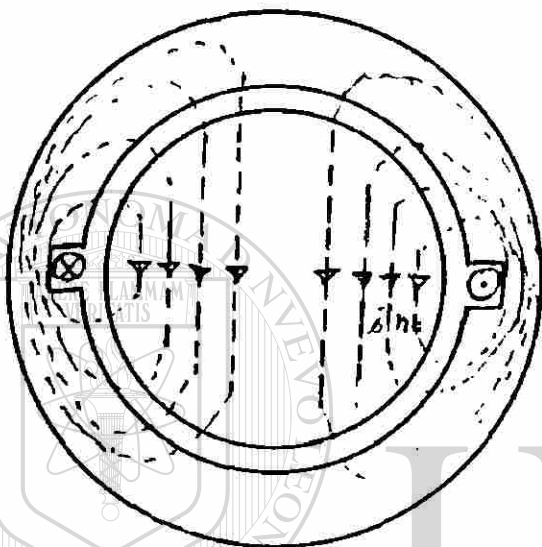


Fig. 4.1

Máquina elemental con una sola bobina una fase 2 polos  
Una sola bobina de  $N_c$  vueltas puede ser considerado como una fase de un sistema polifásico (o de un devanado polifásico) con  $q = 1$ .

La máquina tiene 2 polos puesto que el flujo entra a la armadura (inducida o parte interior) una vez y sale una vez.

Se ve de la figura que cada línea de fuerza está entrelazada con todos los  $N_c i$  ampers vueltas.

Aplicando la ley de amper del circuito magnético

$$\oint H_c \cdot dl = NI \quad \dots (4.1)$$

la integral de línea  $\oint H_c dl$  es la misma para todas las líneas de fuerza puesto que la fmm  $N_c i$  es la misma para todas las líneas de fuerza.

(la interpretación de que la  $\oint H_c dl$  es  $N_c i$  en cada una de las trayectorias puede ser como sigue: en la primera trayectoria de corta longitud - la intensidad de  $H_c$  es grande mientras que en las mas alejadas la lon

tud de la trayectoria magnetica es larga y la intensidad de H es baja de tal manera que para cualquier trayectoria  $\oint H_e dl = N_c i$

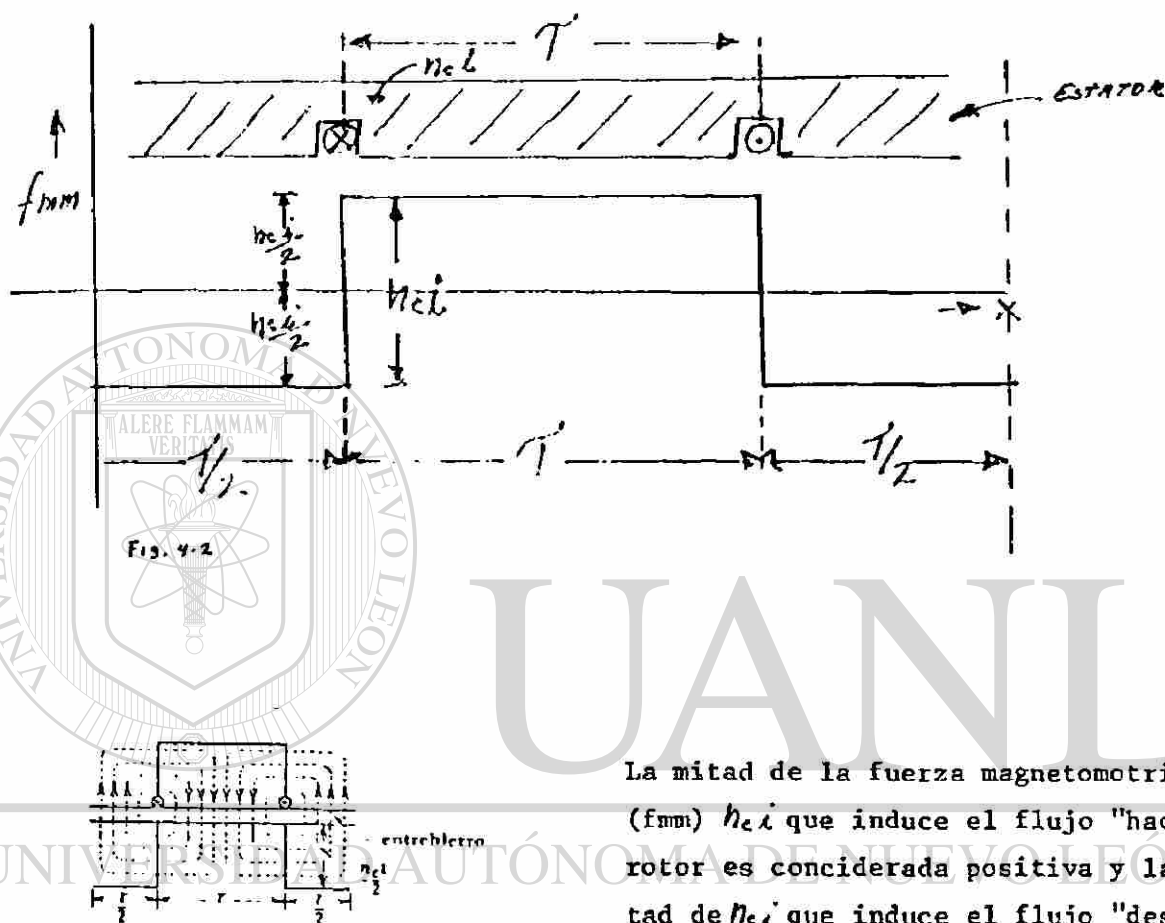


Fig. 4.3 Curva de la fmm de la máquina elemental

La mitad de la fuerza magnetomotriz (fmm)  $n_c i$  que induce el flujo "hacia" el rotor es considerada positiva y la mitad de  $n_c i$  que induce el flujo "desde" el rotor es considerada negativa.

la principal caída de fmm ocurre en el entrehierro  $g$  debido a la alta permeabilidad del del hierro (la caída en el hierro es despreciable)

$$B = \mu_0 \mu_r H$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{Tesla}}{\text{Amp}} \cdot \text{m}$$

$$\mu_r = 0.4\pi \frac{\text{Gauss-cm}}{\text{amp}}$$

$$B = 0.4\pi \mu_r H \quad (4.2)$$

$$\oint H_e dl = N_c i$$

$$\oint H_e dl = H_g 2g$$

$$N_c i = H_g 2g$$

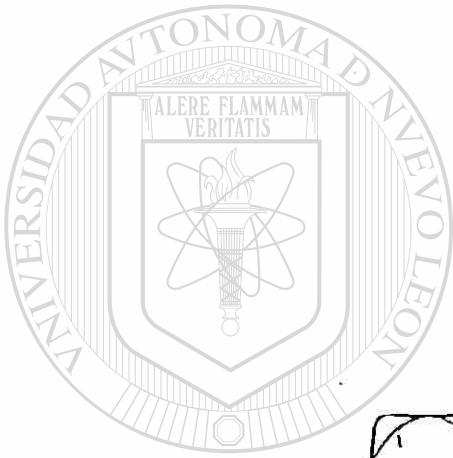
$$H_g = \frac{N_c i}{2g} \quad (4.3)$$

$$\begin{aligned}
 B_g &= 0.4 \pi H_g \\
 B_g &= 0.4 \pi \frac{\rho_c L}{2g} \\
 B_g &= 0.4 \pi \left( \frac{\rho_c L}{Z} \right) \left( \frac{1}{g} \right) \quad (4.4)
 \end{aligned}$$

$\mu_r = 1$  (en el aire)

g. es constante en las maquinas de inducción

Segun esta ecuación las figuras anteriores no solamente representan la forma de la fmm sino que también en otra escala la distribución del flujo en el entrehierro (curva de B )



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

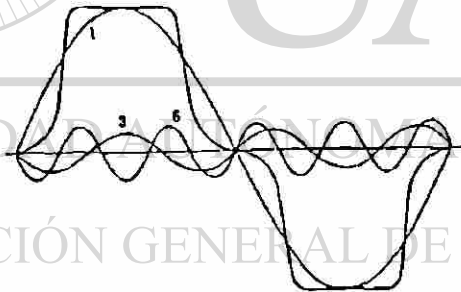


Fig. 4.4 Curva de la distribución de flujo en vacío con una fundamental y dos armónicas únicamente

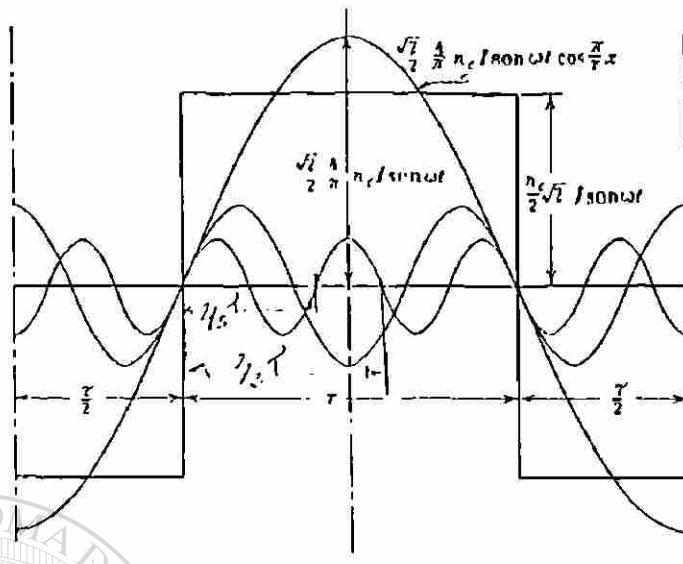


Fig. 4.5 Curva de la fmm del arrollamiento monofásico de la Fig. de 2 polos, mostrada con la fundamental y dos armónicas únicamente

Periodo  $T = 2\tau$        $f = \frac{1}{T}$        $\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{\tau}$        $\boxed{\omega_0 = \frac{\pi}{T}}$        $T = \frac{\pi \rho}{p}$

simetrías por  $f(t) = f(-t)$ ;  $\frac{1}{2}$  onda  $f(t) = -f(t \pm T/2)$   $\therefore \frac{1}{4}$  onda

Por Series de Fourier:

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1} \cos[(2n-1)\omega_0 x]$$

$$a_{2n-1} = \frac{8}{T} \int_0^{T/4} f(x) \cos[(2n-1)\omega_0 x] dx$$

$$f(x) = \frac{n_c i}{2} \quad \frac{T}{2} > T > 0$$

$$a_{2n-1} = \frac{8}{(2n-1)\omega_0 T} \int_0^{T/4} \left\{ f(x) \cos[(2n-1)\omega_0 x] \right\} (2n-1)\omega_0 dx$$

$$= \frac{8}{(2n-1)\omega_0 T} \left. \text{Sen}[(2n-1)\omega_0 x] \right|_0^{T/4} \quad \text{para onda cuadrada unitaria } f(x) = 1$$

$$= \frac{8}{(2n-1)\frac{\pi}{T}(2T)} \left\{ \text{Sen}\left[(2n-1)\frac{\pi}{T} \frac{2T}{4}\right] - \text{Sen}\left[(2n-1)\frac{\pi}{4}(0)\right] \right\}$$

$$\boxed{a_{2n-1} = \frac{4}{(2n-1)\pi} \text{Sen}\left[(2n-1)\frac{\pi}{2}\right]} \rightarrow \text{onda cuadrada unitaria.}$$

$$a_{2n-1} = \frac{4}{(2n-1)\pi} \text{Sen} [(2n-1)\pi/2] \rightarrow \text{Onda Cuadrada unitaria}$$

$$\text{Para } (2n-1) = 1 \quad a_1 = \frac{4}{\pi} \quad \boxed{a_1 = 4/\pi}$$

$$\text{Para } (2n-1) = 2 \quad a_2 = \frac{4}{2\pi} \text{Sen} \left(\frac{2\pi}{2}\right) = 0 \quad \boxed{a_2 = 0}$$

$$\text{Para } (2n-1) = 3 \quad a_3 = \frac{4}{3} \text{Sen} \frac{3\pi}{2} = \frac{4}{3} \quad \boxed{a_3 = -4/3\pi}$$

$$\text{Para } (2n-1) = 4 \quad \boxed{a_4 = 0}$$

$$\text{Para } (2n-1) = 5 \quad \boxed{a_5 = \frac{4}{5\pi}}$$

$$f(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1} \cos[(2n-1)\pi/T x] \quad \omega_0 = \pi/T$$

$$f(x) = \frac{4}{\pi} \cos \frac{\pi}{T} x - \frac{4}{3} \cos \frac{3\pi}{T} x + \frac{4}{5\pi} \cos \frac{5\pi}{T} x$$

$$\boxed{f(x) = \frac{4}{\pi} \left[ \cos \frac{\pi}{T} x - \frac{1}{3} \cos \frac{3\pi}{T} x + \frac{1}{5} \cos \frac{5\pi}{T} x - \dots \right]} \quad (4.5)$$

$$f(t) = \frac{4}{\pi} \left[ \cos \omega_0 t - \frac{1}{3} \cos 3\omega_0 t + \frac{1}{5} \cos 5\omega_0 t - \dots \right]$$

$$t \rightarrow x \quad \omega_0 = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} = \frac{\pi}{T} \quad \omega_0 = \frac{\pi}{T} \quad T = 2T$$

PARA ONDA CUADRADA UNITARIA

$$f(x) = \frac{4}{\pi} \left[ \cos \frac{\pi}{T} x - \frac{1}{3} \cos \frac{3\pi}{T} x + \frac{1}{5} \cos \frac{5\pi}{T} x - \frac{1}{7} \cos \frac{7\pi}{T} x + \dots \right]$$

EN NUESTRO CASO LA ONDA CUADRADA TIENE UNA MAGNITUD DE  $\frac{nc \cdot l}{2}$

$$f(x) = \frac{4}{\pi} \frac{nc \cdot l}{2} \left[ \cos \frac{\pi}{T} x - \frac{1}{3} \cos \frac{3\pi}{T} x + \frac{1}{5} \cos \frac{5\pi}{T} x - \frac{1}{7} \cos \frac{7\pi}{T} x + \dots \right]$$

Para la fundamental

$$F(x) = \frac{4}{\pi} \frac{n_c i}{2} \cos \frac{\pi}{l} x \dots (4.7)$$

$$\text{Si } i = I_{\max} \text{ Sen } \omega t$$

$$\text{e } I_{\max} = \sqrt{2} I, \text{ donde } I \rightarrow \text{valor eficaz (RMS)}$$

Sustituyendo en

$$F(x) = \frac{4}{\pi} \frac{n_c i}{2} \sqrt{2} I \text{ Sen } \omega t \cos \frac{\pi}{l} x$$

$$(4.8) \quad f(x) = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{4}{\pi} n_c I \text{ Sen } \omega t \cos \frac{\pi}{l} x$$

$$f_{\max} = 0.9 n_c I$$

$$F(x) = 0.9 n_c I \text{ Sen } \omega t \cos \frac{\pi}{l} x \quad (4.9)$$

Para un instante de tiempo fijo "t", esta fmm y también la distribución de la densidad de flujo B producida por esta son cosenoidales con función de X (distancia o espacio).

Para un punto fijo "x" ambos la fmm y B son máximas cuando la corriente es máxima y son cero cuando la corriente es cero. Si la dirección de la corriente es invertida la dirección de la fmm y B también se invierten.

Tal fmm y flujo son referido como una fmm alterna y un flujo alterno

El flujo alterno puede ser caracterizado como un flujo el cual es fijo en el espacio (onda estacionaria) mientras su magnitud varia de un máximo - positivo a un máximo negativo.



Fmm Giratoria.

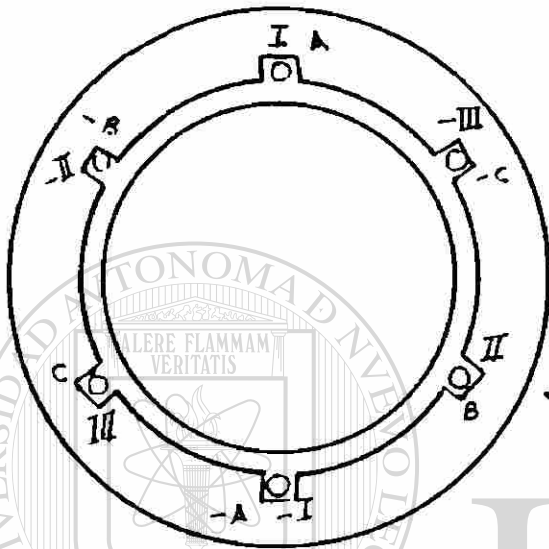


Fig. 4.6

La fig. 4.6 muestra una máquina elemental trifásica de 2 polos. Hay tres bobinas que están desplazadas una de otra en el espacio por  $120^\circ$  y deberá asumirse que ellas están alimentadas por corrientes desfasadas una de otra  $120^\circ$  en el tiempo.

Cada una de las bobinas deberá producir una fmm rectangular como la mostrada en la fig. 4.2 de las cuales solamente la fundamental deberá ser considerada aquí usando la fase I como referencia y colocando el punto de  $x=0$ , como antes en la fig.

en el eje de esta bobina, las tres fmm producidas por las 3 bobinas

son:

$$f_I(x) = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{4}{\pi} n_c I \sin \omega t \cos \frac{\pi}{\tau} x$$

$$f_{II}(x) = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{4}{\pi} n_c I \sin (\omega t - 120^\circ) \cos \left( \frac{\pi}{\tau} x - 120^\circ \right)$$

$$f_{III}(x) = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{4}{\pi} n_c I \sin (\omega t - 240^\circ) \cos \left( \frac{\pi}{\tau} x - 240^\circ \right)$$

$$F_{amp.} = \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{4}{\pi} = 0.9 n_c I$$

$$f_T(x) = f_I(x) + f_{II}(x) + f_{III}(x)$$

$$f_T(x) = 0.9 n_c I \left[ \text{Sen } \omega t \cos \frac{\pi}{T} x + \text{sen } (\omega t - 120^\circ) \cos \left( \frac{\pi}{T} x - 120^\circ \right) + \text{sen } (\omega t - 240^\circ) \cos \left( \frac{\pi}{T} x - 240^\circ \right) \right]$$

$$\text{Sen } \alpha \cos \beta = 1/2 \text{ Sen } (\alpha + \beta) + 1/2 \text{ Sen } (\alpha - \beta)$$

$$f_T(x) = 0.9 n_c I \left[ 1/2 \text{ Sen } (\omega t + \frac{\pi}{T} x) + 1/2 \text{ Sen } (\omega t - \frac{\pi}{T} x) + 1/2 \text{ Sen } (\omega t - 120^\circ + \frac{\pi}{T} x - 120^\circ) + 1/2 \text{ Sen } (\omega t - 120^\circ - \frac{\pi}{T} x + 120^\circ) + 1/2 \text{ Sen } (\omega t - 240^\circ + \frac{\pi}{T} x - 240^\circ) + 1/2 \text{ Sen } (\omega t - 240^\circ - \frac{\pi}{T} x + 240^\circ) \right]$$

$$f_T(x) = 0.9 n_c I \left[ 1/2 \text{ Sen } (\omega t + \frac{\pi}{T} x) + 1/2 \text{ Sen } (\omega t - \frac{\pi}{T} x) + 1/2 \text{ Sen } (\omega t + \frac{\pi}{T} x - 240^\circ) + 1/2 \text{ Sen } (\omega t - \frac{\pi}{T} x) + 1/2 \text{ Sen } (\omega t + \frac{\pi}{T} x - 480^\circ) + 1/2 \text{ Sen } (\omega t - \frac{\pi}{T} x) \right]$$

$$1/2 \text{ Sen } (\omega t + \frac{\pi}{T} x) + 1/2 \text{ Sen } (\omega t + \frac{\pi}{T} x - 240^\circ) + 1/2 \text{ Sen } (\omega t + \frac{\pi}{T} x - 480^\circ) = 0$$

$$1/2 \text{ Sen } (\omega t + \frac{\pi}{T} x) + 1/2 \text{ Sen } (\omega t + \frac{\pi}{T} x - 240^\circ) + 1/2 \text{ Sen } (\omega t + \frac{\pi}{T} x - 120^\circ) = 0$$

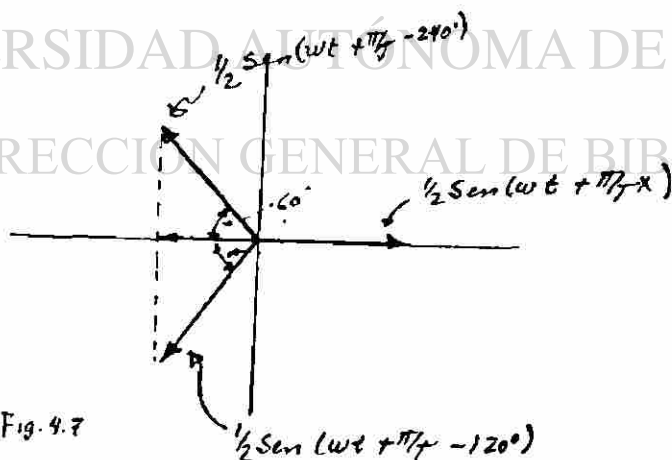


Fig. 4.7

$$\therefore f_T(x) = 0.9 n_c I \left[ 3/2 \text{ Sen } (\omega t - \frac{\pi}{T} x) \right]$$

$$f_T(x) = 1.35 n_c I \text{ Sen } (\omega t - \frac{\pi}{T} x) \quad (4.10)$$

$$f(x) = \frac{3}{2} \left( \frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{4}{\pi} \right) \text{NcI Sen} \left( \omega t - \frac{\pi}{\tau} x \right) = 1.35 \text{NcI Sen} \left( \omega t - \frac{\pi}{\tau} x \right) \quad (4.10)$$

La resultante fmm contiene una función Seno de tiempo y espacio.

Observando la posición de un punto fijo de la onda por ejemplo el punto A en diferentes instantes de tiempo, a medida que el tiempo pasa este punto se mueve a la derecha en la dirección positiva de el eje x.

Esto significa que la función  $\text{Sen} \left( \omega t - \frac{\pi}{\tau} x \right)$  representa una onda viajera.

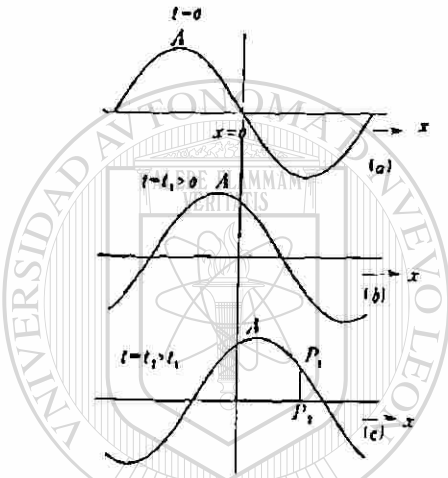


Fig. 4.8

La función  $\text{sen} \left( \omega t - \frac{\pi}{\tau} x \right)$  en diferentes instantes de tiempo

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La resultante fmm de un devanado [la función  $\text{Sen} \left( \omega t - \frac{\pi}{\tau} x \right)$ ] polifásico (2 ó -

más fases) es una fmm la cual viaja alrededor del estator (en el entrehierro) con amplitud etc. Tal fmm y el flujo producido por esta se refieren a una fmm giratoria y a un flujo giratorio.

Una comparación de la fmm giratoria (o flujo) con la fmm alterna (o flujo) muestra que la primera tiene amplitud cte y se mueve alrededor del entrehierro de la máquina mientras que la última tiene amplitud variable y está fija en el espacio.

La velocidad de propagación de la fmm (onda) representada por ec. 4.10. y el flujo producida por esta puede ser determinada de la ec. 4.10, imaginemos un observador viajando con la fmm y situado en P1 de la onda (fig. 4.8 )

Para este observador la magnitud de la fmm deberá tener siempre el mismo valor.  $P_1 P_2$  por lo tanto para él el lado derecho de la ec. 4.10 es una cte. puesto que el factor  $(3/2)(\sqrt{2}/2)(4/\pi) \text{ NcI}$  tiene un valor cte., la condición que existe para el observador es:

$$\text{Sen} \left( \omega t - \frac{\pi}{\tau} X \right) = \text{cte.}$$

$$\therefore \omega t - \frac{\pi}{\tau} X = \text{cte}$$

diferenciando con respecto a el tiempo "t" la velocidad de propagación --  $dx/dt$  es obtenida.

$$\frac{d(\omega t)}{dt} = \omega \frac{dt}{dt} = \omega$$

$$\frac{d(\omega t)}{dt} - \left( \frac{\pi}{\tau} \right) \frac{dx}{dt} = 0$$

$$\omega - \left( \frac{\pi}{\tau} \right) \left( \frac{dx}{dt} \right) = 0 \quad \omega = 2\pi f$$

$$f = \frac{1}{T}$$

$$\frac{dx}{dt} = \omega \frac{T}{\pi} = (2\pi f) \frac{T}{\pi} = 2fT = \frac{2T}{T}$$

$$v = \frac{dx}{dt} = 2fT$$

la distancia recorrida por la onda en un minuto es  $2fT \times 60$  (dist./min) y la distancia en una revolución es  $\pi T$  (dist./rev)

$$T = \frac{\pi P}{P}$$

$$N = \frac{2fT \times (60)}{\pi T} = \frac{120 f}{P}$$

$$\frac{\text{dist./min}}{\text{dist./rev.}} = \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

$$\pi T = \pi D$$

aplicando la relación  $\text{Sen } \alpha \text{ cos } \beta = 1/2 \text{ Sen } (\alpha + \beta) + 1/2 \text{ Sen } (\alpha - \beta)$  a la ec. 4.8

$$F(x) = \left( \frac{\sqrt{2}}{2} \right) \left( \frac{4}{\pi} \right) \text{ NcI Sen } \omega t \text{ Cos } \frac{\pi}{\tau} x$$

$$\alpha = \omega t \quad \beta = \left( \frac{\pi}{\tau} \right) x$$

$$f(x) = 1/2 \left( \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 4/\pi \cdot NcI \right) \text{Sen} (wt + \pi/TX) + 1/2 \left( \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot 4/\pi \cdot NcI \right) \text{Sen}(wt - \pi/TX)$$

esto demuestra que la fmm de un devanado monofásico (m = 1) se puede descomponer en 2 campos giratorios de dirección opuesta.

Las ecs. 4.9 y 4.10 fueron deducidas para el caso de una bobina por par de polos y por fase  $\therefore$  una ranura por polo y por fase.

$$(q=1)$$

Si hay q bobinas (q>1) en serie hay que introducir el factor de distribución Kd.

Si las bobinas están acortadas hay que introducir el factor de paso Kp.

Para 3 fases la fmm resultante es 3/2 de c/u para m fases será m/2 según se ve en las ecs. 4.9 y 4.10 --

$$f_{mm}(x) = 3/2 (0.9 NcI) \text{Sen} (wt - \pi/T X) \quad 3\phi$$

$$f_{mm}(x) = 1/2 (0.9 NcI) \text{Sen} (wt + \pi/TX) + 1/2 (0.9 NcI) \text{Sen}(wt - \pi/TX)$$

como se puede ver para 1 fase la magnitud del fmm giratoria es:

$$1\phi \quad F_{mm} = 1/2 (0.9 NcI)$$

para 3 $\phi$

$$3\phi \quad F_{mm} = 3/2 (0.9 NcI)$$

Para m fases

$$m \phi \quad F_{mm} = m/2 (0.9 NcI) = 0.45 M NcI$$

para q bob por polo con Kd y Kp

m fases z capas

$$F_{mm} = M/2 (0.9 qNcKdKpI) \quad (z \text{ capas})$$

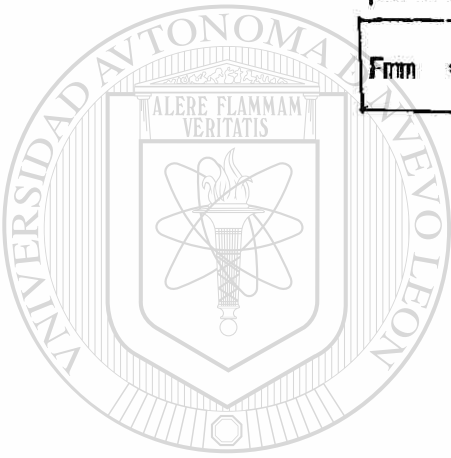
$$N_f = q N_c P$$

$$q N_c = \frac{N_f}{P}$$

$$F_{mm} = m/2 \left( 0.9 \frac{N_f}{P} K_{dp} I \right) \quad (2 \text{ capas})$$

para 2 capas

$$F_{mm} = 0.9 m \frac{N_f}{P} K_{dp} I$$



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

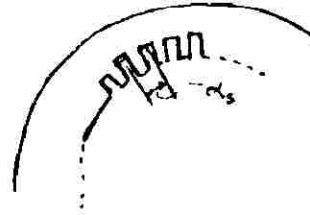
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Factores de distribución y de paso para las armónicas

$h$  = el número de armónica

$$\alpha_s = \frac{180P}{Q}$$

$$\alpha_{hs} = h \frac{180P}{Q} = h\alpha_s$$



$$qh \frac{s}{2} = (h - 1), \text{ para } K_{dh} = 0$$

$$h = \# \text{ impar}$$

$$K_d = \frac{\text{Sen}(qh \frac{\alpha_s}{2})}{h \text{ Sen}(h \frac{\alpha_s}{2})}$$

$$K_{ph} = \text{Sen}\left(h \frac{w}{T} \frac{\pi}{2}\right)$$

$$\text{Para } K_{ph} = 0 \quad h \frac{w}{T} = h - 1 = \text{par}$$

$h \rightarrow$  siempre es impar

$(h - 1) \rightarrow$  es par

$$\text{Si } w = \frac{(h-1)T}{h} \quad \circ \quad \frac{w}{T} = \frac{h-1}{h}$$

$$K_{ph} = \text{Sen}\left[\frac{h(h-1)T \pi/2}{Th}\right]$$

$$K_{pn} = \text{Sen}(h-1) \pi/2 = 0 \quad h \frac{w}{T} = h - 1$$

por ejemplo:

Si  $Q = 12$  ran

$$p = 2 \text{ polos} \quad T = \frac{Q}{p} = \frac{12}{2} = 6$$

$$m = 3\phi$$

$\text{Supos} = 6$

$q = \frac{12}{6} = 2$

$Kp = \text{Sen } \frac{4}{6} \pi/2 = \text{Sen } \pi = 0$

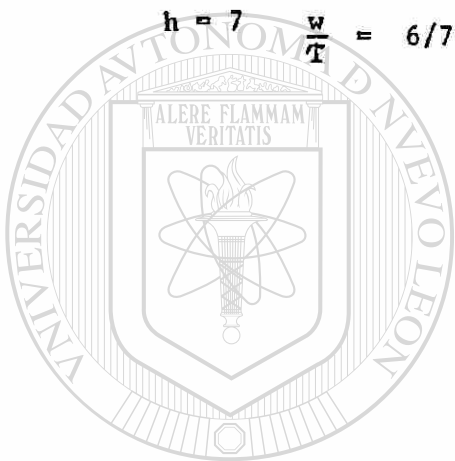
para  $h = 3$   $\frac{w}{T} = 2/3$

$Kp5 = \text{Sen} \left[ 5 \frac{4}{5} (\pi/2) \right]$

$h = 5$   $\frac{w}{T} = 4/5$   
 $h = 7$   $\frac{w}{T} = 6/7$  }  $5/6$

$Kp5 = \text{Sen } 2 \pi = 0$

$E5 = 0$



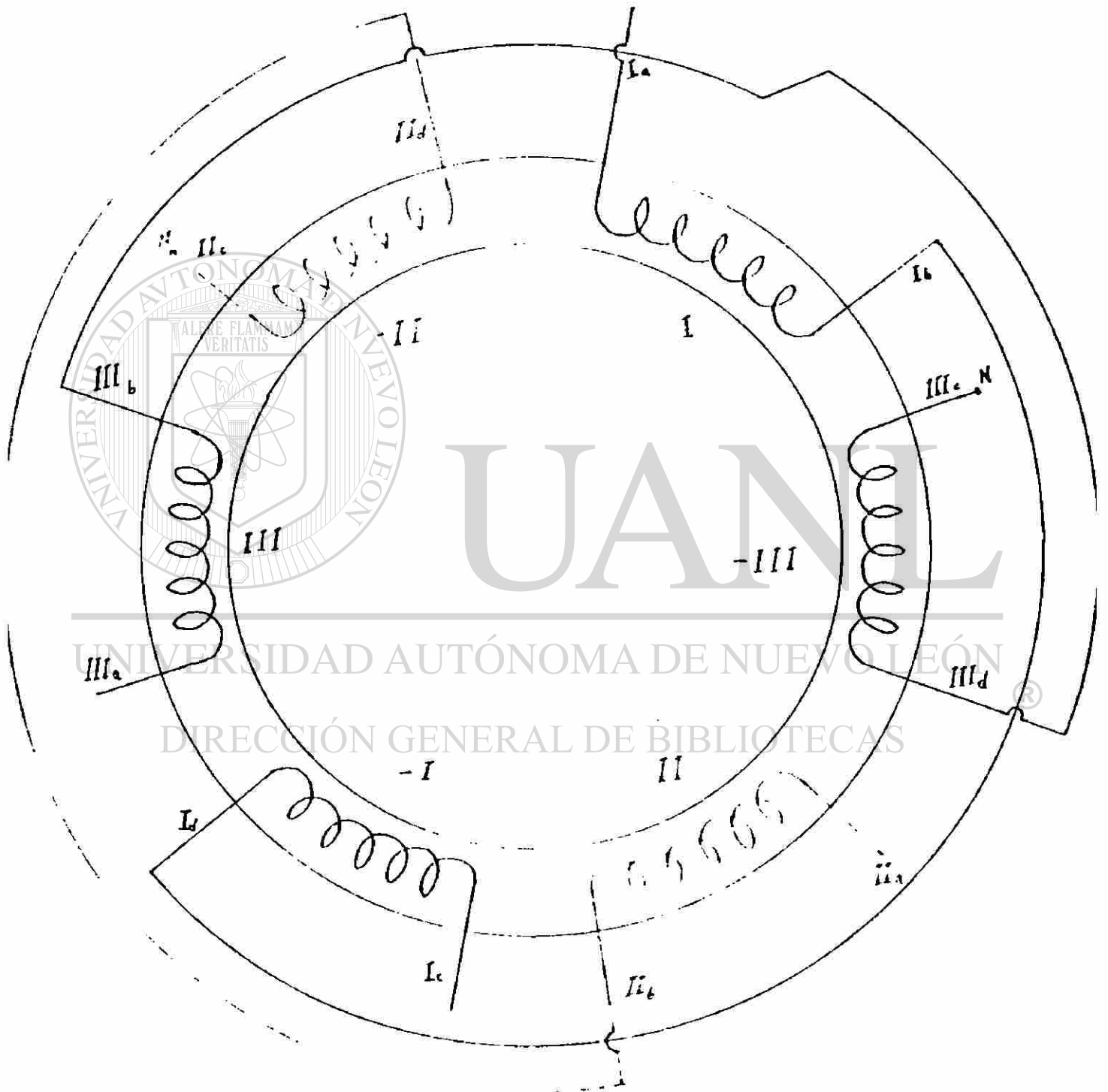
# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

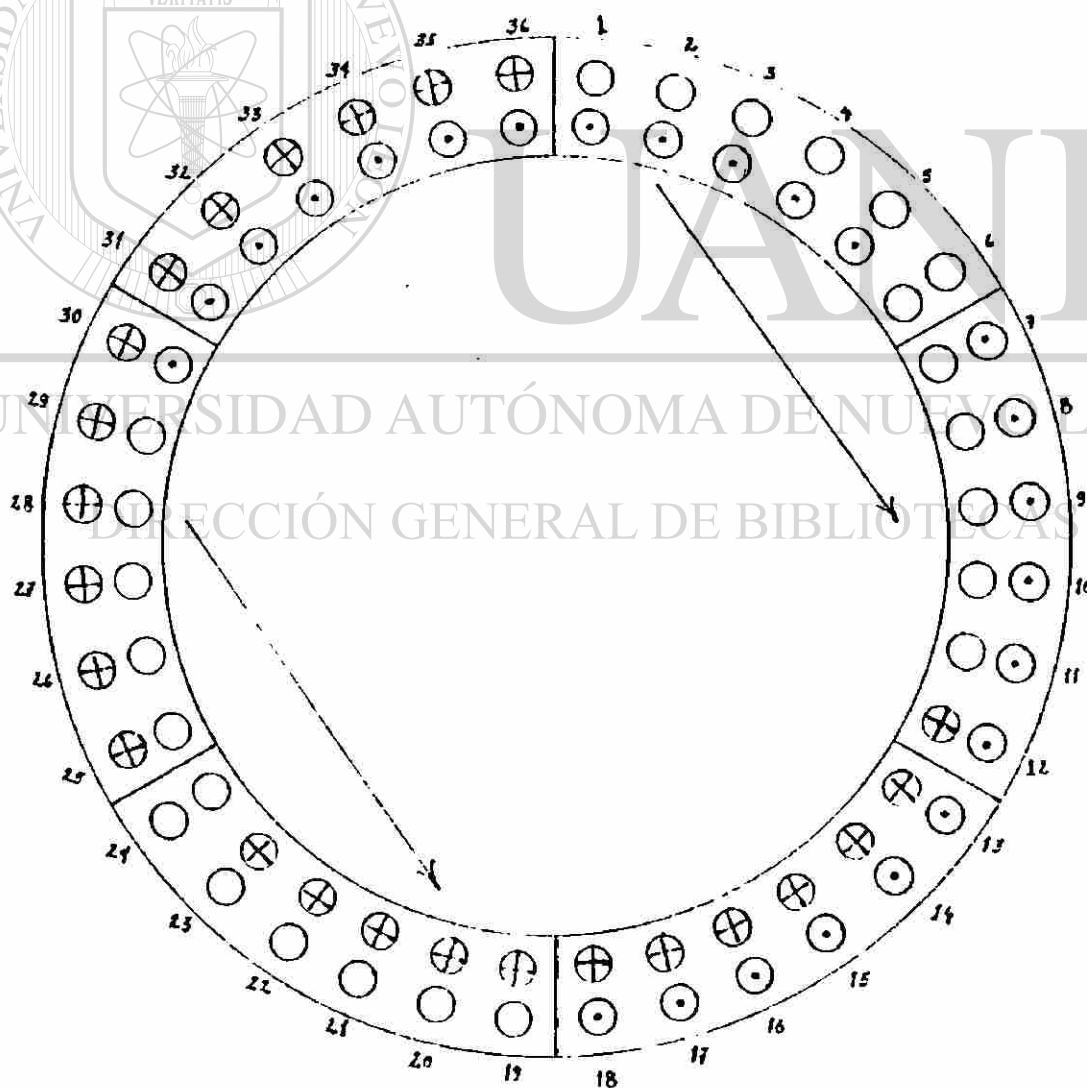
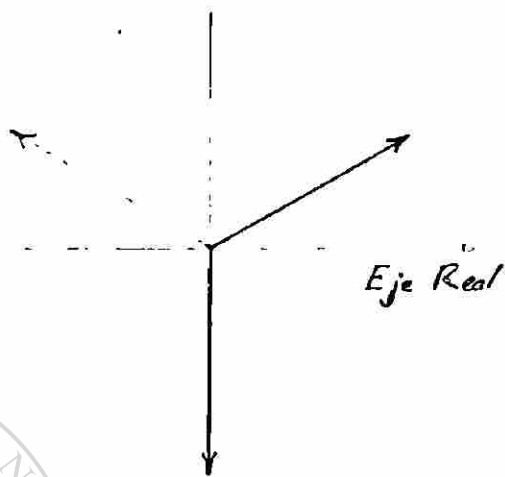


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

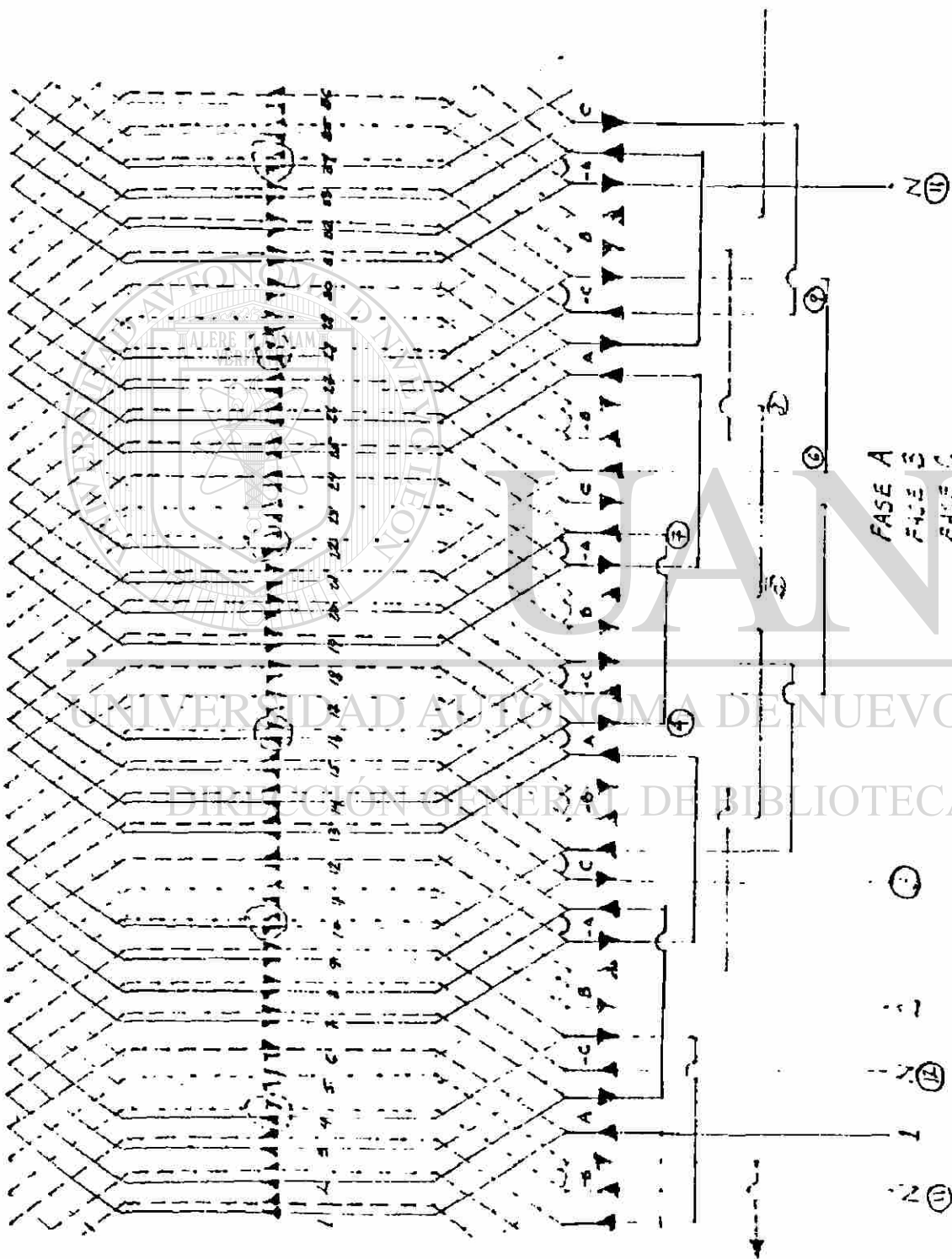




①



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



$Q = 36 \text{ Ran. } 3\phi. \text{ Doble capa, } P = 6 \text{ Polos } \text{ Grupos} = 18 \quad \varphi = 2 \frac{\text{Ran}}{\text{Grupo}} = 2 \frac{36}{18}$

$W = 5 \text{ Ran. } \quad \frac{W}{T} = \frac{5}{6} \quad K_p = 0.968 \quad K_{dp} = 0.94$

$T = 6 \text{ Ran} \quad K_d = 0.968$

FASE A  
 FASE B  
 FASE C

## CAPITULO 5

### EL MOTOR POLIFASICO DE INDUCCION COMO UN TRANSFORMADOR

El motor de inducción contrario a otras máquinas eléctricas solamente una parte de la máquina el estator es conectado a una fuente de potencia.

El rotor del motor de inducción no es conectado a ninguna fuente de potencia pero recibe su energía por inducción (esto mismo se aplica a el transf.).

Por lo tanto el motor de inducción opera bajo el principio del transformador como será demostrado a continuación.

1. El motor de inducción en reposo. (a) Arrollamiento del rotor abierto. Considérese un motor trifásico con un rotor devanado trifásico, fig. , cuyos anillos rozantes están en principio abiertos. En este caso el motor de inducción se comporta exactamente como un transformador con su secundario abierto (en vacío). La tensión de línea aplicada obliga al paso de la corriente en los arrollamientos del estator que producen un flujo giratorio. La magnitud de las corrientes y del flujo son tales que se satisface la ley de mallas de Kirchhoff.

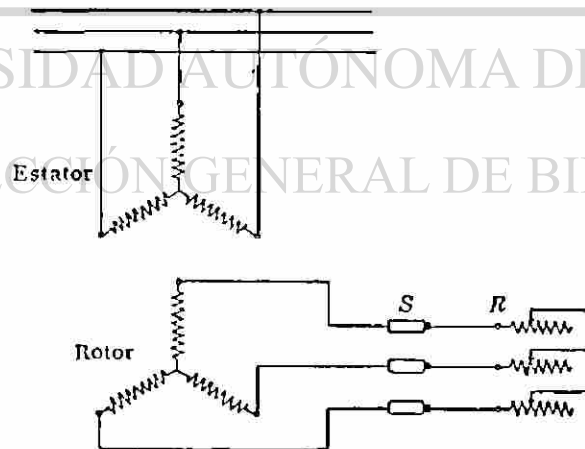


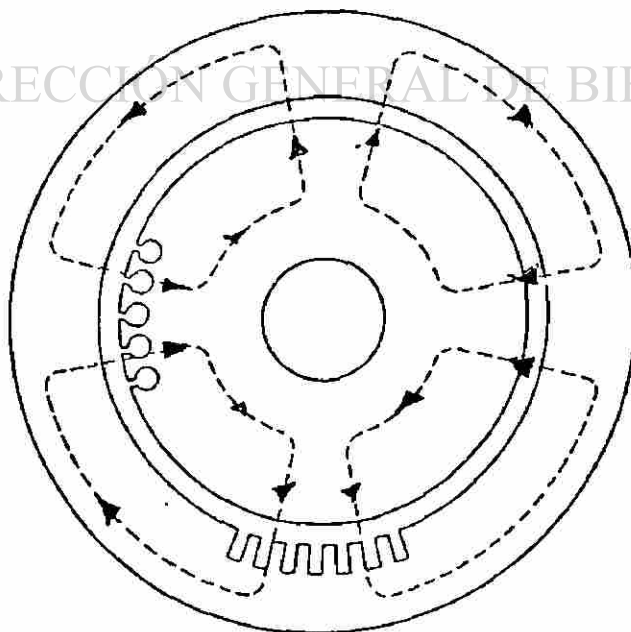
Diagrama esquemático de un motor de inducción trifásico,  
de rotor devanado

a) El devanado del rotor abierto ( $N_r=0$ )

Al igual que en el transf. además del voltaje aplicado hay dos fem's producidos por

- 1) el flujo principal
- 2) el flujo de dispersión (o. de fuga)

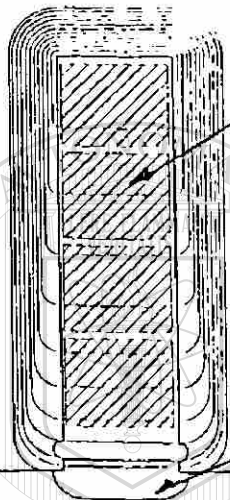
- 1) Flujo principal ' El que enlaza ambos devanados, o sea el primario (estator) y secundario (rotor)
- 2) Flujos de dispersión. Los flujos que están enlazados únicamente con el devanado del estator (y no del rotor)



Trayectorias del flujo principal en un motor de inducción de 4 polos

Flujos de fuga dispersión de el estator del motor de inducción.

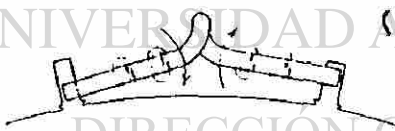
- 1) flujo de dispersión de la ranura (el que cruza la ranura)
- 2) el flujo de dispersión en la parte superior del diente.
- 3) el flujo de dispersión en los cabezales (finales de bobina)
- 4) el flujo de dispersión diferencial



(1) el que cruza la ranura en su parte inferior sin enlazar el rotor (o devanado sac.)

(2) el que cruza el entrehierro sin pasar o enlazar el hierro del rotor.

Flujos de dispersión en la ranura y en la parte superior del diente



(3) Flujo de dispersión en los cabezales

- (4) solamente el flujo producido por la fundamental de la onda de fmm produce el par motor útil de la máquina, los flujos armónicos son flujos parásitos (producen pares parásitos) y se consideran como flujos de dispersión.

Para el estator del motor de inducción (primario)  
( $N_r = 0$ , Secundario Abierto)

$$V_1 = I_1 r_1 + j I_1 X_1 + j I_1 X_m + I_1 r_m$$

$$X = \omega L = 2\pi f L$$

$$L = N \frac{d\phi}{di}$$

$$L_m = N \frac{d\phi_m}{di}$$

$$V_1 = I_1 r_1 + j I_1 X_1 + I_1 z_m$$

$$L_1 = N \frac{d\phi_m}{di}$$

$$z_m = r_m + j X_m$$

La velocidad del flujo giratorio producido por las corrientes --  
del estator con respecto a el estator

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

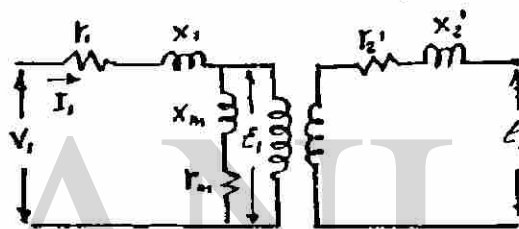
Si  $N_r = 0$   $f_1 = f_2 = \frac{P N_s}{120}$  (se comportaría como transf.)

$$E_2 = 4.44 f_2 N_2 K_{dp2}$$

$$E_1 = 4.44 f_1 N_1 K_{dp1}$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{N_2 K_{dp2}}{N_1 K_{dp1}}$$

$$E_2 = \frac{N_2 K_{dp2}}{N_1 K_{dp1}} E_1$$



MOTOR DE INDUCCION CON EL DEVANADO  
DEL ROTOR ABIERTO ( $N_r = 0$ )

b) cuando el devanado del rotor es cerrado. (Pero el rotor es  
bloqueado tal que  $N_r = 0$ )

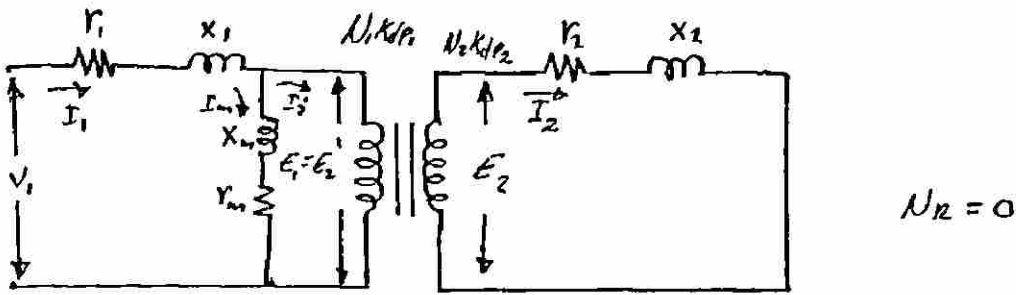
La velocidad sincrónica de la fmm del rotor con respecto a el  
rotor

$$N_s' = \frac{120 f_2}{P} = \frac{120 f_1}{P} = N_s$$

$$f_1 = f_2$$

$$E_2 = I_2 r_2 + j I_2 X_2 \quad (\text{Rotor Cerrado } N_r = 0)$$

El estado estacionario de las ondas de las fmm del estator  
y del rotor es una condición necesaria para la existencia -  
de un par motor uniforme en la máquina asincrónica.



Las cantidades del rotor referidas a el estator se indicaron con una prima .'.  $E_2'$   $r_2'$   $X_2'$  serán cantidades referidas del rotor a el estator.

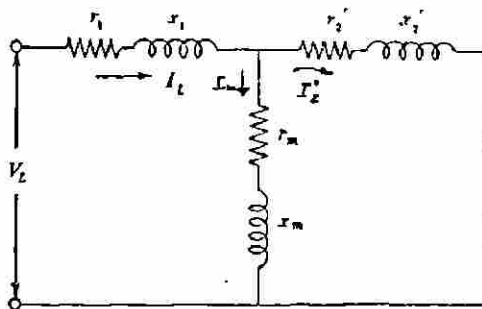
$$E_1 = E_2' = \frac{N_1 K_{dp1}}{N_2 K_{dp2}} E_2$$

$$N_{12} = 0$$

$$I_2' = \frac{N_2 K_{dp2}}{N_1 K_{dp1}} I_2$$

$$r_2' = \left( \frac{N_1 K_{dp1}}{N_2 K_{dp2}} \right)^2 r_2$$

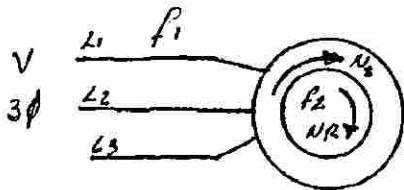
$$X_2' = \left( \frac{N_1 K_{dp1}}{N_2 K_{dp2}} \right)^2 X_2$$



Circuito equivalente del motor de inducción en reposo (rotor frenado)



El motor de inducción cuando gira



$$f_1 = \frac{P N_s}{120}$$

$$f_2 = \frac{P(N_s - N_r)}{120}$$

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{N_s - N_r}{N_s} = s$$

$$f_2 = s f_1$$

El deslizamiento es la velocidad relativa entre el flujo giratorio y la velocidad del rotor como una fracción de la velocidad sincrónica.

$$E_{2s} = 4.44 f_2 N_2 K_{dp2} \phi$$

$$\frac{E_{2s}}{E_1} = \frac{4.44 f_2 N_2 K_{dp2} \phi}{4.44 f_1 N_1 K_{dp1} \phi} = \frac{f_2 N_2 K_{dp2}}{f_1 N_1 K_{dp1}}$$

$$\frac{E_{2s}}{E_1} = s \frac{N_2 K_{dp2}}{N_1 K_{dp1}}$$

REFIRIENDO  $E_{2s}$  DEL ROTOR AL ESTATOR EN UN DESLIZAMIENTO "S"

$$E_{2s}' = \frac{N_1 K_{dp1}}{N_2 K_{dp2}} E_{2s} = \frac{N_1 K_{dp1}}{N_2 K_{dp2}} \left( s \frac{N_2 K_{dp2}}{N_1 K_{dp1}} E_1 \right)$$

$$E_{2s}' = s E_1$$

$$E_{2s}' = s E_2'$$

$E_{2s}'$  = voltaje del rotor referido o el estator en el deslizamiento(s)

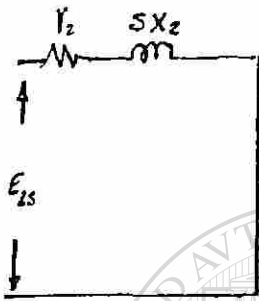
CUANDO  $N_2 = 0$   $S = 1$   $f_1 = f_2$

$$X_2 = \omega L = 2\pi f_2 L$$

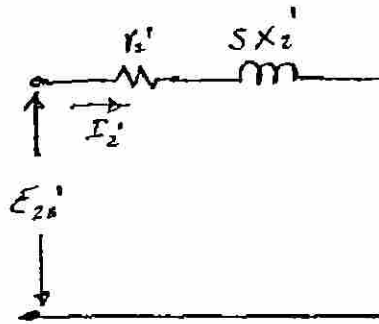
CUANDO  $N_2 \neq 0$ ,  $S \neq 1$   $f_2 = S f_1$

$$X_{2s} = 2\pi S f_2 L = S X_2$$

$$X_{2s} = S X_2$$



ROTOR REAL

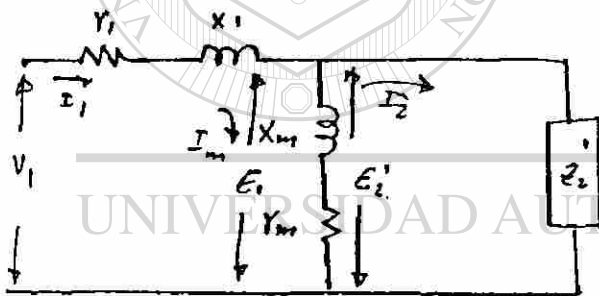


$$E_{2s}' = I_2' (r_2' + sX_2')$$

$$S E_2' = r_2' + sX_2'$$

$$\frac{E_2'}{I_2'} = \frac{r_2' + X_2'}{S}$$

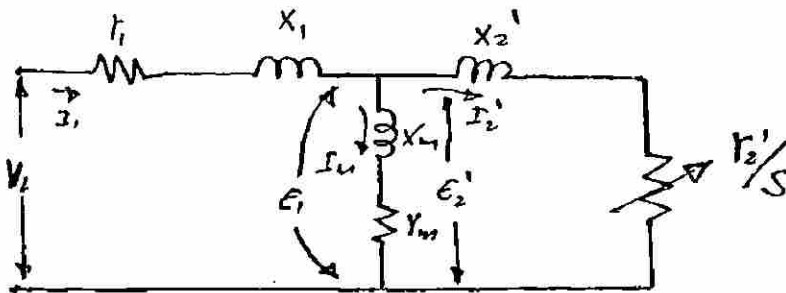
ROTOR EQUIVALENTE CON CANTIDADES REFERIDAS A EL ESTATOR.



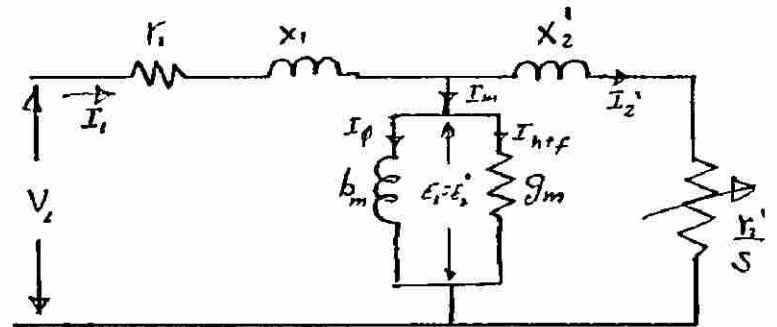
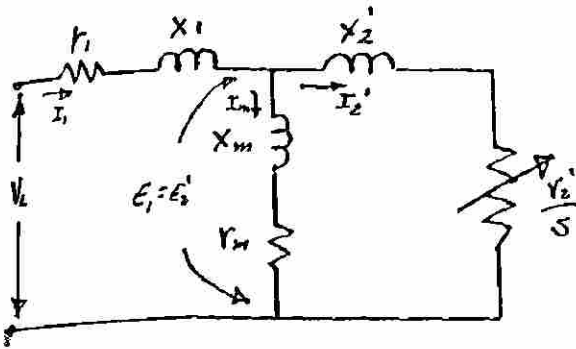
$$Z_2' = \frac{E_2'}{I_2'} \quad E_{2s}' = S E_1 = S E_2'$$

$$Z_2' = X_2' + \frac{r_2'}{S}$$

DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS



CIRCUITO EQUIVALENTE DEL MOTOR DE INDUCCION.



$$Z_m = r_m + jX_m$$

$$Y_m = g_m + j b_m$$

$$Z_m = \frac{1}{Y_m} = \frac{1}{g_m + j b_m} \cdot \frac{g_m - j b_m}{g_m - j b_m}$$

$$Z_m = \frac{g_m - j b_m}{g_m^2 - j^2 b_m^2} = \frac{g_m - j b_m}{g_m^2 + b_m^2}$$

$$Z_m = r_m + jX_m = \frac{g_m}{g_m^2 + b_m^2} - j \frac{b_m}{g_m^2 + b_m^2}$$

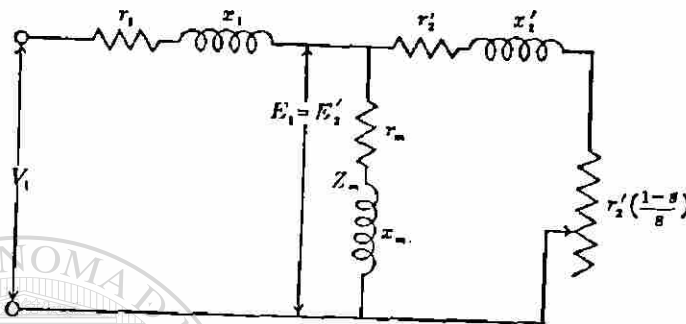
$$r_m = \frac{g_m}{g_m^2 + b_m^2}$$

$$|X_m| = \left| \frac{b_m}{g_m^2 + b_m^2} \right|$$



## CAPITULO 6

### Determinación de los parámetros del circuito equivalente del Motor de inducción.



Circuito equivalente del motor de inducción (por fase)

a). El valor de  $r_1$  se puede medir con un puente de wheatstone ó de Kelvin (para resistencias pequeñas con motores grandes) o con un multímetro como ohmetro para resistencias grandes en motores pequeños.

Esta resistencia sera medida a la temperatura ambiente y debe ser corregida por temperatura (a la temperatura de operación del motor, -- Generalmente  $75^\circ\text{C}$ )

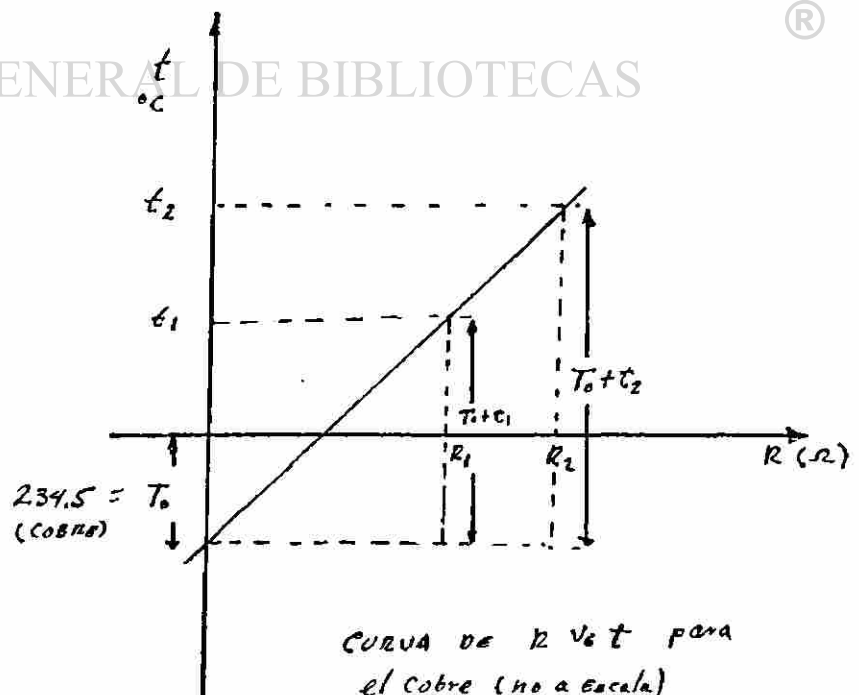
$$\frac{R_2}{T_0 + t_2} = \frac{R_1}{T_0 + t_1}$$

$$R_2 = R_1 \frac{T_0 + t_2}{T_0 + t_1}$$

$$t_1 = 25^\circ\text{C} \quad t_2 = 75^\circ\text{C}$$

234.5 (PARA EL COBRE)

$$= R_1 \frac{234.5 + 75}{234.5 + 25}$$



b) Prueba de rotor bloqueado (a pleno voltaje)

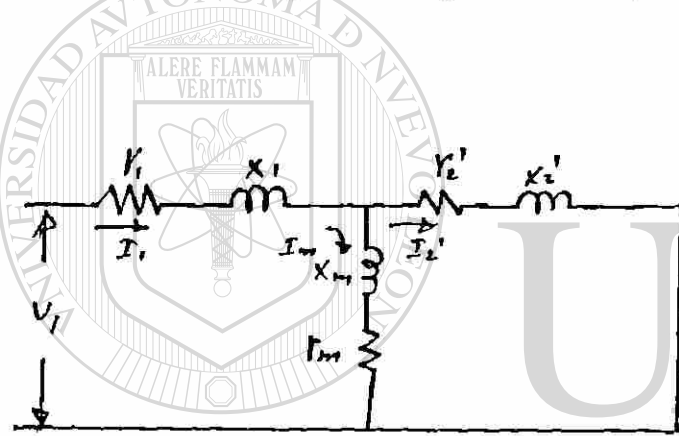
V = Voltaje nominal (por fase)

I = de 4 a 6 veces la corriente nominal (por fase)

$P_T = 3 P_F$  (potencia del motor durante la prueba)

Con esta prueba se obtienen las reactancias  $X_1$  y  $X_2$  saturadas puesto que la corriente es de 4 a 6 veces la corriente nominal.

En rotor bloqueado  $n_r = 0$   $S = 1$



$$r_2' \left( \frac{1-s}{s} \right) = 0$$

$$\frac{r_2'}{s} = r_2'$$

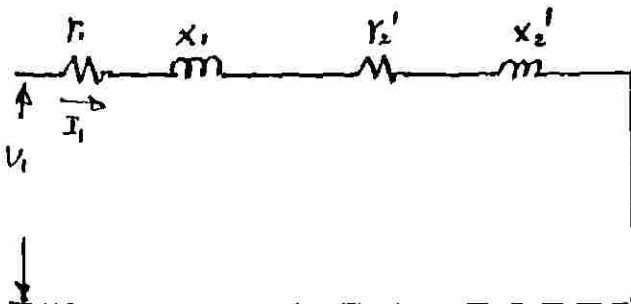
LA CORRIENTE  $I_2' \gg I_m$

$$Z_m = r_m + jX_m \gg (r_2' + jX_2')$$

$$I_m \approx 0$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

∴ El circuito equivalente se puede aproximar a



③  $Z_L = \frac{V_L}{\sqrt{3} I}$

④  $X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2}$

$V_L$  (de línea)  
⑤  $X_1 = X_2' = \frac{X_L}{2}$

①  $R_L = \frac{P_T}{3 I_1^2}$

$R_L = r_1 + r_2'$

②  $r_2' = R_L - r_1$

REACTANCIAS SATURADAS.

$r_1$  (en 75°C)

c) Prueba de rotor bloqueado (a voltaje reducido)

objeto: obtención de  $x_1, x_2'$  (estando presente el efecto pelicular)  
(no saturados)

$$N_2 = 0 \quad s = 1 \quad r_2'/s = r_2'$$

$$Z_L = \frac{V_L}{\sqrt{3} I_L} \quad X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2} \quad x_1 = \frac{X_L}{2}$$

$$x_2' = \frac{x_1}{F_{cp}(s)} \quad (\text{correctada})$$

$$r_2' = \frac{r_2'}{F_{cp}(s)} \quad (\text{correctada})$$

Se mide

$$1) V_f = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \quad (\text{menor que el nominal el suficiente para que tome la corriente nominal}) \text{ por fase}$$

$$2) I_1 = \text{Corriente nominal por fase}$$

$$X_1 = 0.5 X$$

$$X_2' = 0.5 X \quad (\text{motores clase A, D, y rotor devanado})$$

$$X_1 = 0.4 X$$

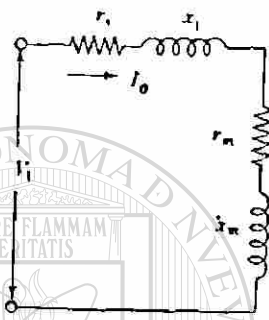
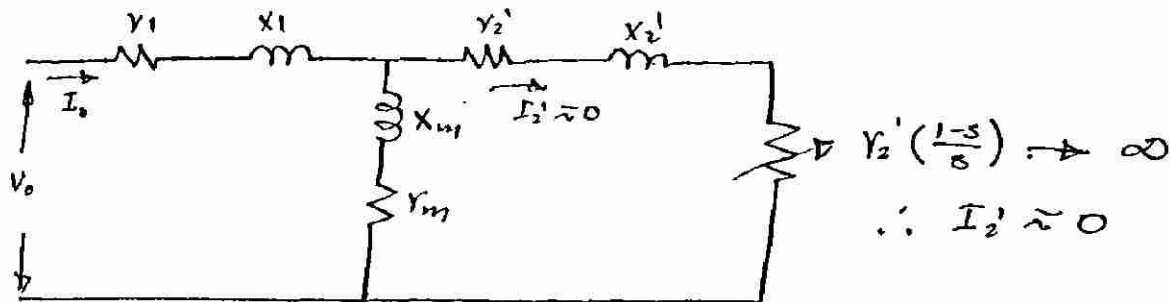
$$X_2' = 0.6 X \quad (\text{motores clase B})$$

$$X_1 = 0.3 X$$

$$X_2' = 0.7 X \quad (\text{motores clase C})$$

Los valores de  $X_1$  y  $X_2'$  obtenidos son los valores no saturados

d) Prueba de vacio  $N_r \approx N_s$   $S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \approx 0$



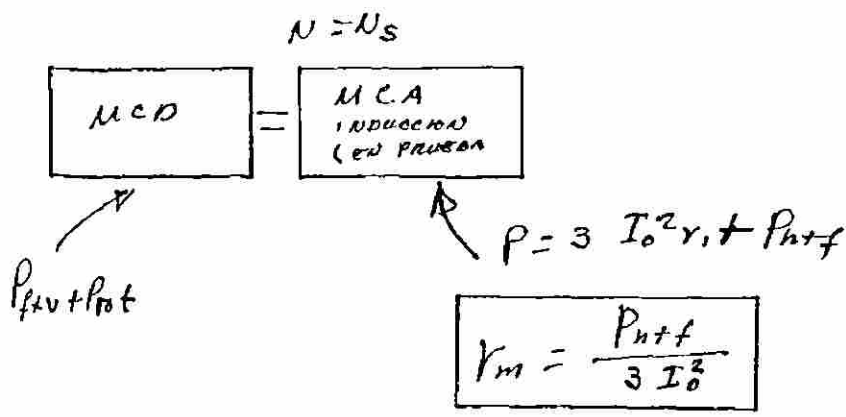
$f_p = \cos \phi = 0.05 \text{ a } 0.15$

Circuito equivalente del motor de inducción en vacío

Mediciones

- 1)  $V_o =$  (voltaje nominal por fase)  $= \frac{V_L}{\sqrt{3}}$
- 2)  $I_o =$  Corriente que existe al aplicar el voltaje nominal (con motor en vacío).
- 3)  $P_T =$  (potencia total consumida por el motor durante la prueba)

$P_T = 3 I_o^2 r_1 + P_{f+V} + P_{rot. hierro} + P_{ntf}$





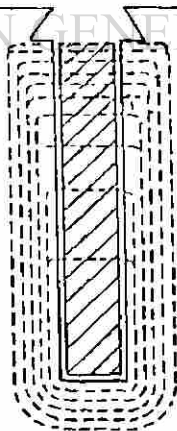
$$X_m = \frac{V_0}{V_2 - I_0 x_1} I_0$$

Si  $I_0 r_1 \approx 0$ ,  $I_0 r_1 \ll I_0 x_m$   
 e  $I_0 r_m \ll I_0 x_m$ ,  $I_0 r_m \approx 0$

### Variación de los parámetros con el deslizamiento

	$x_1$	$x_2'$	$r_2'$
Efecto pelicular en las barras del rotor	no tiene influencia	disminuye con el incremento del deslizamiento	aumenta con el incremento del deslizamiento
Saturación de la dispersión	disminuye con el incremento del deslizamiento	disminuye con el incremento del deslizamiento	no tiene influencia

Para el fenómeno del efecto pelicular en la barra profunda, puede darse la explicación siguiente. Considérese la Fig. que muestra una ranura con una barra y el flujo de dispersión de la ranura producido por la corriente en la barra. El flujo principal tiene su trayectoria por el núcleo bajo la ranura. Supóngase que la barra está dividida en varios conductores por la ranura. Los conductores que están situados en la parte inferior (fondo) de la ranura están entre-



Explicación del efecto pelicular en los conductores debido al paso del flujo en la ranura

lazados con un flujo de dispersión mucho mayor que los conductores que están situados en la parte superior de la ranura. Por lo tanto, la reactancia de dispersión de los conductores del fondo es mucho mayor que la reactancia de dispersión de los conductores superiores.

EFFECTO GENERAL DE LA VARIACION DE LA TENSION Y DE LA FRECUENCIA EN LAS CARACTERISTICAS DEL MOTOR DE INDUCCION

+ = Aumento - = Disminución

	Par motor máximo de arranque y marcha	Velocidad síncrona	% Desl. durante	Velocidad de plena carga	RENDIMIENTO			FACTOR DE POTENCIA			Corriente de plena carga	Corriente de arranque	Elevación de temperatura a plena carga	Capacidad máxima de sobrecarga	Ruido mecánico, en particular en vacío	
					Plena carga	1/2 carga	1/3 carga	Plena carga	1/2 carga	1/3 carga						
Variación de la tensión	130% tensión	+44%	Sin cambio	-30%	+ 1.5%	Bajo +	1 a 2 puntos	7 a 20 puntos	5 a 15 puntos	10 a 30 puntos	15 a 40 puntos	-31%	+25%	5 a 6 C	+44%	Notable +
	110% tensión	+21%	Sin cambio	-17%	+1%	+ 1 a 1 punto	Sin cambio perfectamente	1 a 2 puntos	3 puntos	4 puntos	5 a 6 puntos	-7%	+10 a 12%	3 a 4 C	+21%	Ligero +
	Función de la tensión	(Tensión) <sup>2</sup>	Constante	(Tensión) <sup>2</sup>	(Velocidad mientra a la velocidad sin.)								Tensión		(Tensión) <sup>2</sup>	
	90% tensión	-19%	Sin cambio	+23%	-11%	- 2 puntos	Sin cambio prácticamente	1 a 2 puntos	1 punto	2 a 3 puntos	4 a 5 puntos	+11%	10 a 12%	6 a 7 C	-19%	Ligero -
	105% Frecuencia	-10%	+5%	Sin cambio prácticamente	+ 5%	Ligero +	Ligero +	Ligero +	Ligero +	Ligero +	Ligero +	Ligero -	5 a 8%	Ligero -	Ligero -	Ligero -
Función de la frecuencia	1	Frecuencia		(Deslizamiento a la vel. sin.)								1				
95% Frecuencia	+11%	-5%	Sin cambio perfectamente	- 5%	Ligero -	Ligero -	Ligero -	Ligero -	Ligero -	Ligero -	Ligero +	5 a 6%	Ligero +	Ligero +	Ligero +	

Nota: Esta tabla muestra los efectos generales, que variarán algo para valores nominales específicos.

$$I = k_1 \phi I_2 \cos \psi_{2s} \quad E = 4.44 f N k_{10} \phi \quad E = k f \phi$$

$$I_2 \propto \phi \quad (\cos \psi_{2s} \approx 1) \quad \phi = k \frac{E}{f} \quad \phi \propto \frac{E}{f}$$

$$T = k_2 \phi^2$$

$$T = k \left( \frac{E}{f} \right)^2$$

$$T = k \frac{V^2}{f^2}$$

$$E \approx V$$

Problema Cap. 6

Encontrar los 6 parámetros de un motor de Inducción. Datos:

800 HP	2300 volts	Pf+v = 4.4 Kw, Ph+f = 0.4 Prot en el hierr
60 Hz	prueba en vacío	Prueba de rotor bloqueado (a pleno voltaje
P = 8 polos	v <sub>1</sub> = 2300 volts	VL = 2300 volts (línea)
barra profunda	I <sub>o</sub> = 43 Amp.	IL = 1200 amp.
	P <sub>o</sub> = 12.5 Kw	PL = 1060 Kw

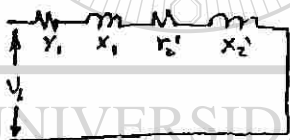
$FEP(r_i) = 1$   
 $FEP(x_i) = 1$

$r_1 (75^\circ C) = 0.103$

Prueba de rotor bloqueado (a voltaje reducido)

VL = 600 volts  
 IL = 240 Amp.  
 (75°C) r<sub>1</sub> = 0.103

de prueba de rotor bloq. a pleno voltaje  
 S = 1



$$R_L = \frac{P_L}{3 I_L^2}$$

$$R_L = \frac{1060 \times 10^3}{3 (12 \times 10^2)^2}$$

$$R_L = \frac{106}{3(144)}$$

$R_L = 0.2455 \Omega$

$$R_L = r_2' + r_1 \quad r_2' = R_L - r_1$$

$r_2' = 0.1425 \Omega$	0.2455
	- 0.1030
	0.1425

Reactancias Saturadas

$$Z_L = \frac{V_L}{I_L} = \frac{2300V}{\sqrt{3}(1200)A} = 1.11 \Omega$$

$$Z_L^2 = R_L^2 + X_L^2 \quad Z_L^2 = 1.235$$

$$X_L^2 = Z_L^2 - R_L^2 \quad X_L^2 = 1.175$$

$$X_L^2 = Z_L^2 - R_L^2$$

$$X_L = \sqrt{Z_L^2 - R_L^2}$$

$$X_L = \sqrt{1.175}$$

$$X_L = 1.08 \Omega$$

$$X_1 \sim X_2' = \frac{X_L}{2} = 0.54 \Omega$$

$X_1 \sim X_2' = 0.54 \Omega$

Reactancias no saturadas

$$Z_L = \frac{600}{3(240)} = 1.445 \Omega$$

$R_L = 0.2455 \Omega$

$$Z^2 = R_L^2 + X_L^2$$

$$X_L = \sqrt{Z^2 - R_L^2}$$

$$Z^2 = (1.445)^2 = 2.10$$

$$R_L^2 = (0.2455)^2 = \frac{0.06}{2.04}$$

$$X_L = \sqrt{2.04}$$

$$X_L = 1.422 \Omega$$

$$X_1 \approx X_2' = \frac{X_L}{2} = \frac{1.422}{2} = 0.711 \Omega$$

$$X_1 \approx X_2' = 0.711$$

$$\text{fact. sat.} = \frac{\text{Rect. no sat.}}{\text{Rect. sat.}} = \frac{0.711}{0.54} = 1.315$$

De la prueba en vacío

$$\left\{ \begin{array}{l} V_1 = 2300 \text{ v} \\ I_0 = 43 \text{ amp.} \\ P = 12.5 \text{ Kw} \end{array} \right.$$

$$P = 3 I_0^2 r_1 + P_f \quad \text{Prof} + Ph$$

$$3 I_0^2 r_1 = 3(43)^2 (0.103) = 571 \text{ watts}$$

$$P_f + v = \frac{4,400}{\text{watts}}$$

$$\text{Prof} + Ph + \beta = P - (3 I_0^2 r_1 + P_f + v)$$

$$12,500 \text{ w}$$

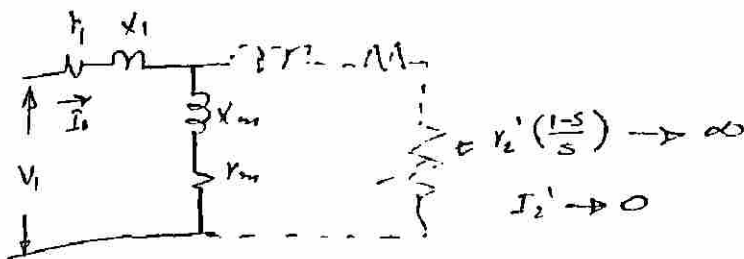
$$- 4,971$$

Pérdidas en el hierro en vacío  $\rightarrow 7,529 \text{ w}$

$Ph + \beta = 40\%$  de pérdidas hierro envacío  
(debido a flujo principal)

$$Ph + \beta = 0.4 (7529)$$

$$Ph + \beta = 3010 \text{ watts}$$



$$P_h + e = 3 I_o^2 r_m$$

$$r_m = \frac{P_h + e}{3 I_o^2}$$

$$r_m = \frac{3010}{3 (43)^2} = 0.544 \Omega$$

$$r_m = 0.544 \Omega$$

$$E = V_1 - I_o X_1$$

$$E = \frac{2300}{\sqrt{3}} - (43) (0.711) \quad 30.6$$

$$E = 1298.4 \text{ volts}$$

$$X_m \frac{E}{I_o} = \frac{1,298.4}{43} \quad 1329.0$$

$$\quad \quad \quad - 30.6$$

$$\quad \quad \quad 1298.4$$

$$X_m = 30.2 \Omega$$

(saturados)

Parámetros

arranque

$$r_1 = 0.103 \Omega$$

$$x_1 = 0.54 \Omega$$

$$r_2' = 0.1425 \Omega$$

$$x_2' = 0.54 \Omega$$

$$r_m = 0.544 \Omega$$

$$x_m = 30.2 \Omega$$

(No saturados)

Parámetros

marcha

$$r_1 = 0.103 \Omega$$

$$x_1 = 0.711 \Omega$$

$$r_2' = 0.1425 \Omega$$

$$x_2' = 0.711 \Omega$$

$$r_m = 0.544 \Omega$$

$$x_m = 30.2 \Omega$$

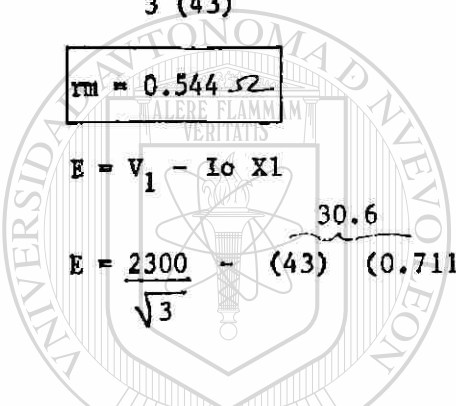
SOLUCION POR CALCULADORA PROGRAMABLE E IMPRESORA.

PARAMETROS EN ARRANQUE

0.103	R1
.5395207175	X1
.1423703704	R2'
.5395207175	X2'
30.17004273	Xm
.5428995130	Rm

PARAMETROS EN MARCHA

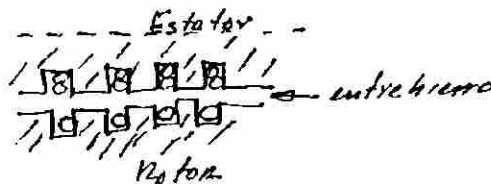
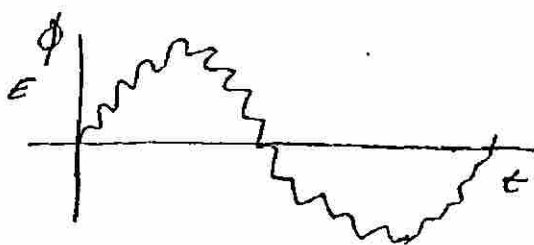
.1423703704	R2'
.7111832947	X1
.7111832947	X2'



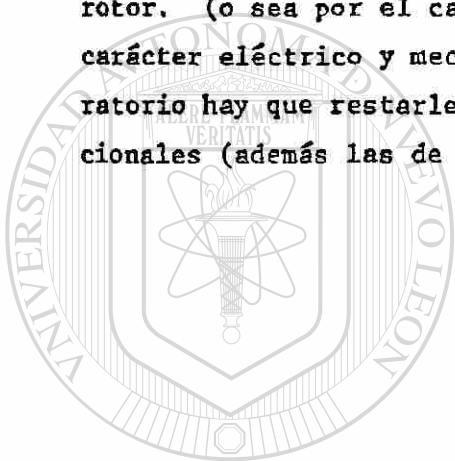
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Las pérdidas rotacionales se disponen en forma de calor en el hierro



pero el par necesario para vencer estas pérdidas es proporcionado por el rotor. (o sea por el campo giratorio) y por lo tanto son pérdidas de carácter eléctrico y mecánico o sea al par desarrollado por el campo giratorio hay que restarle el par necesario para vencer las pérdidas rotacionales (además las de  $P_f + V$  y pares parásitos debido a armónicas.)



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



DETERMINAR LOS PARAMETROS EN EL ARRANQUE  
Y EN MARCHA PARA EL M. I. CON LOS SIG. DATOS:

Ejemplo

Prueba en vacío—75°C

Prueba de rotor frenado (tensión plena)—75°C

$V_1 = 440$  volts  
 $I_0 = 2.30$  amp  
 $P_0 = 211$  watts

$V_L = 440$  volts =  $V_1$   
 $I_L = 29.1$  amp  
 $P_L = 13.92$  kw

HP = 3 HP's

440/220 v

3φ

f = 60 Hz.

p = 4 Poles

Prueba de rotor frenado (tensión reducida)

$V_L = 76$  volts  
 $I_L = 4.25$  amp

El factor del efecto pelicular para  $r_2'$  es 1.30 y para  $x'$  es 0.97 (véase la Fig.

$r_1 = 2.26 \Omega$  (25°C)

$P_f + V = 44$  watts

Pérdidas parásitas = 48 W.

SOLUCION POR CALCULADORA PROGRAMABLE:

PARAMETROS EN ARRANQUE

2.680472794 R1

3.897936339 X1

2.783934054 R2\*

3.897936339 X2\*

103.2664952 R0

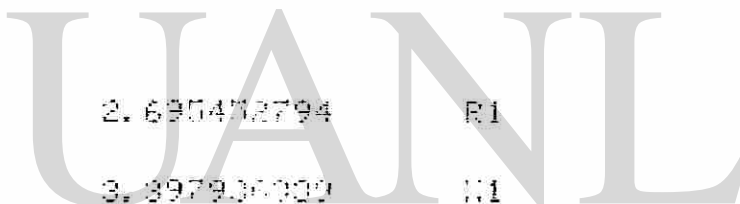
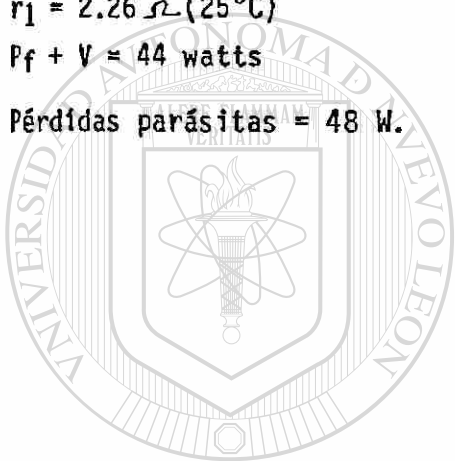
3.64954026 R0

PARAMETROS EN MARCHA

2.141488116 R2\*

4.375190373 X1

4.510505539 X2\*



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



CALCULAR LOS PARAMETROS DE UN MOTOR DE INDUCCION CON LOS SIG. DATOS:

25 HP's	$r_1 (75^\circ C) = 0.0805 \Omega$	$R_{1BTR} (75^\circ C)$	$P_{\text{VACIO}} (75^\circ C)$
$p=2$ POLOS	$R_{1BTR} (75^\circ C)$	$V = 208 \text{ Volts}$	$V_0 = 220 \text{ V}$
$N = 220 \text{ Volts}$	$V = 20 \text{ V}$	$I = 350 \text{ Amp.}$	$I_0 = 12.7 \text{ A}$
60 HZ.	$I = 20.6 \text{ A}$	$P = 65.6 \text{ kW.}$	$P_0 = 756 \text{ W.}$
CONEXION Y	$P_{f+V} = 110 \text{ WATTS}$	$F_{CP} (x_1) = 1.82$	$F_{CP} (x_2) = 1$

SOLUCION POR CALCULADORA  
PROGRAMABLE E IMPRESORA:

PARAMT'S EN ARRANQUE

0.0805 R1  
.1465108407 X1  
.0980034014 R2'

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

.1465108407 X2'

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

9.33566714 RM  
.6272846484 RM

PARAMT'S EN MARCHA

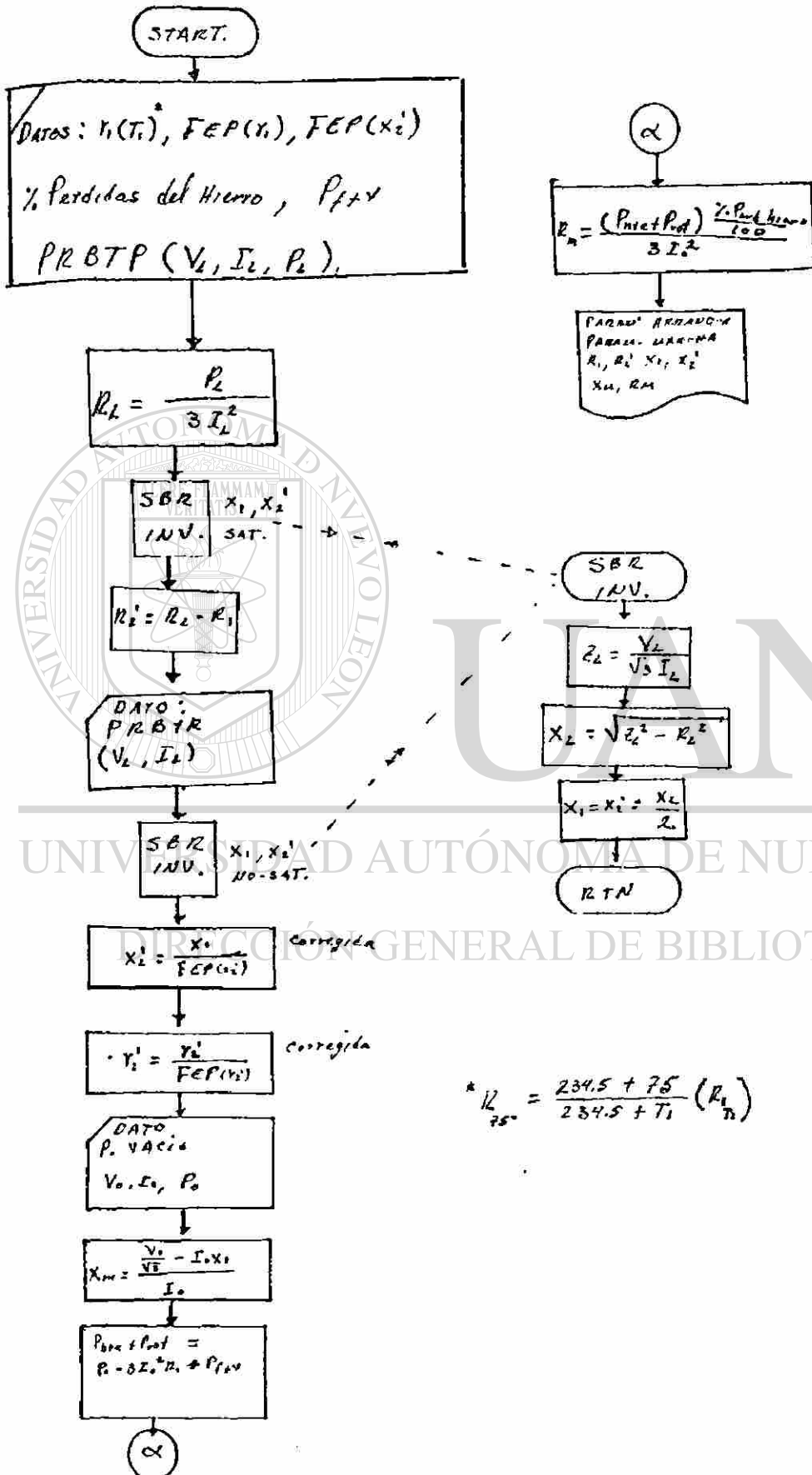
.0538480227 R2''

.2656761055 X1

.2656761055 X2''



DIAGRAMA DE FLUJO PROGRAMA "PARAMETROS DEL MOTOR DE INDUCCION"  
(SIMPLIFICADO).



6. PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.

PROPOSITO: Determinar la eficiencia, factor de potencia, distribución de pérdidas y deslizamiento del motor y graficar estos contra los HP's del motor.

La prueba se lleva a cabo por medio del dinamómetro y equipo de medición con que cuenta el laboratorio.

Para esto se carga el motor hasta que se obtenga una lectura de par, tal que la potencia de salida sea el 130% de los HP's nominales. Posteriormente se toman lecturas de par de tal manera que se puedan tomar del orden de 15 lecturas.

En cada lectura de par se toman los siguientes datos:

- a). Volts (Constantes durante toda la prueba).
- b). Ampers (En todas las fases).
- c). Watts de Entrada.
- d). R.P.M.

En las figuras 1 y 2, aparecen los datos, cálculos y gráficas de la prueba de funcionamiento para un motor de 25 HP.s 2 Polos.

Los cálculos fueron hechos de la siguiente manera:

- a). Potencia de Entrada:

$$P_i = \sqrt{3} V_1 I_1 \cos \theta$$

$\cos \theta$  = Factor de Potencia.

- b). Deslizamiento %:

$$S = \frac{N_s - N}{N_s} \times 100$$

- c). Potencia de salida en HP's (HORSE POWER).

$$HP = \frac{TN}{5252} \quad \begin{array}{l} T \text{ en Lb. Ft.} \\ N \text{ en r.p.m.} \end{array}$$

EFICIENCIA

HOJA DE DATO DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO  
 HP 25 POLOS 2 ARMAZON 25 TIPO R FASES 3 VOLTS 220/440 CICLOS 50/60 DE SEI LE [REDACTED] DE SEI LE [REDACTED] FECHA ENERO. 77  
 ROTOR PROBADO POR F. M.F.  
 OBSERVACIONES

VOLTS	RESISTENCIA			AMPERES			WATTS		PAR LB. FT.	DESPLAZAMIENTO		R.P.M.	HP DE SALIDA	WATTS DE SALIDA	PERDI- DAS EN WATTS
	A-B	B-C	C-A	PROM.	TEMP.	LECTURA	FM	RESULT.		REV. RPM	3				
215	0.161	0.161	0.161	0.161	18°C										
	0.127	0.127	0.127	0.127	16°C										
214									49.5	4.17	3450	32.5	24245	7274	76.92
	84														
	86														
	86								45.75	3.75	3465	30.2	22529	6401	77.87
214															
	73														
	74														
	75								40.5	3.47	3475	26.8	19993	5526	78.38
214															
	66														
	68														
	68								37.5	2.78	3500	25	18650	4574	80.30
214															
	58														
	59														
	59.5								31.5	2.22	3530	21.12	15756	4731	76.91
214															
	49														
	50														
	51								26.25	1.94	3530	17.65	13167	4334	75.23

HOJA DE DATOS DE LA PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO

HP 2.5 POLOS 2 ARMAZON 25 TIPO R FASES 3 VOLTS 220/440 CICLOS 50/60 # DE SERIE [REDACTED] ROTOR [REDACTED] PROBADO POR F.I.M.E. FECHA ENERO, 77

EFICIENCIA %

RESISTENCIA	A-B	B-C	C-A	PROM.	TEMP.
EN CALIENTE	0.161	0.161	0.161	0.161	18°C
EN FRIO	0.127	0.127	0.127	0.127	16°C

OBSERVACIONES

VOLTS	AMPERES			WATTS		PAR LB.-FT.	DESLIZAMIENTO		R.P.M.	HP DE SALIDA	WATTS DE SALIDA	PERDI- DAS EN WATTS
	LECTURA	FM	RESULT.	LECTURA	FM		RESULT.	REV.				
215	42 43 43	1	42.7	F.P. 0.94		14947		1.67	3540	15.17	11317	3660
215.5	35 36.5 36.5	1	36	0.93		12497		1.11	3560	12.2	9101	3396
216	28 30 30	1	29.3	0.895		9811		1.03	3563	9.06	6759	3052
217	22 23 22.5	1	22.5	0.84		7104	9	.089	3568	6.12	4566	2538
217	18 20 20	1	19.3	0.742		5382	4.5	.064	3577	3.07	2290	3092
217	17 18 17.5	1	17.5	0.6		3946	1.5	0.56	3580	1.02	761	3185

75.71 72.82 58.89 54.27 42.55 19.28

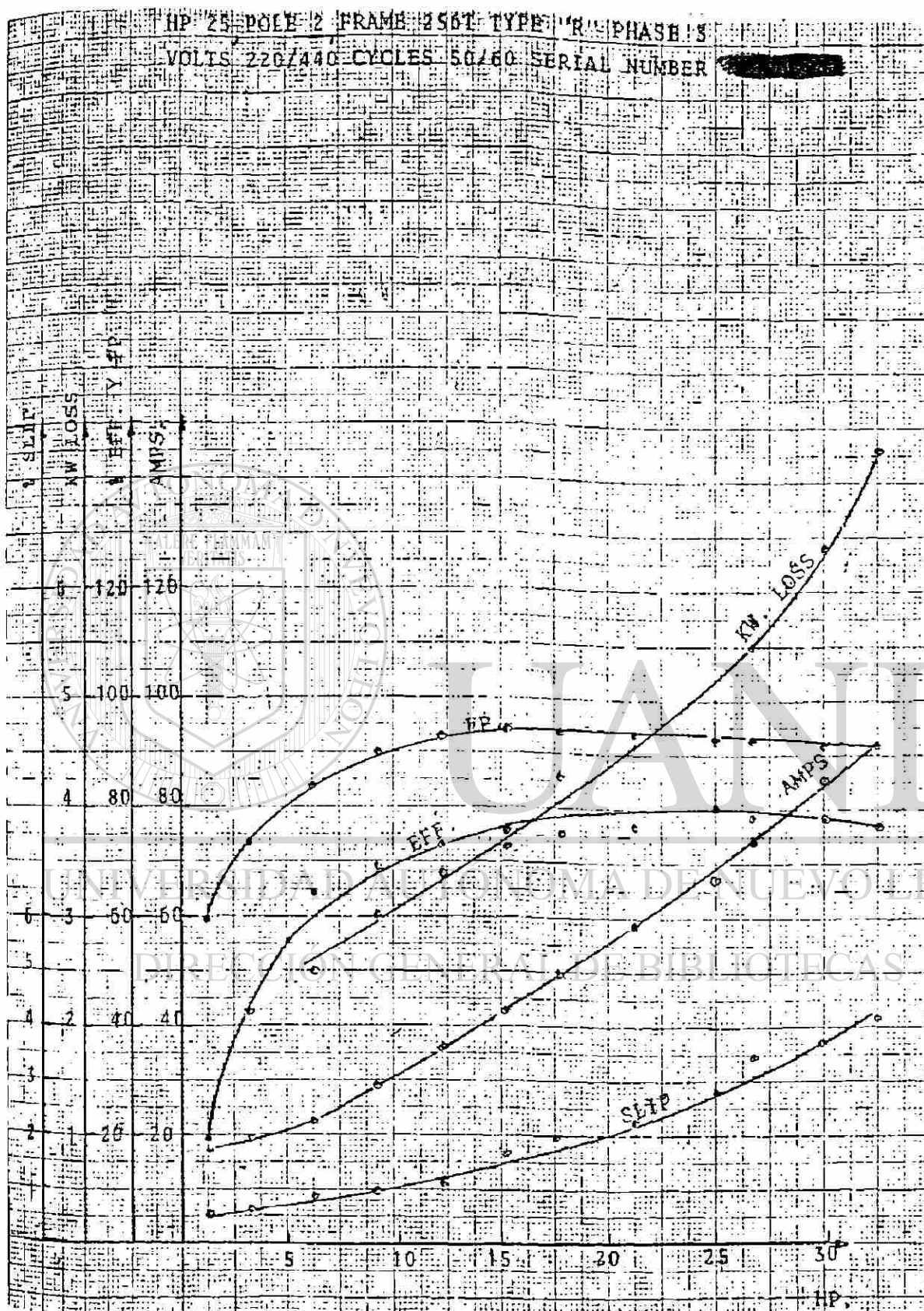


Fig. 2 Gráficas de la Prueba de Funcionamiento

O BIEN...

$$HP = \frac{TN}{7123.8}$$

T en nt-m  
N en r.p.m.

d). Potencia de Salida en Watts (Watts OUT-PUT):

$$P_o = HP (746)$$

e). Watts de pérdidas  $W_p$  (watts loss):

$$W_p = P_i - P_o$$

f). Eficiencia en %  $\eta = \frac{P_o}{P_i} 100$

g). Pérdidas del Núcleo ( $W_c$ ) y pérdidas de fricción y viento ( $P_{f+v}$ ). Se obtienen de la prueba de saturación en vacío.

h). Pérdidas del cobre en el estator ( $W_s$ ).

$$W_s = 3/2 I^2 R$$

R= Resistencia en caliente.  
(Entre Líneas)

I= Corriente nominal.

i). Pérdidas del Rotor:

$$W_r = S (P_i - W_s - W_c)$$

S= Deslizamiento.

$P_i$ = Potencia de entrada.

j). Pérdidas Parásitas ( $W_1$ ).

$$W_1 = W_p - (W_c + P_{f+v} + W_s + W_r)$$

### PRUEBA DE SATURACION EN VACIO.

OBJETIVO: Conocer la distribución de pérdidas en vacío.

PROCEDIMIENTO: En esta prueba el motor se arranca a voltaje reducido y se incrementa este hasta el 125% del voltaje nominal. Se toman lecturas de voltaje de 20 -- por 20 volts hasta el menor posible tomando lecturas de watts y amperes en todas las fases. Ver figuras 3 y 4.

#### DISTRIBUCION DE PERDIDAS:

a). Pérdidas totales:

$W_p$  = Potencia de entrada a voltaje nominal.

b). Pérdidas del cobre del estator:

$$W_s = 3/2 \cdot RI^2$$

c). Pérdidas de Fricción más viento:

$(P_{f+v})$ .

Potencia de entrada en cero volts.

(Valor Teórico)

d). Pérdidas del Núcleo  $W_c = W_p - W_s - P_{f+v}$

## II. PRUEBA PAR VELOCIDAD. -

OBJETIVO: Determinar la característica par-velocidad así como otra información de operación general.

#### PROCEDIMIENTO:

- a). Primero se mide la resistencia en frío.
  - b). Datos en vacío.
  - c). Datos a plena carga.
  - d). Prueba de rotor bloqueado a voltaje nominal (BLOQUEO).
  - e). Prueba de rotor bloqueado a bajo voltaje (B.B.V.)
- Para mayor detalle de lo anterior ver la hoja de datos par-velocidad. Figs. 5 y 6.

HP. 25 POLOS 2 ARMAZON 256T TIPO R FASES 3 VOLTS220/440 CICLOS50/60 # DE SERIE 105030R18

PRUEBA DE SATURACION EN VACTO

PROBADO POR F. I. M. E. FECHA ENERO, 77

RES. EN CALIENTE FM= 1			
A - B	B - C	C - A	R
0.16	0.161	0.161	0.161

RES. EN FRIO 0.127 EN 16 °C OBSERVACIONES

VOLTS	AMPERES		K. WATTS		E <sup>2</sup> S	VOLTS	AMPERES		K. WATTS		E <sup>2</sup> S
	LECT.	RESULT.	LECT.	RESULT.			LECT.	RESULT.	LECT.	RESULT.	
240	16 17.1 17	1 16.7	.029 0.029	36 1.044		120	6.9 7 5.7	1 1 6.53	.018 18	.324	
220	12 13 13	1 12.7	.021 0.021	36 0.756		100	6 6 6	1 1 5.65	.0137 18	.246	
200	12.2 12.2 12.2	1 12.2	.019 0.019	36 0.684		80	5.7 5.5 5.6	1 1 5.3	.023 9	.227	
180	10.7 11.2 9.6	1 10.5	.0162 0.0162	36 0.5832		60	6 5.6 4.75	1 1 5.45	.0193 9	.174	
160	9.2 9.6 8.2	1 9	.0132 0.0132	36 0.468		40	7.6 7.8 6.8	1 1 7.4	.0174 9	.156	
140	8 8 5.8	1 7.6	.022 0.022	18 0.396							

POSICION DEL MOTOR

HORIZONTAL

TIPO DE:

LUBRICACION



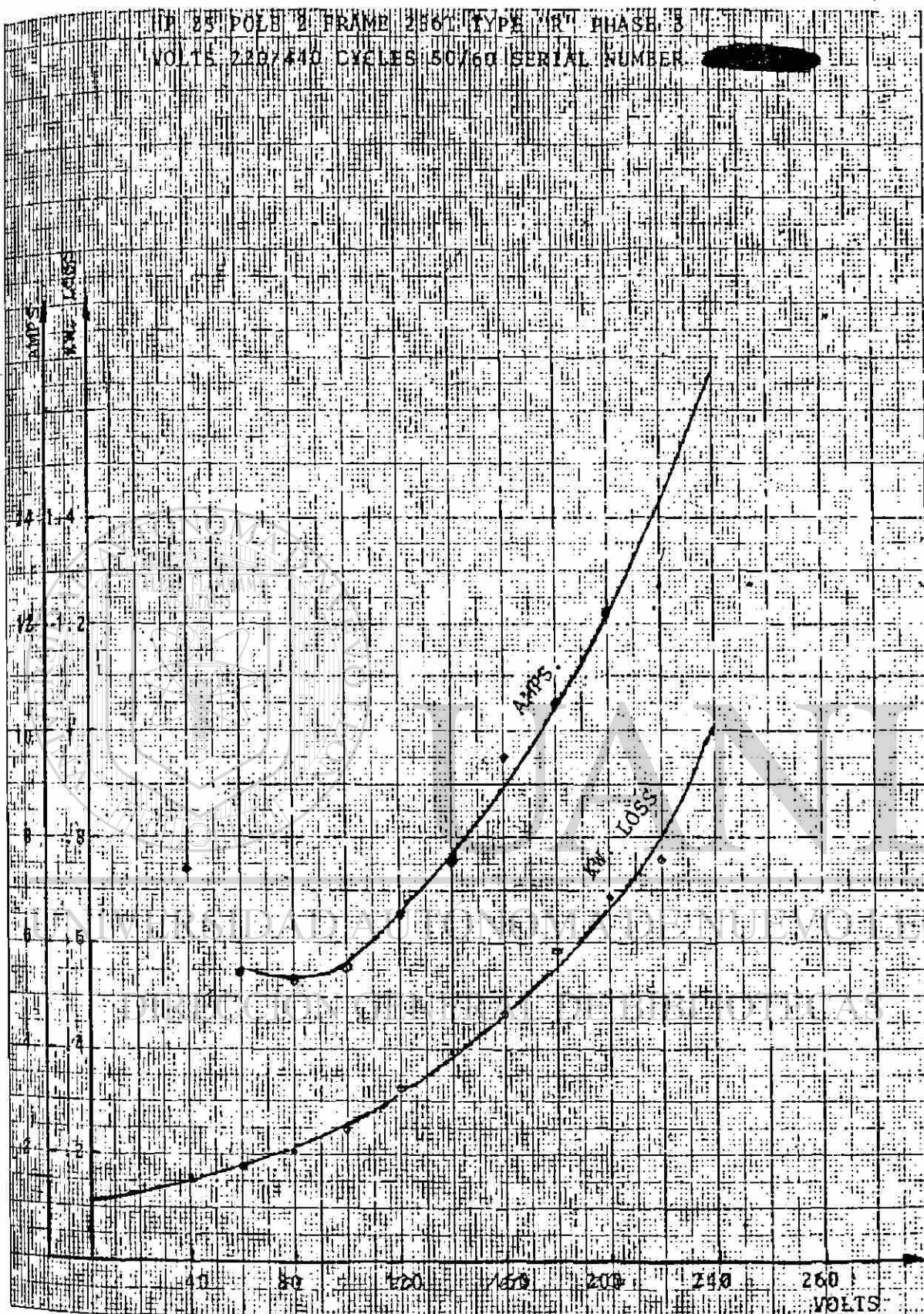


Fig. 4 Características de Saturación en Vacío

## f). Característica par-velocidad.

Para obtener la característica par-velocidad el dinamómetro tiene que estar conectado en Ward Leonard.

Con el dinamómetro operando como motor y chequeando que el dinamómetro y el motor de prueba giren en la misma dirección y partiendo de la mínima velocidad (prácticamente cero) y hasta la velocidad sincrónica se toman valores de par, velocidad y voltaje.

La velocidad del dinamómetro operando como motor se controla por el voltaje de armadura ó bien la corriente de campo de éste. (Para mayor información ver operación del dinamómetro en Ward Leonard).

En las siguientes figuras aparecen los datos y características para un motor de 25 HP's, 2 Polos. (Figs. 5 y 6)

Los cálculos de la hoja de datos y característica par-velocidad se efectúan de la forma siguiente:

a). Velocidad sincrónica: 
$$N_s = \frac{120 f}{P}$$

b). 
$$\frac{\text{LOCK KVA}}{\text{HP}} = \frac{3 V_1 I_{st}}{\text{HP} (1000)}$$
 
$$V_1 = \text{Voltaje de línea.}$$

$I_{st}$  = Corriente a rotor bloqueado.

c). Par sincrónico a plena carga. ( $T_{spc}$ )

$$T_{spc} = \frac{\text{HP} (5252)}{N_s}$$

d). Par de Arranque en %

$$\% T_s = \frac{T_s}{T_{spc}} \times 100$$

f). Par mínimo de ajuste a sincronismo en %

(PULL in TORQUE).

$$\% T_u = \frac{T_u}{T_{spc}} \times 100$$

HOJA DE DATOS DE LA PRUEBA PAR VELOCIDAD

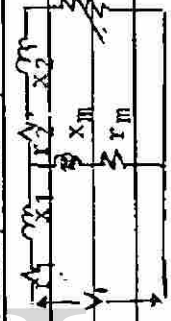
HP 25 POLOS 2 ARMAZON 256T TIPO R FASES 3 VOLTS 220/440 CICLOS 50/60 # DE SERIE [REDACTED]

RESISTENCIA	A-B	B-C	C-A	PROM. TEMP.
EN CALIENTE	0.161	0.161	0.161	18°C
EN FRIO	0.127	0.127	0.127	16°C

Jaula de ROTOR Ardilla FECHA Enero 77 PROBADO POR F. I. M. E.  
OBSERVACIONES  $\tau_s = 67$  LB. PIE A ROTOR BLOQUEADO EN 220 V.

DATOS	AMPERES			WATTS			PAR			RESISTENCIA FM		
	LECTURA	FM	RESULT.	LECTURA	FM	RESULT.	LECTURA	FM	RESULT.	RPM	TIEMPO	RES.
EN VACIO	12 13 13	1	12.7	21	36	756	0	1.5	0	3598		
PLENA CARGA	66 68 68	1	67.3	F.P.P. 0.931		23224	25	1.5	37.5	3500	1 min.	0.161
BLOQUEO	350	1	350	0.52		65568	40	1.5	60	0		
B. B. V.	20.4 21 20.4	1	20.6	19	9	171				0		

VOLTS	PAR	R. P. M.	VOLTS	PAR	R. P. M.	PERDIDAS DE ERIGCION MAS VIENTO ( $P_f + v$ ) = 110 W.
217	1.5	3580	220	65.6	3410	
"	4.5	3577	"	81.6	3280	
"	9	3568	"	88.8	3225	
216	13.35	3563	"	61.5	1500	
215.5	18	3560	"	68.8	1725	
215	22.5	3540	"	117.0	2500	
"	26.25	3530	"	68.8	3300	
214	31.5	3530	"	62.6	1780	
"	37.5	3475	"	67	0	
"	40.5	3475				
"	45.75	3465				
215	49.5	3450				



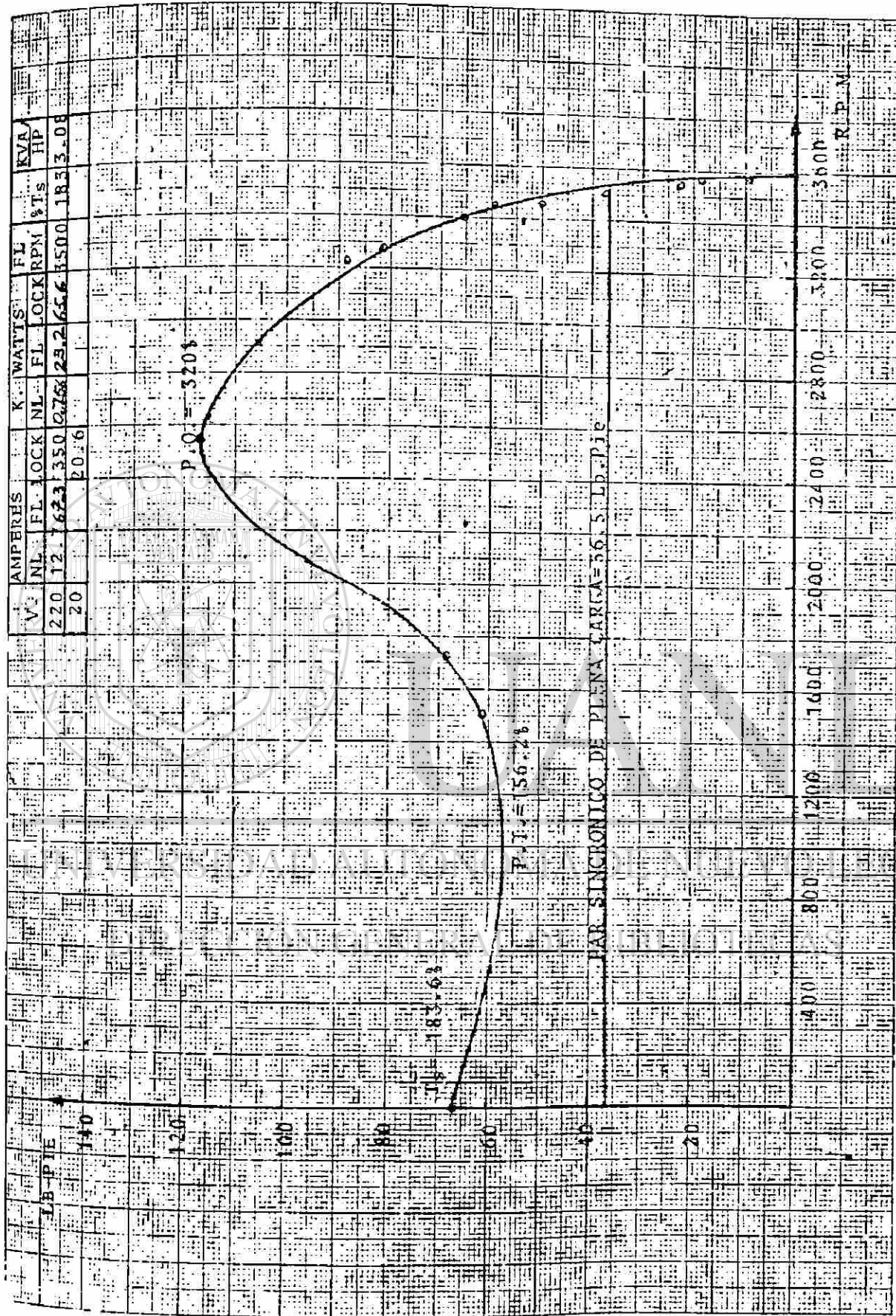
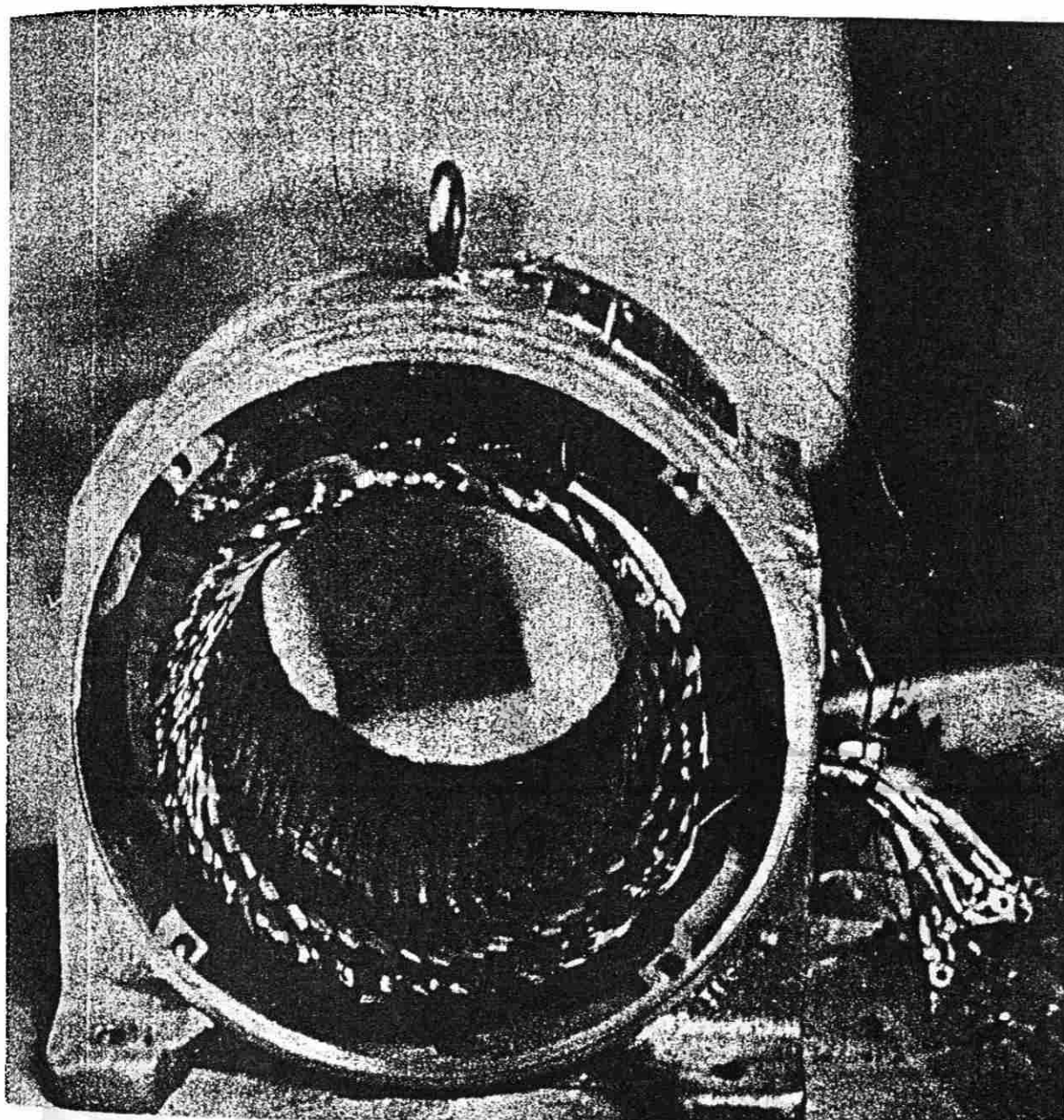
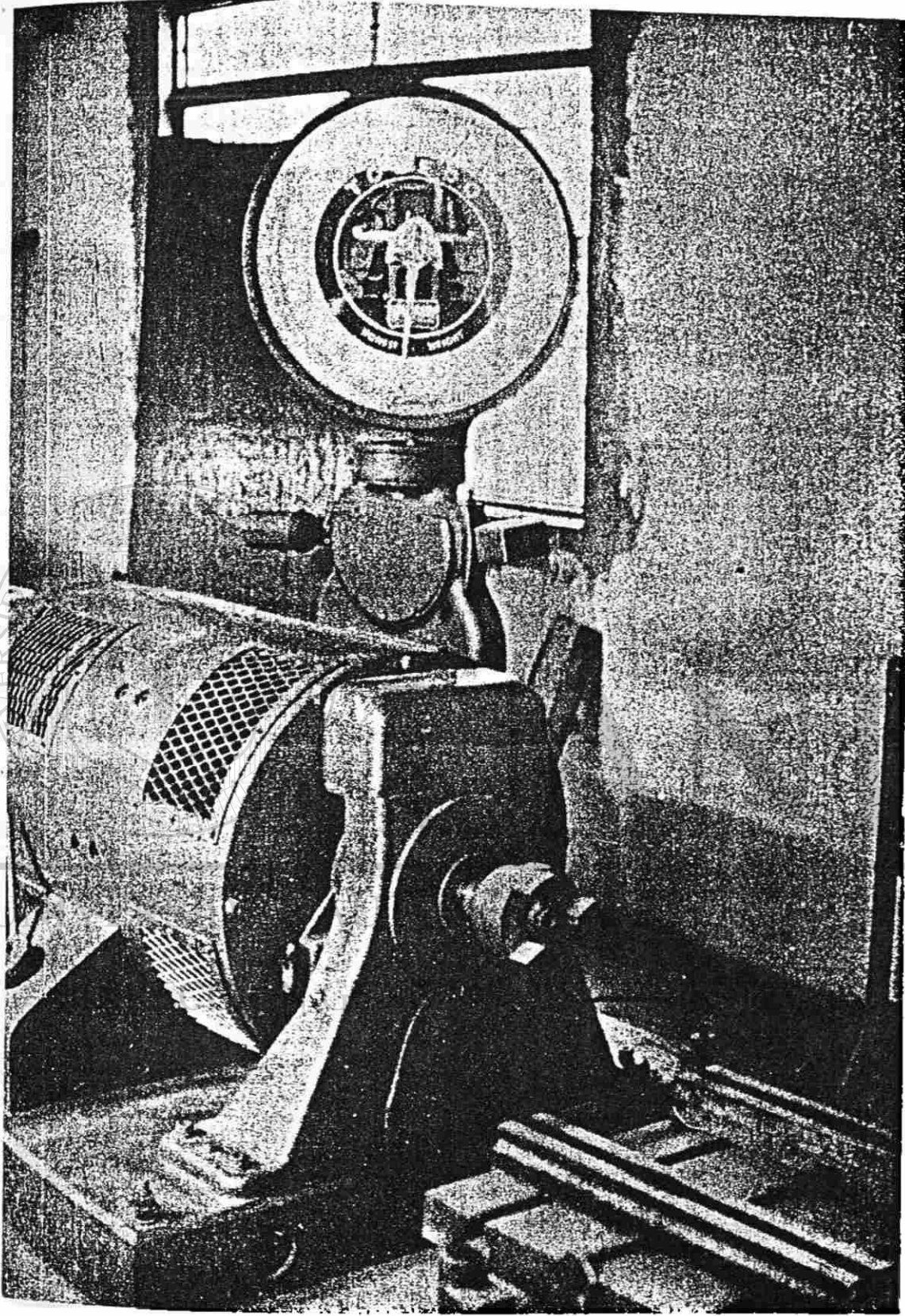


Fig. 6 Característica Par Velocidad





**Fig. 7 Colocación de Termopares en el Motor de Prueba**



**Fig. 8 Dinamómetro Westinghouse de 40 HP's Nominales**

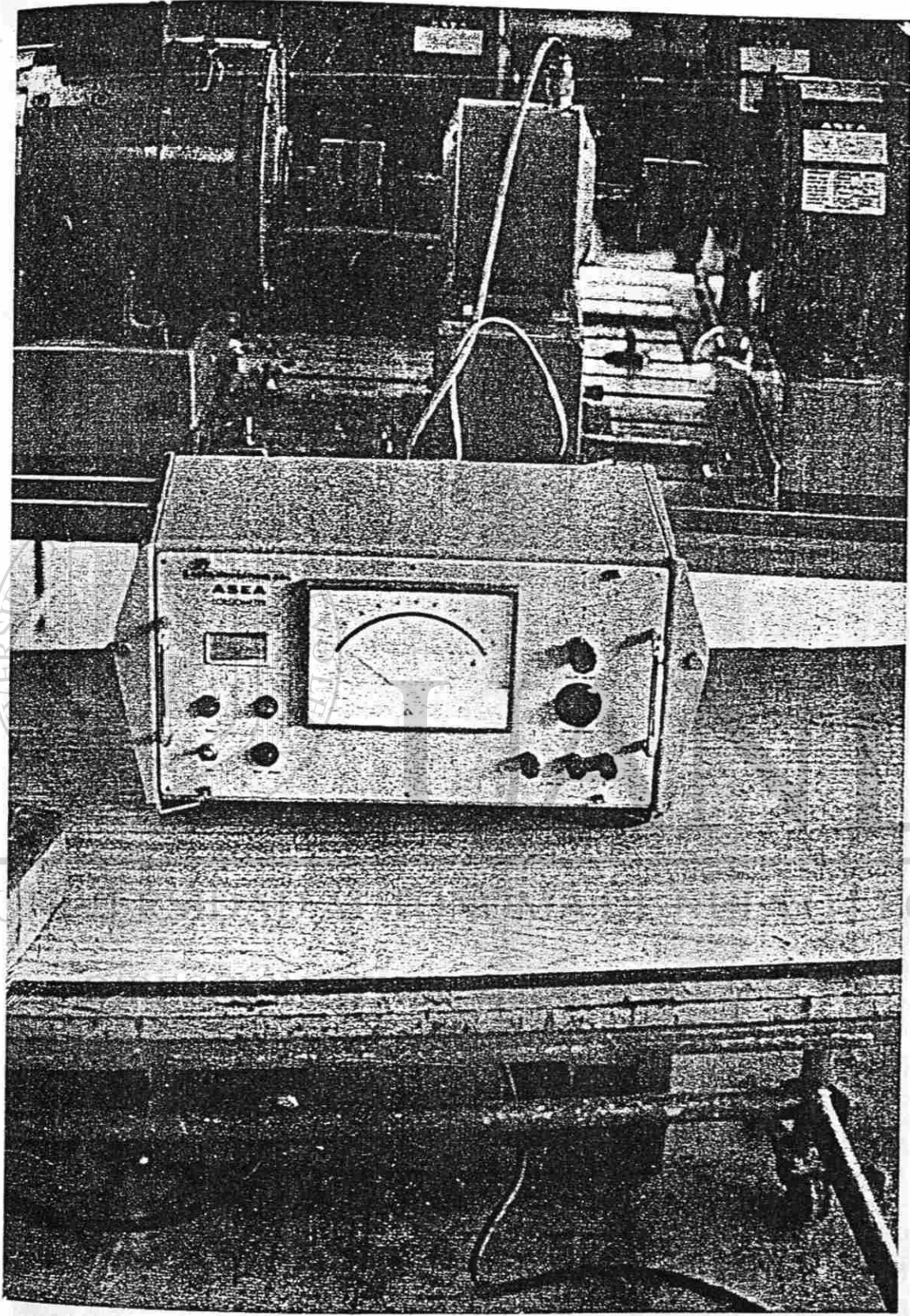


Fig. 9 Torsiómetro ASEA

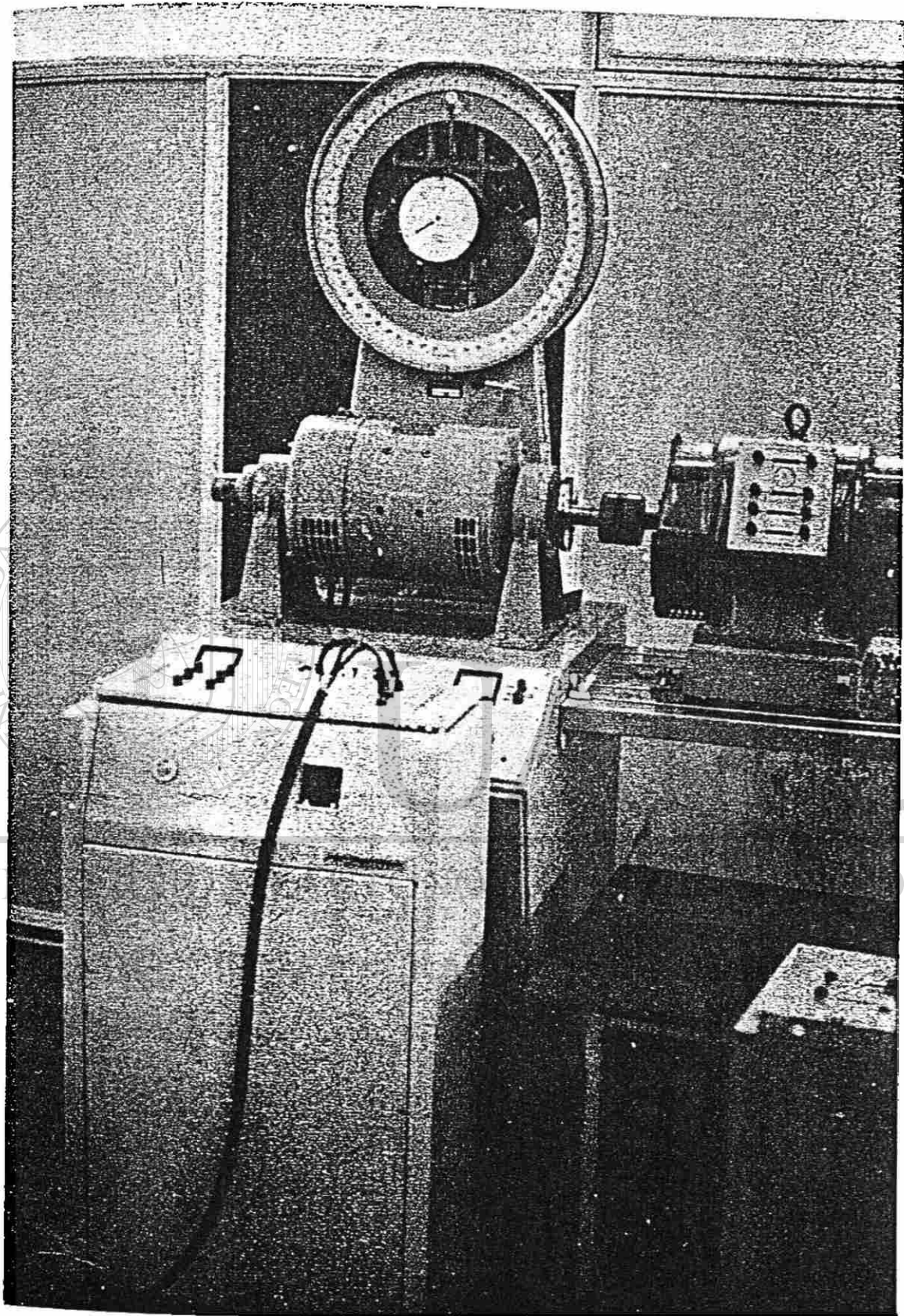


Fig. 10 Dinamómetro ASEA de 3 Kw.



- $T_u$  = Par mínimo entre cero rpm y el par máximo.  
 $T_s$  = Par a rotor bloqueado ( $N_r = 0$ )  
 $T_{spc}$  = Par sincrónico de plena carga.  
 $T_m$  = Par máximo (ó crítico).

### PRUEBA DE ELEVACION DE TEMPERATURA.-

PROPOSITO: Determinar la característica de elevación de temperatura del motor.

En esta prueba el motor se carga por medio del dinamómetro hasta un par tal que  $HP = (TN)/5252$ , sean los HP's nominales del motor de --- prueba.

Previamente en el motor se colocaron de 8 a 10 termopares en diferentes partes estandarizadas del motor tales como devanados, núcleo, carcasa, entradas y salidas del aire, etc...

En la fig. 7 se puede ver la colocación de los termopares en un estator.

Durante la prueba se toman lecturas de temperatura por medio de los termopares durante cada 15 minutos durante 2 ó 3 horas.

### EQUIPO UTILIZADO:

Para llevar a cabo las pruebas se utilizó principalmente el siguiente equipo:

Dinamómetro Westinghouse de 40 HP's nominales (Fig. 8).

Dinamómetro ASEA de 3 KW (Fig. 9).

Torciómetro ASEA (Fig. 10).

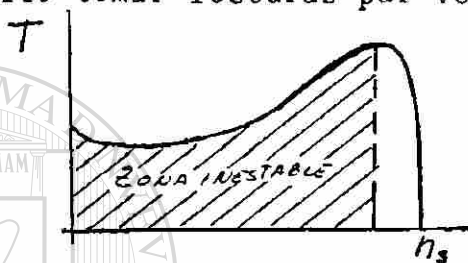
Además todo el equipo de medición con que cuenta el laboratorio.

## OPERACION DEL DINAMOMETRO EN CONEXION WARD LEONARD

En la Fig. 11 tenemos el diagrama eléctrico elemental de la instalación de nuestro laboratorio de pruebas para motores de 5 a 50 Hp. Se puede observar el dinamómetro conectado en Ward Leonard, formando un lazo cerrado a través del grupo motor generador a la izquierda y el motor de pruebas a la derecha.

Las ventajas de esta conexión son:

- a). Una mejor estabilidad del dinamómetro principalmente en la zona inestable del motor de inducción de prueba, lo cual permite tomar lecturas par-velocidad en esta zona.



- b). El rango de control de velocidad es mucho más amplio que el que se obtendría en una conexión shunt ó compound. El ajuste de la velocidad se puede llevar a cabo rápidamente y en forma continua desde  $\pm 1$  rpm hasta  $\pm 5000$  rpm, tanto en la operación como motor ó generador en cualquier dirección de rotación sin perder la estabilidad.

- c). Arranque sin la necesidad de resistencias en serie con la armadura y sin equipo de control por relevadores.

- d). El cambio de operación de Motor a Generador ó viceversa es hecha en el dinamómetro sin necesidad de contactores de alta capacidad de corriente de armadura; y casi automático controlando la corriente de campo de éste.

- e). La inversión de giro es simple y efectiva por medio del circuito de campo, por lo tanto sin necesidad de contactores de inversión de giro.

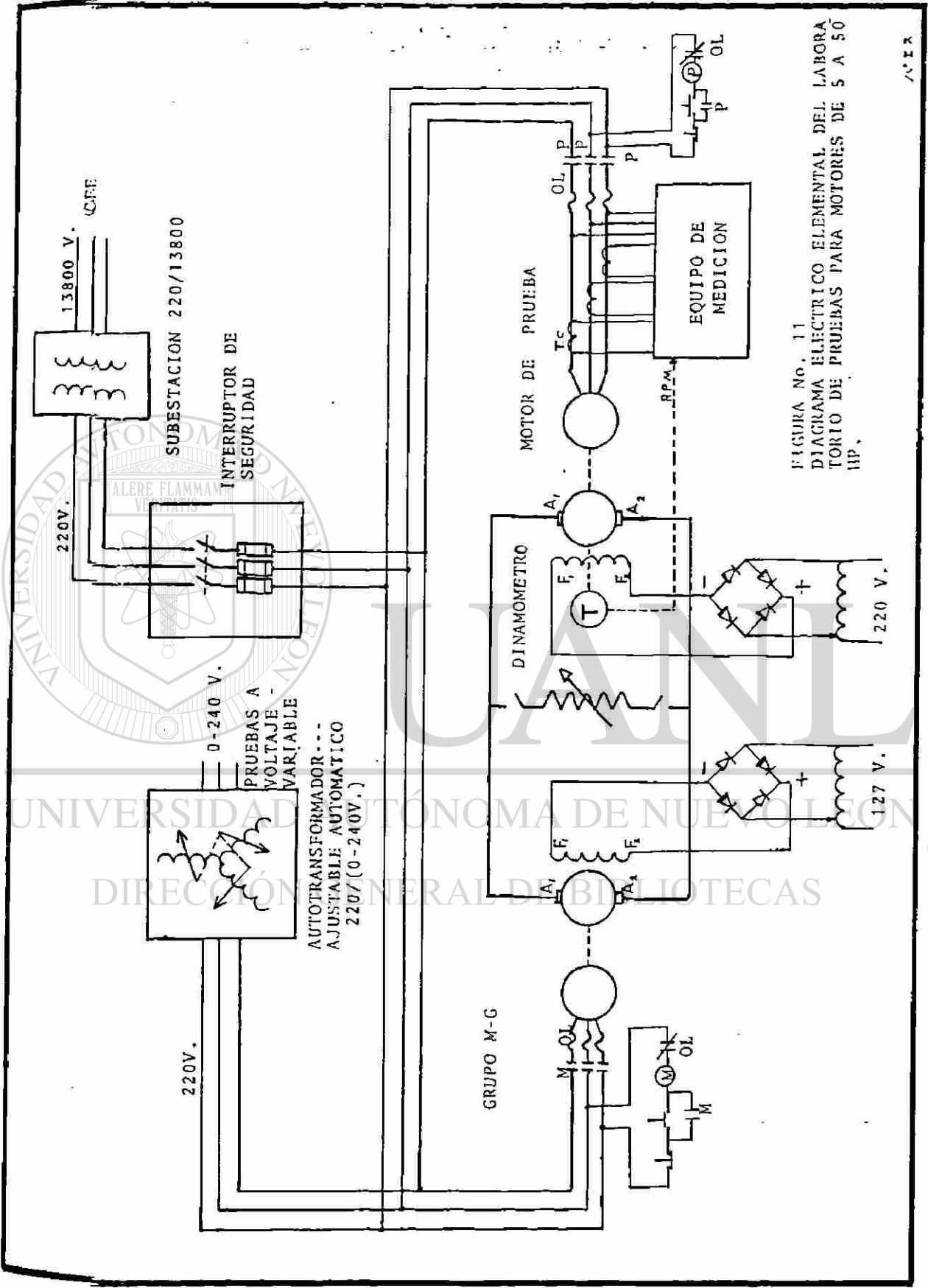


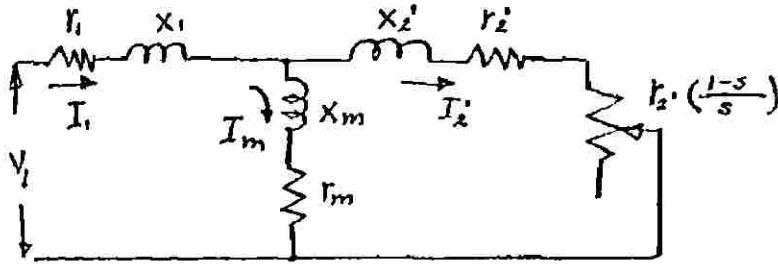
FIGURA No. 11  
 DIAGRAMA ELECTRICO ELEMENTAL DEL LABORATORIO DE PRUEBAS PARA MOTORES DE 5 A 50 HP.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



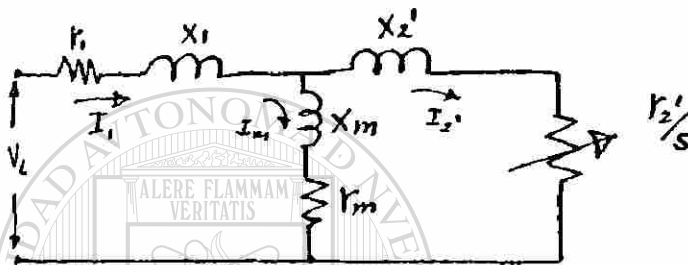
CAPITULO 7

RELACIONES DE POTENCIA Y PAR MOTOR DEL MOTOR DE INDUCCIÓN



CIRCUITO EQUIVALENTE

POR FASE



$m = \#$  DE FASES

$$P_{c.gir} = m I_2'^2 \frac{r_2'}{s} \quad (\text{WATTS}) \quad \text{POTENCIA DEL CAMPO GIRATORIO}$$

$$P_e = m I_2'^2 r_2' = m I_2^2 r_2 \quad \text{PERDIDAS ELECTRICAS EN EL ROTOR}$$

$$P_{mec. des.} = P_{c.gir} - P_e$$

$$P_{m. des.} = m I_2'^2 r_2' \left( \frac{1-s}{s} \right) \quad \text{POTENCIA MECANICA DESARROLLADA POR EL ROTOR.}$$

$$P_{m. des.} = P_{c.gir.} (1-s)$$

$$P_e = P_{c.gir.} \times s$$

$$P = T \omega$$

$$\omega = \frac{2\pi N}{60}$$

$$T = \frac{7.04}{N} P$$

$$T_{m.} = \frac{60}{2\pi N_s} P_{c.gir} \quad \left. \begin{array}{l} T \rightarrow \text{NT-M} \\ P \rightarrow \text{WATTS} \end{array} \right\}$$

$$T = \frac{7.04}{N_s} P_{c.g.} \quad \left. \begin{array}{l} T \rightarrow \text{LB-FT} \\ P \rightarrow \text{WATTS} \end{array} \right\}$$

$$T_{des.} = \frac{60}{2\pi N_e} P_{m. des.} \quad \left. \begin{array}{l} N \rightarrow \text{RPM} \end{array} \right\}$$

$$T = \frac{7.04}{N_e} P_{m. des.} \quad \left. \begin{array}{l} N \rightarrow \text{RPM.} \end{array} \right\}$$

$$T = \frac{9.55}{s} P$$

$$T_{des} = \frac{7.04}{N_s} m I_2'^2 \frac{Y_2'}{S} \quad (1b-ft) \quad \text{PAR ENTREGADO POR EL CAMPO GIRATORIO A EL ROTOR ( PAR EN EL ROTOR )}$$

$$T = \frac{60}{2\pi N_s} P_{cg} \cdot \pi t \cdot m \left( \frac{kgf}{9.8NT} \right) \left( \frac{2.21lb}{kgf} \right) \left( \frac{ft}{0.3048m} \right) = \frac{7.04}{N_s} P_{cg}$$

$$T = \frac{7.04}{N_s} P_{cg} \quad P = \frac{TN}{7.04} \approx \left( \frac{HP}{746W} \right) = \frac{TN}{5252} \quad (HP)$$

HP = 746W.

$$HP = \frac{TN}{5252} \quad \left. \begin{array}{l} T \rightarrow 1b-ft \\ N \rightarrow RPM \end{array} \right\}$$

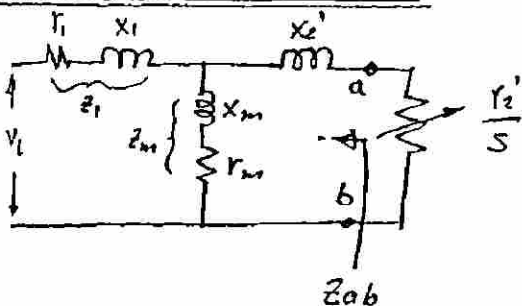
$$HP = \frac{TN}{7123.8} \quad \left. \begin{array}{l} T \rightarrow NT-N \\ N - RPM. \end{array} \right\}$$

$$T = \frac{974}{N_s} P_{cg} \quad \left. \begin{array}{l} P \rightarrow kW \\ T \rightarrow kgf-m \\ N \rightarrow RPM. \end{array} \right\}$$

EL PAR MOTOR DESARROLLADO DEL MOTOR POLIFASICO DE INDUCCION ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL

LA POTENCIA DEL CAMPO GIRATORIO:

PAR MOTOR MAXIMO



$$Z_{ab} = \frac{z_1 z_m}{z_1 + z_m} + x_2'$$

$$T = \frac{7.04}{N_s} P_{cg}$$

$$N_s = cte, \quad 7.04 = cte$$

$$T \propto P_{cg}$$

$$P_{cg} = m I_2'^2 \frac{Y_2'}{S}$$

PARA MAXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA:

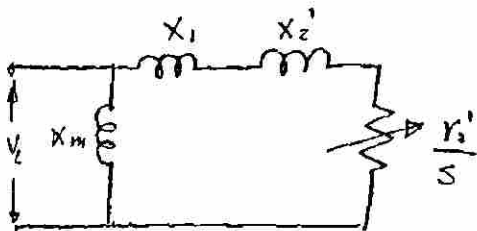
$$Z_{ab} = \frac{r_2'}{S_{Tmax}}$$

$$\text{si } P_{cg} = \text{max} \rightarrow T = T_{max}$$

$$S_{Tmax} = \frac{Y_2'}{Z_{ab}}$$

EN MOTORES MUY GRANDES

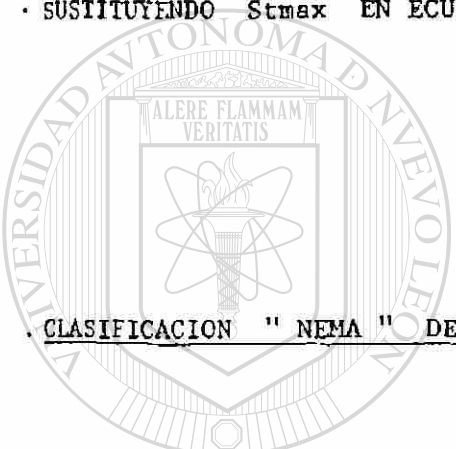
$$r_1 \approx 0 \quad \gamma_m \approx 0$$



$$\frac{r_2'}{s} = X_1 + X_2'$$

$$S_{Tmax} = \frac{r_2'}{X_1 + X_2'}$$

• SUSTITUYENDO  $S_{Tmax}$  EN ECUACIONES DE PAR OBTENDRIAMOS  $T_{max}$ .



CLASIFICACION " NEMA " DE MOTORES DE INDUCCION

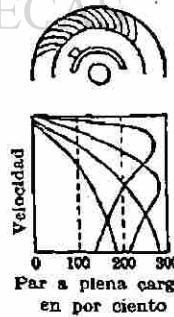
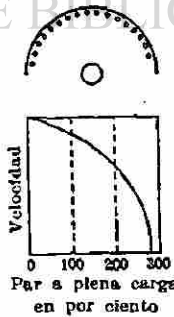
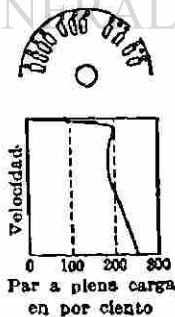
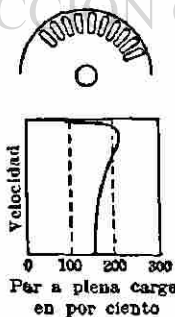
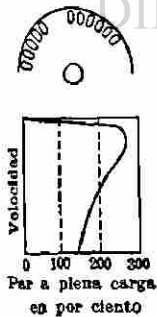
**Diseño A.**  
Servicios generales.  
Corriente normal de arranque, 6 a 7 veces la nominal; por encima de los 6 1/2 C.V., tensión de arranque reducida; par de arranque 150 veces el nominal; letras F a R del Código.<sup>1</sup>

**Diseño B.**  
Reactancia elevada.  
Corriente de arranque pequeña, de 4 1/2 a 5 veces la nominal; tensión total en el arranque; par de arranque normal 150 veces el nominal; letras B a E del Código.<sup>2</sup>

**Diseño C.**  
Doble jaula de ardilla.  
Corriente de arranque pequeña, de 4 1/2 a 5 veces la nominal; tensión total en el arranque; par de arranque elevado, del 225 % del nominal; letras B a E.<sup>2</sup>

**Diseño D.**  
Gran resistencia.  
Corriente de arranque reducida; tensión total en el arranque; par de arranque elevado, del 275 % del nominal.

**Rotor bobinado.**  
Corriente de arranque reducida; resistencia en el circuito del rotor; gran par de arranque.



Aplicaciones

Máquinas herramientas, bombas centrífugas, grupos electrógenos, ventiladores, inyectores, instalaciones en general que requieran un par de arranque reducido.

Como los motores para servicios generales de (a).

Bombas alternativas, mezcladoras, compresores neumáticos, transportadores con arranque bajo carga, grandes frigoríficas, instalaciones en general que requieran gran par de arranque.

Panzonadoras, cizalladoras, bulldozers, pequeños montacargas, máquinas de volante, hileras, embaladoras, hidroextractores de azucareras.

Ascensores, grúas, montacargas, laminadores, excavadoras eléctricas, carga de carbón y mineral, grupos electrógenos con volante.

<sup>1</sup> Letras F a R: 5 a 14 veces la corriente nominal.  
<sup>2</sup> Letras B a E: 3,1 a 5 veces la corriente nominal.

Designación de los motores de inducción de jaula de ardilla por la National Electrical Manufacturers Association.

BALANCE DE POTENCIAS, EFICIENCIA ( $\eta$ ) DEL M. I.

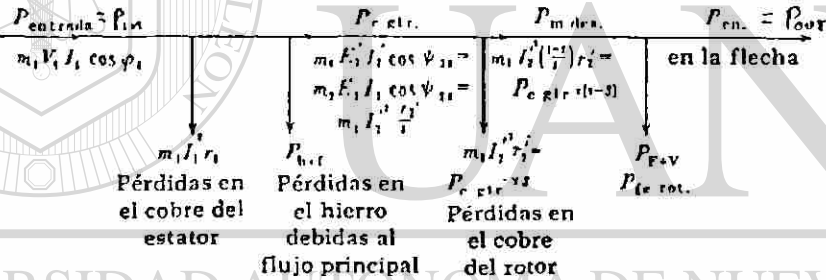
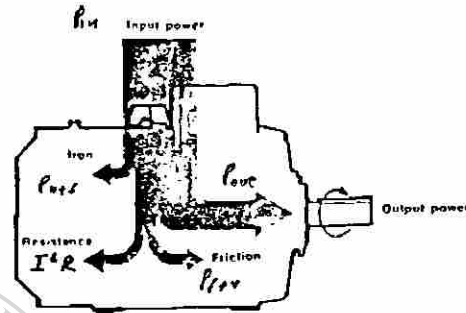


FIG. Equilibrio de potencia en un motor de inducción polifásico

$$P_{in} = \sqrt{3} V_L I_L \cos \phi = 3 V_f I_f \cos \phi = m V_f I_f \cos \phi$$

$$P_{c.g.} = P_{in} - (3 I_1^2 r_1 + P_{h+i}) = 3 I_2'^2 \frac{r_2'}{s}$$

$$P_e = 3 I_2'^2 r_2' = 3 I_2^2 r_2 = s P_{c.g.}$$

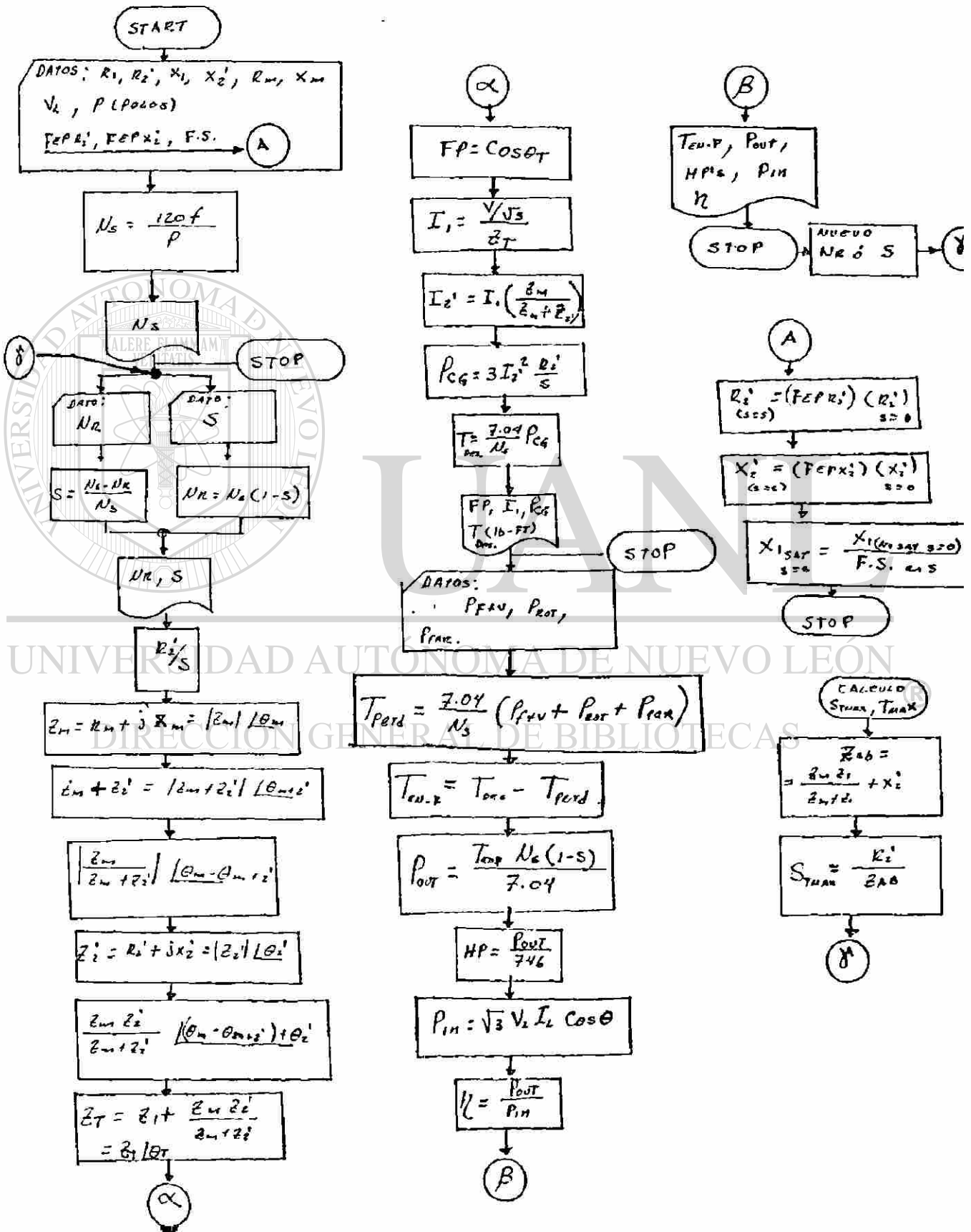
$$P_{m.dra.} = P_{c.g.} - P_e = (1-s) P_{c.g.} = 3 I_2'^2 r_2' \left(\frac{1-s}{s}\right) = 3 I_2^2 r_2 \left(\frac{1-s}{s}\right)$$

$$P_{m.enf.} = P_{m.dra.} - (P_{f+V} + P_{f+rot.}) = P_{out.}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = 1 - \frac{\Sigma P_{perd}}{P_{in}}$$



DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA "ANALISIS DEL M. I." (SIMPLIFICADO)



Prob.	Cap.	Arranque	Marcha
15 HP			
220 volts (línea)		$r_1 = 0.138 \Omega$	$r_1 = 0.138 \Omega$
P = 4 polos		$r_2' = 0.121 \Omega$	$r_2' = 0.104 \Omega$
f = 60 Hz		$x_1 = x_2' = 0.233 \Omega$	$X_1 = 0.281 \Omega$
Ns = 1800 rpm		$x_m = 8.64 \Omega$	$X_2' = 0.302 \Omega$
		$r_m = 0.130 \Omega$	$X_m = 8.64 \Omega$
			$r_m = 0.130 \Omega$

Todos los valores de parámetros en  $\Omega$ /fases, pérdidas (dadas como una fracción de la potencia de salida):

Fricción y viento = 0.010  
 Hierro en vacío = 0.024  
 Parásitos en carga = 0.015

Asumir las pérdidas en el hierro debido a el flujo principal = 1/2 (de las pérdidas totales del hierro en vacío)

Determinar el funcionamiento en el arranque y marcha  $s = 0.025$ . y  $\epsilon u$

Condiciones de  $T_{max}$ .

Solución por Calculadora Programable.

En el Arranque  $S=1$

En Marcha  $S=0.025$

En el Arranque	$S=1$	En Marcha	$S=0.025$
0.138	R1	0.138	R1
0.121	R2'	0.104	R2'
0.233	X1	0.281	X1
0.233	X2'	0.302	X2'
0.13	RM	0.13	RM
8.64	XM	8.64	XM
220.	VL	220.	VL
1800.	NS	1800.	NS
0.	NR	1755.	NR
1.	S	0.025	S
.4805039917	FP	.8521164672	FP
241.4472086	I1	32.61221562	I1
20053.41974	PCG	10075.51317	PCG
78.43115276	T	39.40645151	T

En Marcha S=0.025 (1755 RPM)

Condiciones de Par Máximo ( $T_{max}$ )

0.138	R1		
0.104	R2*		
0.281	X1		
0.302	X2*	.1761489147	SMAX
0.13	RM	1482.931953	HR
8.64	XM	.1761489147	S
220.	VL	.7483837009	FP
1800.	NS	138.4703419	I1
		31509.01744	PCG
1755.	HR	123.2352682	T
0.025	S		

.8521164678	FP		
32.61221562	I1	121.6179064	T-EN
10075.51317	PCG	25618.05108	P0UT
39.40645151	T	34.34055104	HP'S
		39487.93227	P-IN
		.6487564581	EFIC

111.9	PF+V
134.28	PROT
167.35	PPAR

# UANL

37.78908974	T-EN
9420.433592	P0UT
12.62793707	HP'S
10589.18587	P-IN
.8896327494	EFIC

Nr= 1810 Arriba de Ns = 1800RPM  
OPERACION COMO GENERADOR

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

1810.	HR
- .0055555556	S

-.3777211716	FP
15.78439089	I1
-2455.048021	PCG
-9.601965592	T

-11.21932737	T-EN
-2884.514565	P0UT
-3.866641508	HP'S
-2271.863262	P-IN
1.269669092	EFIC

OPERACION COMO GENERADOR

Nr > Ns	S < O	2000.	NR	2200.	NR
		-. 1111111111	S	-. 2222222222	S
1900.	NR				
-. 0555555555	S			-. 4470376622	FP
		-. 7383676557	FP	190. 6095456	I1
		128. 9254659	I1	-47565. 57998	PCG
-. 8568317266	FP	-43233. 14037	PCG	-186. 0342684	T
70. 64572033	I1	-169. 0896157	T		
-25216. 12154	PCG				
-98. 62305313	T				

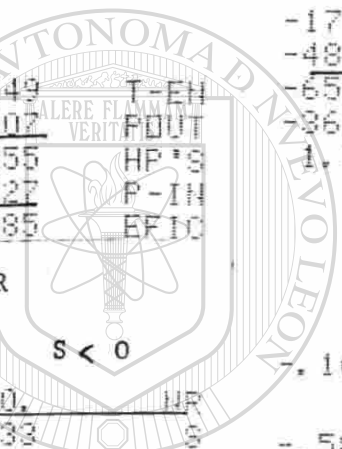
		-170. 7069774	T-EN	-187. 6516301	T-EN
		-48496. 30041	POUT	-58641. 13442	POUT
-100. 2404149	T-EN	-65. 00844559	HP'S	-78. 60741879	HP'S
-27058. 52102	POUT	-36273. 93594	P-IN	-32469. 23583	P-IN
-36. 26477355	HP'S	1. 336946189	EFIC	1. 806052188	EFIC
-23065. 59727	P-IN				
1. 172894885	EFIC				

GENERADOR

Nr > Ns	S < O	2100.	NR	2500.	NR
		-. 1666666667	S	-. 3888888889	S
1950.	NR				
-. 0833333333	S			-. 1884625085	FP
		-. 5844090876	FP	214. 8774397	I1
		167. 8864973	I1	-34583. 15365	PCG
-. 8080292491	FP	-49121. 3615	PCG	-135. 2585565	T
101. 9389745	I1	-192. 1170027	T		
-35771. 44239	PCG				
-139. 9060858	T				

		-136. 8759183	T-EN	-48606. 50507	POUT
		-193. 7364645	T-EN	-65. 15617301	HP'S
		-57790. 70674	POUT	-15431. 17854	P-IN
-141. 5234476	T-EN	-77. 46743531	HP'S	3. 149889357	EFIC
-39200. 38675	POUT	-37386. 54167	P-IN		
-52. 54743533	HP'S	1. 545762303	EFIC		
-31387. 06092	P-IN				
1. 248934612	EFIC				

Nr > Ns	S < O	3000.	NR
		-. 6666666667	S
		-. 0130044661	FP
		220. 6919271	I1
		-21284. 8963	PCG
		-83. 2475944	T



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

OPERACION COMO FRENO S > 1

N (Negativa, opuesta a el Campo Giratorio.

3600.  
-1.  
0713312827  
20.7086408  
4192.08025  
5.50680274  
  
12416452  
211.22049  
15713203  
99.052718  
869305516

HR  
S  
  
FP  
I1  
PCG  
T  
  
T-EN  
POUT  
HP'S  
P-IN  
EFIC

FRENO  
-100.  
1.055555556  
  
.3722544703  
205.4800382  
11646.23841  
45.54973246

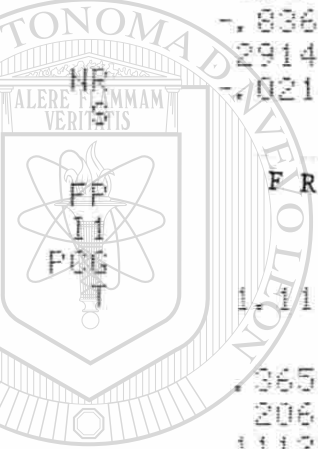
NR  
S  
  
FP  
I1  
PCG  
T

FRENO  
-500.  
1.277777778  
  
.3498181042  
207.5136958  
9813.108789  
38.38015882

NR  
S  
  
FP  
I1  
PCG  
T

GENERADOR

5000.  
777777778



43.93237068  
-624.0393562  
-.8365138823  
29146.93334  
-.0214101205

T-EN  
POUT  
HP'S  
P-IN  
EFIC

36.76279704  
-2610.994108  
-3.499992102  
27661.28525  
-.0943916411

T-EN  
POUT  
HP'S  
P-IN  
EFIC

441933461  
9.2711023  
78.954954  
0.81546826

FP  
I1  
PCG  
T

FRENO

-200.  
1.111111111  
  
.3658746361  
206.074704  
11128.36766  
43.52428239

NR  
S  
  
FP  
I1  
PCG  
T

FRENO

-1000.  
1.555555556  
  
.3302547906  
209.157663  
8189.599426  
32.03043331

NR  
S  
  
FP  
I1  
PCG  
T

43283004  
034.63043  
0.8775877  
2048.2782  
911864919

T-EN  
POUT  
HP'S  
P-IN  
EFIC

6000.  
333333333

NR  
S

41.90692031  
-1190.537517  
-1.595894795  
28730.30896  
-0.041438382

T-EN  
POUT  
HP'S  
P-IN  
EFIC

30.41307158  
-4320.03857  
-5.790936421  
26321.2321  
-.1641275209

T-EN  
POUT  
HP'S  
P-IN  
EFIC

661157648  
8.5704702  
64.548962  
32801372

FP  
I1  
PCG  
T

4.9453755  
280.26321  
4.49901234  
35.20647  
536678419

T-EN  
POUT  
HP'S  
P-IN  
EFIC

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

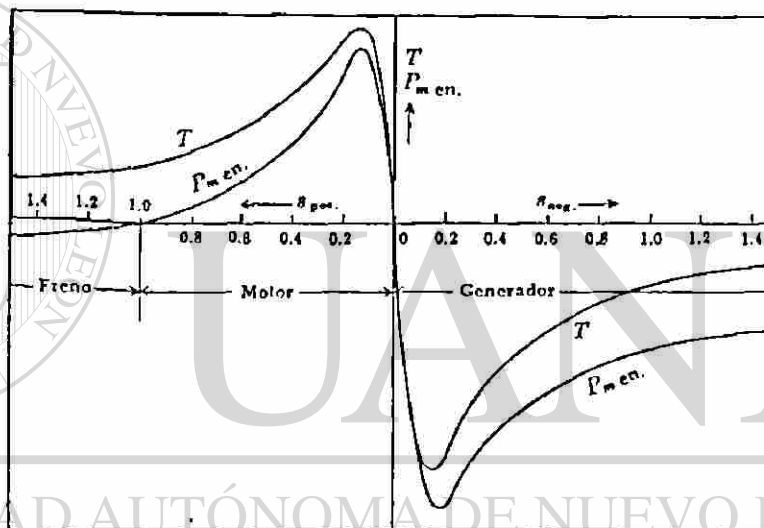
# FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA DE INDUCCION COMO FRENO Y GENERADOR

La tabla siguiente muestra un resumen de las magnitudes de los deslizamientos y las formas correspondientes de funcionamiento de la máquina de inducción.

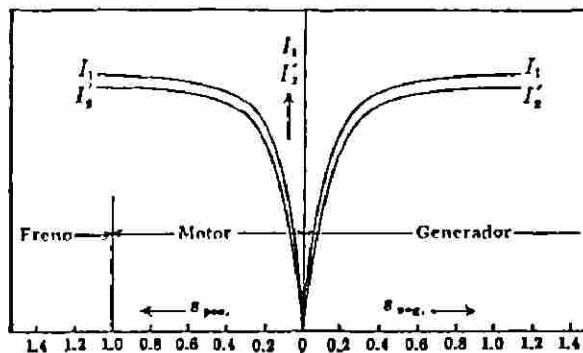
$$P_{m\text{ dev}} = m_1 I_2' s \frac{1-s}{s} r_2'$$

$$s = \frac{n_s - n}{n_s}$$

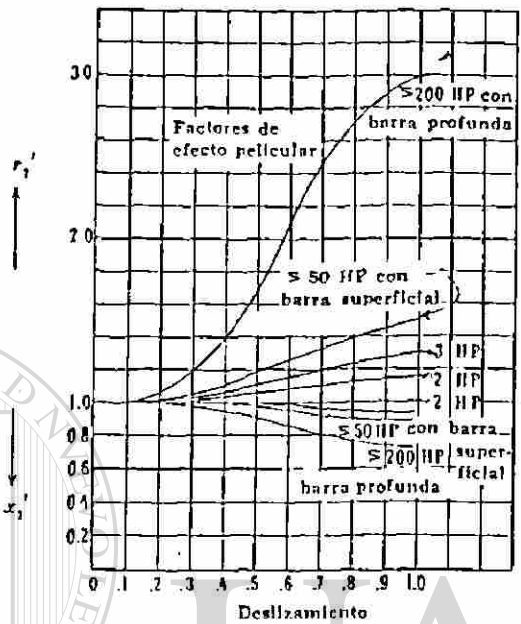
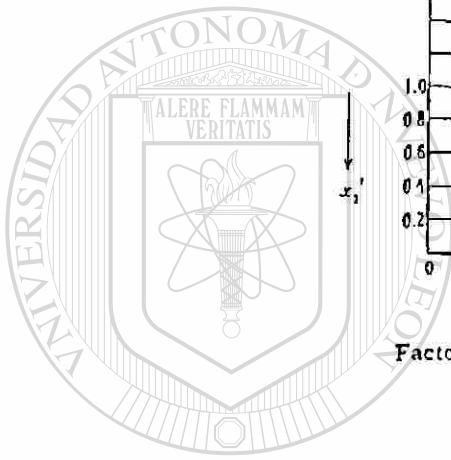
Deslizamiento y $n$	Forma de funcionamiento	Conversión de energía
$0 < s < 1$ $n > n > 0$	Motor	Eléctrica en mecánica
$s > 1$ $\infty > n > 0$ (pero opuesto al flujo giratorio)	Freno	Cinética en eléctrica
$s < 0$ $n > n_s$	Generador	Mecánica en eléctrica



Par motor y potencia mecánica en la flecha como funciones del deslizamiento para el funcionamiento como motor, generador y freno



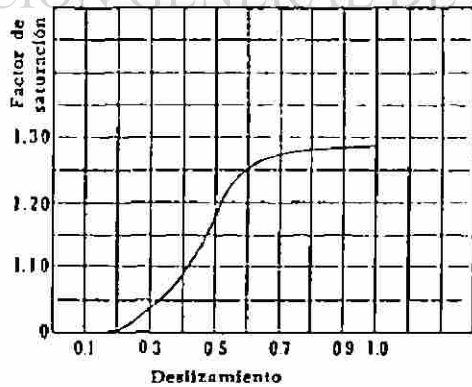
Corrientes del estator y del rotor como una función del deslizamiento para el funcionamiento como motor, generador y freno



Factores del efecto pelicular

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Factores de saturación

PROTECCIÓN, CIRCUITOS DE ARRANQUE Y CONTROL DE MOTORES DE CA DE INDUCCIÓN

Funcionamiento de los elementos que forman los circuitos de arranque, protección y control de Motores de C.A.

Existen gran variedad de elementos que componen los circuitos de control con relevadores, pero aquí solo se explicarán algunos de los utilizados durante la práctica.

A). Pulsadores de Control (Botones).

FIG. #1

CONTACTO MOMENTANEO				CONTACTO MANTENIDO
UN SOLO CIRCUITO		CIRCUITO DOBLE		
N.A.	N.C.	2N.A.	N.C. y NA	

Funcionamiento: Al presionarse el botón los  $N_c$  se abren y los  $N_a$  se cierran. Los de contacto momentáneo al dejar de presionarse vuelven a su posición original.

B). Relevadores de tiempo (Timing Relays).

Una de las principales ventajas de los circuitos controlados automáticamente es que su secuencia de operaciones puede ser ajustada con gran precisión por medio de relevadores de tiempo.

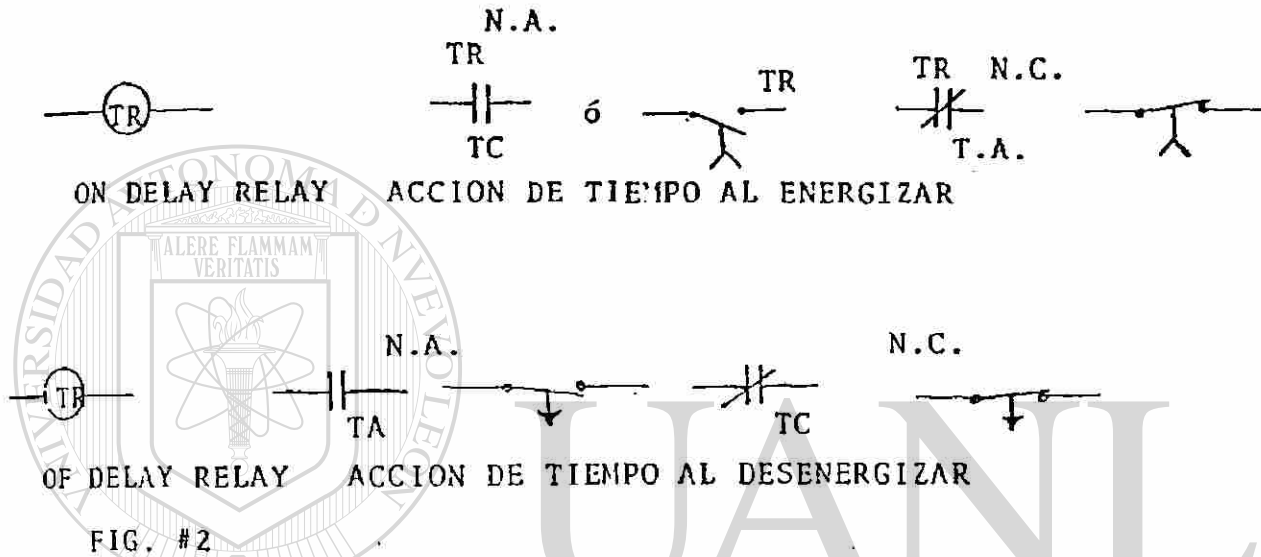
Un relevador de tiempo puede ser ajustado para que de comienzo su acción de tiempo en una de las dos formas siguientes:

- 1). Al energizar (on delay): En el instante en que la bobina es energizada empieza a contar el tiempo para el cual fué ajustado, al pasar este tiempo los contactos  $N_C$  se abren y los  $N.A.$  se cierran. ( $T_R$  siemens).



- 2). Retardo al "desenergizar" (off-delay): En el instante en que se energiza la bobina los NA se cierran y los NC se abren instantaneamente, al desenergizar - la bobina pasa un tiempo (el tiempo que se ajustó - en el relevador) y los contactos que se cerraron se abren y los que se abrieron se cierran ( $T_R$ -agestat).

SIMBOLOS



C). Relevadores Bimetálicos (de sobrecarga). -

Los relevadores bimetálicos con elementos térmicos de retardo sirven para la protección contra sobrecarga de motores. Se instalan en combinación con contactores; las fases del relevador bimetálico se encuentran en el circuito principal. El contacto auxiliar opera en el circuito de la bobina del contactor. Tienen un botón de ajuste para ajustar la máxima corriente de sobrecarga del motor, al alcanzar ó sobrepasar esta corriente los elementos bimetálicos operan sobre el contacto auxiliar y el contacto auxiliar sobre la bobina del contactor parando el motor (Ver figuras 6,7,8 y 9).

Con los relevadores bimetálicos "Sin auto-bloqueo", el contacto regresa de nuevo a su posición de reposo después del enfriamiento de los elementos bimetálicos. Los que-

tienen autobloqueo hay que restablecerlos manualmente.

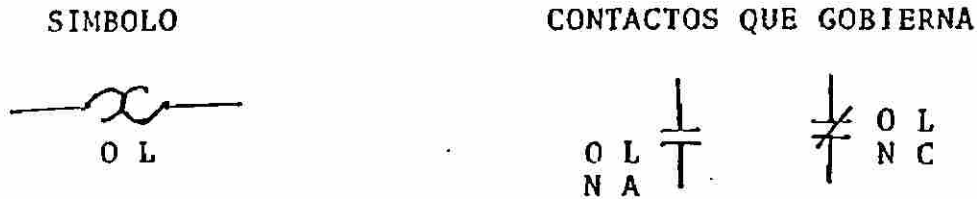


FIGURA #3

OL Overload

D). Contactores.-

Los contactores son los que gobiernan los contactos que interrumpen ó restablecen la potencia eléctrica del motor en el circuito principal. Por ejemplo, en la figura 7, M es el contactor y T<sub>R</sub>, OL son relays.

SIMBOLOS

CONTACTOS QUE GOBIERNA EL CONTACTOR  
(O RELEVADOR)



Los contactor en el circuito principal con línea gruesa, en el circuito de control con línea delgada.

FUNCIONAMIENTO: Al energizar la bobina se forman polos opuestos en el entrehierro y los dos núcleos se atraen - el superior que es móvil baja y los contactos NC se abren y los NA se cierran. (Ver fig. 5).

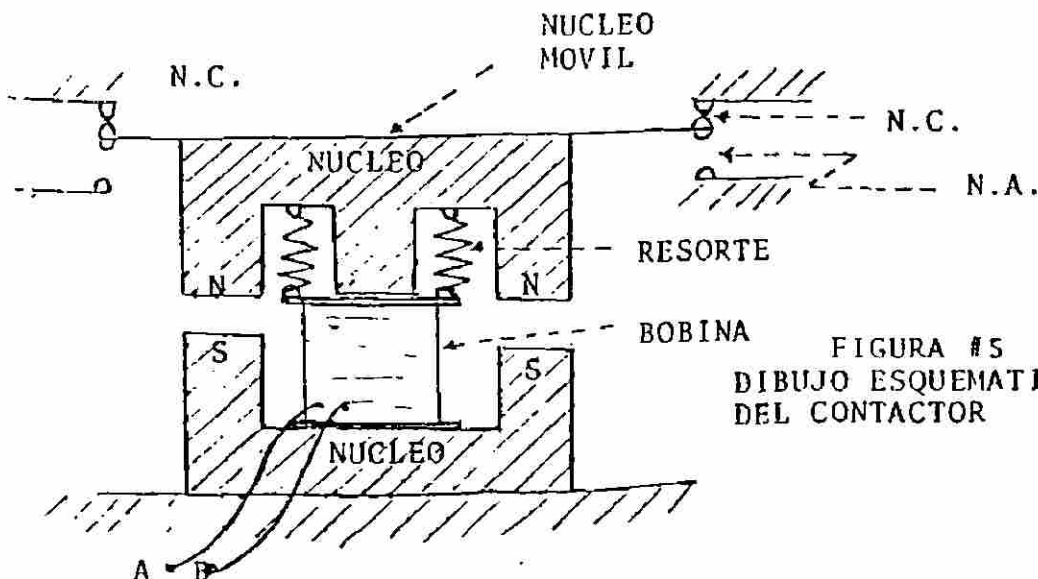


FIGURA #5  
DIBUJO ESQUEMATICO  
DEL CONTACTOR

a). Arrancador magnético no reversible. (Fig. 6).

Funcionamiento: Al presionar el botón de arranque se energiza la bobina y cierra los 3 contactos M del motor y --- también el que se encuentra en paralelo con el botón de -- arranque, arranca el motor y se puede dejar de estar, presionando el botón de arranque puesto que el circuito se encuentra cerrado por el contacto que esta en paralelo. Con botón de Stop se abre el circuito de la bobina abriendo todos los contactos (también el que está en paralelo con el botón de arranque) parando el motor.

a). ARRANCADOR MAGNETICO NO REVERSIBLE. -

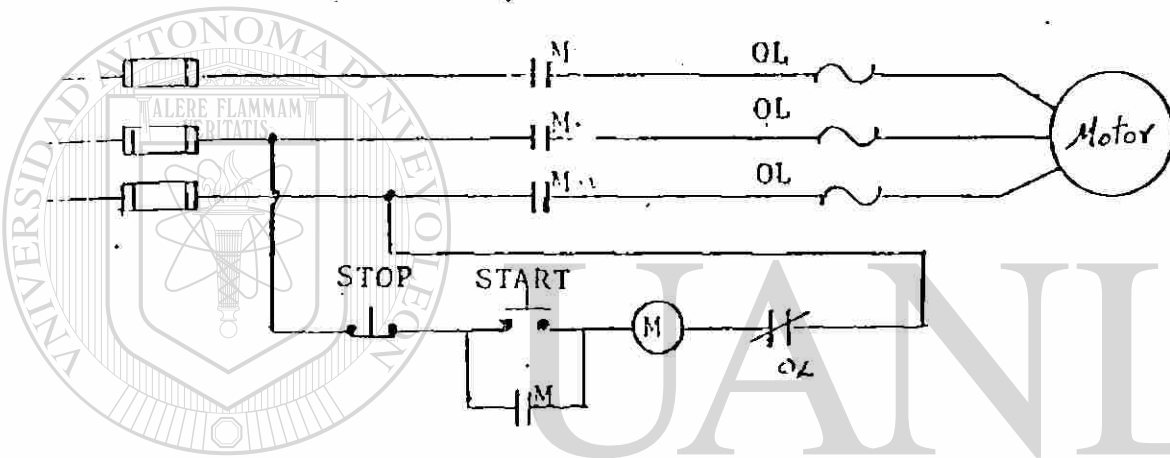


FIGURA #6

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

b). ARRANCADOR MAGNETICO NO REVERSIBLE CON PARO AUTOMATICO. -

DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

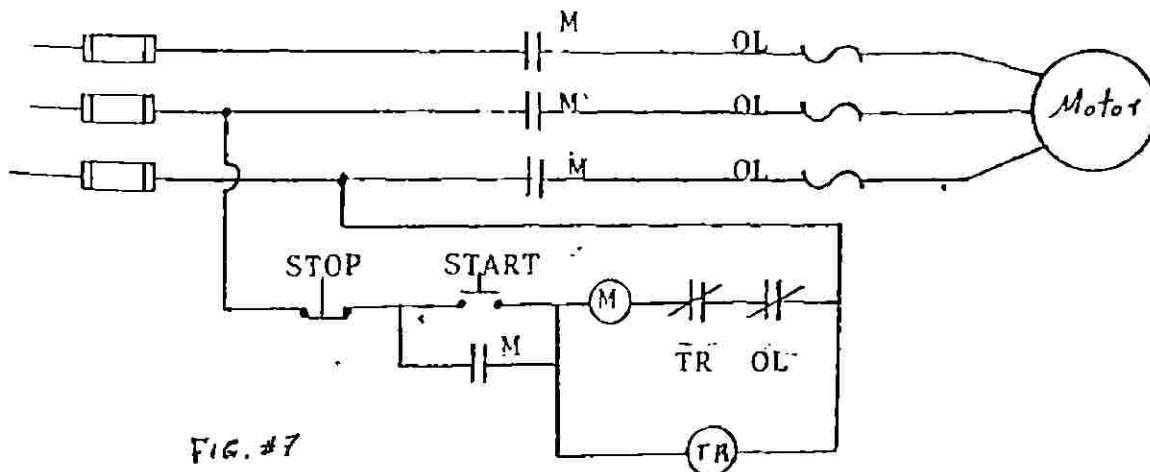


FIG. #7

FUNCIONAMIENTO:

Igual que el anterior, pero el  $T_R$  después de cierto tiempo (el tiempo marcado en relevador abre su contacto N.C. desenergizando la bobina M y parando el motor.

C. Arrancador magnético reversible.

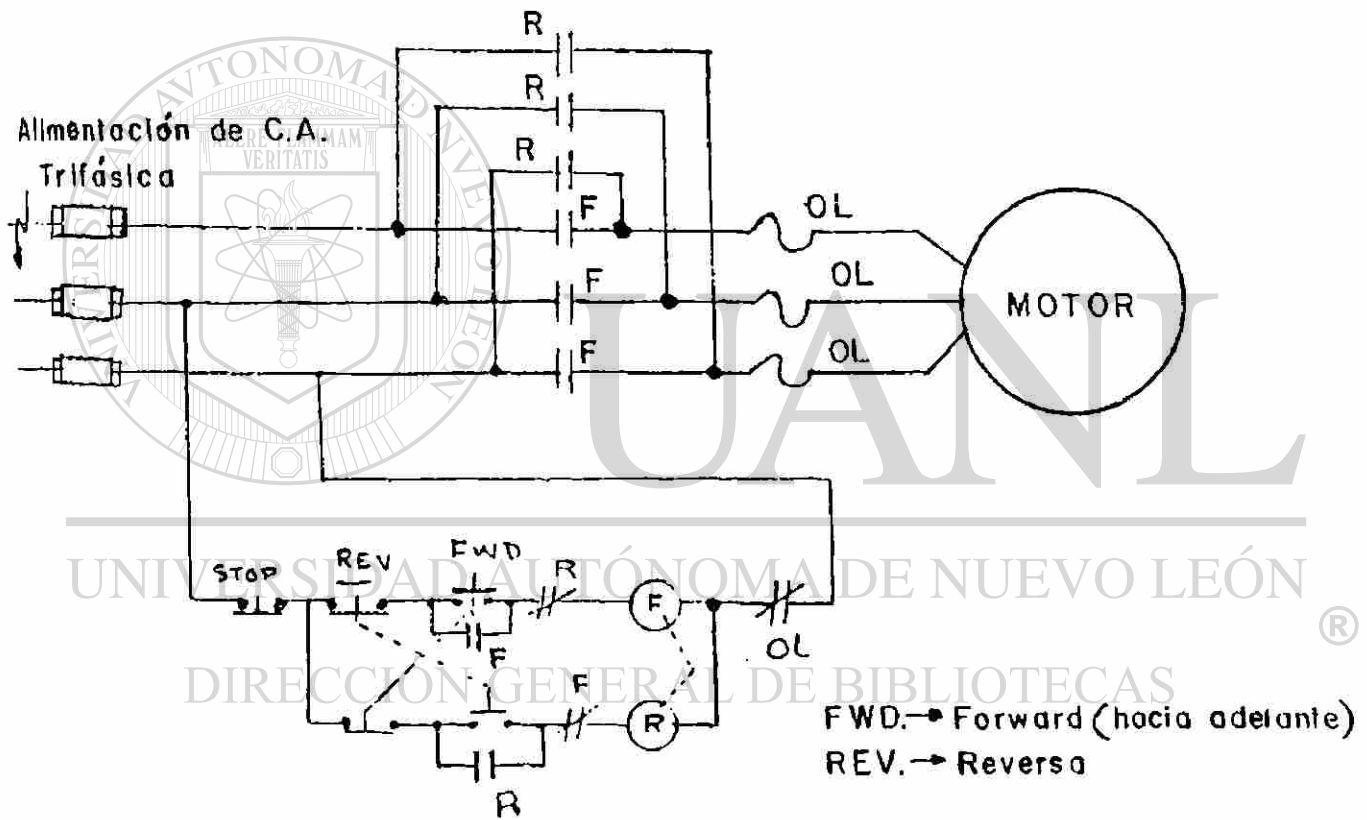
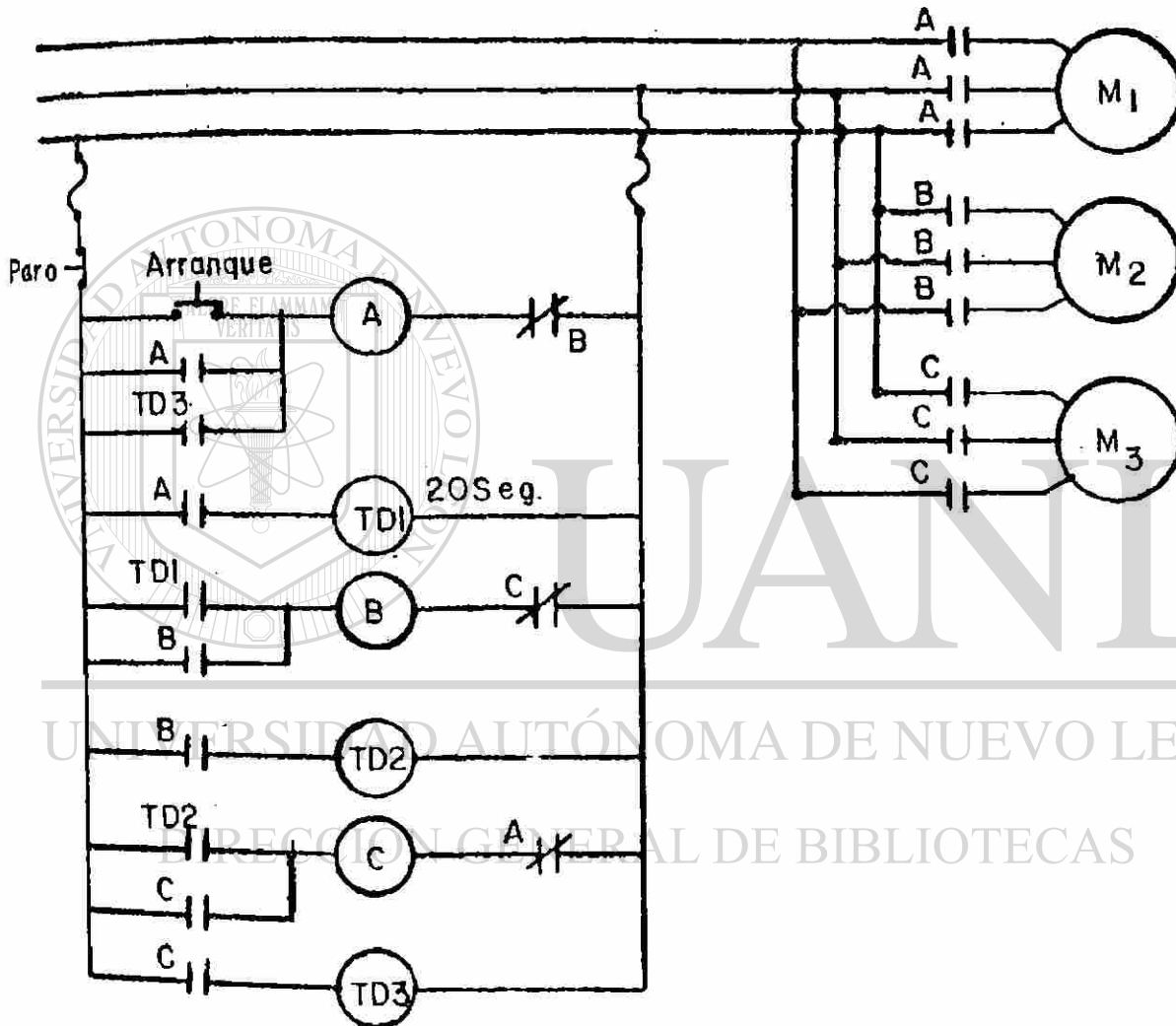


FIG. 8

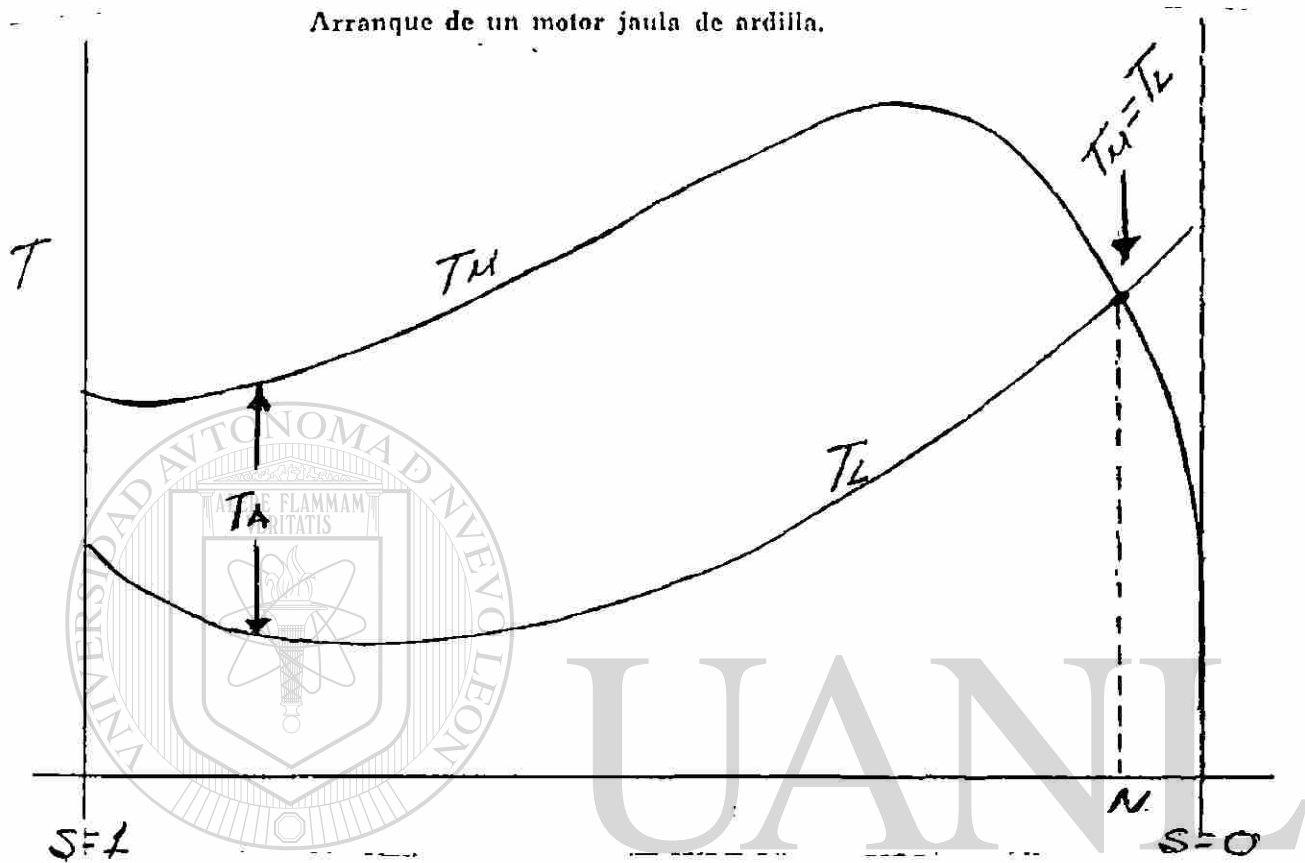
D) CIRCUITO DE SECUENCIA:

Control. automático de la secuencia de operación de 3 motores de inducción.



## ARRANQUE Y CONTROL DE VELOCIDAD DEL MOTOR POLIFASICO DE INDUCCION

Arranque de un motor jaula de ardilla.



Características par motor-velocidad de un motor jaula de ardilla  
y su carga

$N_r = 0$

$N_r = N_s$

Mientras el  $T_M$  sea mayor que  $T_L$  la máquina se acelera más pronto

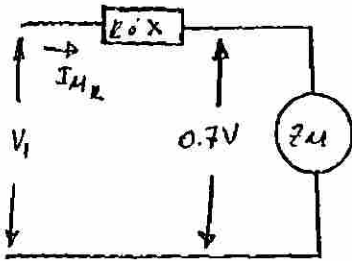
$(T_M - T_L) \uparrow$ ; periodo de aceleración  $\downarrow$  (menor)

El punto en el cual trabaja el motor con carga sería aquel el cual el  $T_M = T_L$

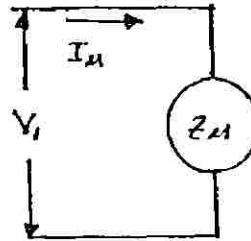
La corriente en el arranque de un motor de inducción es igual a la corriente de cortocircuito del motor (corriente de rotor frenado) la cual es de 4 a 6 veces la  $I_{nom}$ .

La variación de la corriente y el par motor durante el periodo de arranque depende únicamente de los parámetros del motor y son independientes del par de oposición de la carga.





A TENSION REDUCIDA



A TENSION PLENA

$$I_{Mr} = \frac{0.7V}{Z_M}$$

$$I_M = \frac{V_1}{Z_M}$$

$$T_R = k (0.7V)^2$$

$$T_A = k V^2$$

$$T_R = k (0.49) V^2$$

$$\frac{T_R}{T_A} = \frac{k (0.49) V^2}{k V^2}$$

$$I_{Mr} = 0.7 I_M$$

$$T_R = 0.49 T_A$$

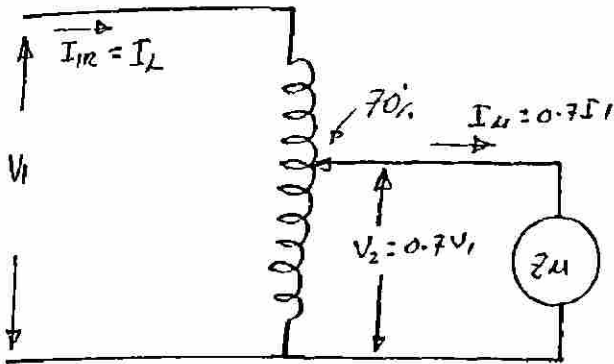
Se deduce de las Ec's que el par motor

$T_M$  varía con el cuadrado del voltaje aplicado a este y la corriente varía directamente con el voltaje.

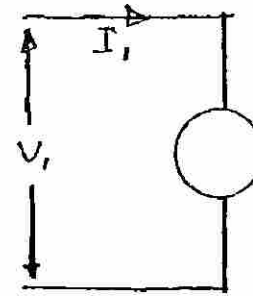
La corriente en el motor y la línea es la misma por ejemplo: si la resistencia o reactancia produce una caída de voltaje del -- 30%, el voltaje aplicado será el 70% y la corriente que toma el motor será 70% y el par será el 49% de lo que tendría a pleno - voltaje.



Arranque por autotransformador;



A TENSION REDUCIDA



A TENSION PLENA

$$I_M = \frac{V_2}{Z_m}$$

$$V_2 = \frac{0.7 V_1}{Z_m}$$

$$I_M = .7 I_1$$

$$T_2 = K V_2^2$$

$$T_2 = K (.7 V_1)^2$$

$$T_2 = K (0.49) V_1^2$$

$$T_2 = (0.49) K V_1^2$$

$$T_2 = 0.49 T_1$$

$$I_1 = \frac{V_1}{Z_m}$$

unicamente en el arranque cuando Z no cambia

$$T_1 = K V_1^2$$

$$T_1 \propto V_1^2$$

$$T_1 = K V_1^2$$

$$V_1 I_{1R} = V_2 I_M$$

$$I_{1R} = \frac{V_2}{V_1} I_M$$

$$I_{1R} = 0.7 I_M$$

$$I_{1R} = (0.7)(0.7 I_1)$$

$$I_{1R} = 0.49 I_1$$

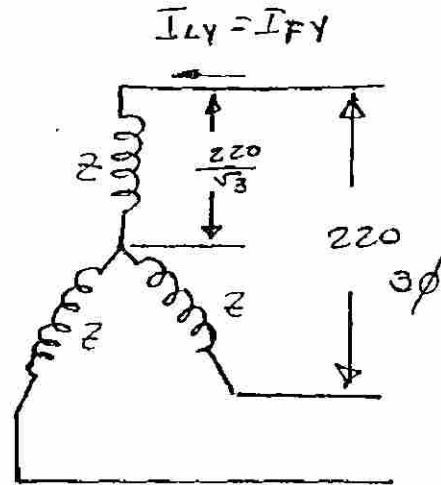
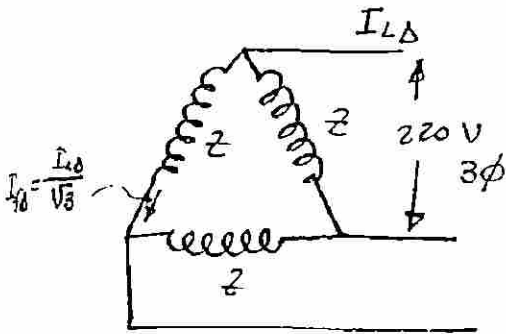
En el arranque por autotransformador si el voltaje disminuye a el 70% tenemos:

la corriente del motor ( $I_M$ ) disminuye a el 70% de  $I_1$  (a pleno V)

la corriente de la línea ( $I_{1R}$ ) disminuye a el 49% de  $I_1$

T el par a voltaje reducido disminuye a el 49% de  $T_1$  ( a pleno V)

CONEXION Y - Δ



Conexión normal

$$I_{\phi\Delta} = \frac{220}{Z}$$

$$I_{L\Delta} = \sqrt{3} I_{\phi\Delta} = \frac{\sqrt{3}(220)}{Z}$$

$$I_{L\Delta} = \frac{\sqrt{3}(220)}{Z}$$

Conexión en arranque

$$I_{LY} = \frac{\frac{220}{\sqrt{3}}}{Z} = \frac{V_f}{Z}$$

$$I_{LY} = \frac{220}{\sqrt{3} Z}$$

$$\frac{I_{L\Delta}}{I_{LY}} = \frac{\frac{\sqrt{3}(220)}{Z}}{\frac{220}{\sqrt{3} Z}}$$

$$I_{L\Delta} = 3 I_{LY}$$

$$I_{LY} = \frac{I_{L\Delta}}{3}$$

En una conexión Y - Δ, la corriente de línea al arrancarlo en Y es 1/3 de la corriente de línea al arrancarlo en Δ

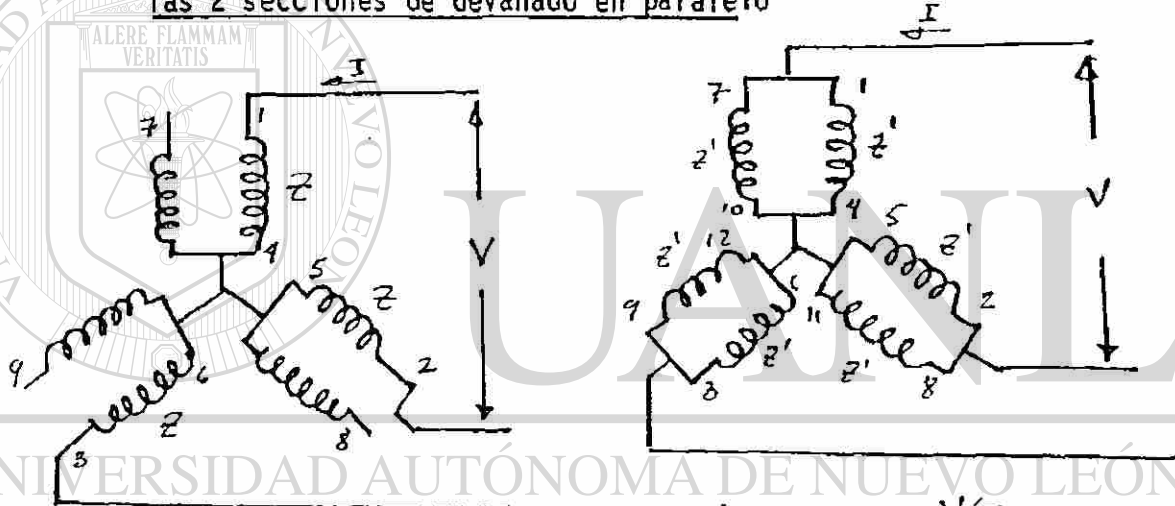
El  $i_y = \frac{T_{\Delta}}{3}$  el par al arrancarlo en conexión Y es 1/3 del par que tendría al arrancarlo en

$$T = K I_i^2 \text{ en arranque}$$

### Arranque con una sección del devanado

Cuando tiene un motor con 2 circuitos (6 más) en paralelo - - (tal con 2 Y en paralelo) como en los motores de 220/440. Se incrementa la impedancia del devanado del estator conectando en el arranque un solo circuito y una vez que alcanza cierta velocidad se conecta la otra sección en paralelo.

Con este arreglo el motor toma de la línea el 60 al 75% de la corriente de arranque que tendría con los 2 devanados en paralelo y desarrolla del 50 al 60% del par motor de arranque con las 2 secciones de devanado en paralelo



$$I = \frac{V/\sqrt{3}}{Z} \quad I = \frac{V/\sqrt{3}}{\frac{Z \cdot Z'}{Z' + Z'}} \approx \frac{V/\sqrt{3}}{Z/2}$$

$Z$  y  $Z'$  son diferentes por que en la conexión de la izquierda solo se alimenta un devanado pero el otro continua conectado en el mismo nucleo.

Además este unico devanado tiene que producir el par de arranque. Mientras que en la conexión de la derecha es producido por la acción conjunta de los dos.

# ARRANCADORES PARA MOTORES DE ROTOR ENBOBINADO

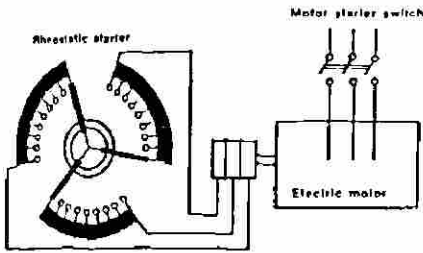


Fig. Current and torque curve of a squirrel-cage motor.

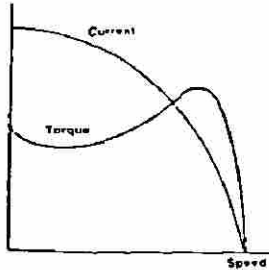


Fig. Slip-ring motor with rheostatic starter connected for maximum starting torque

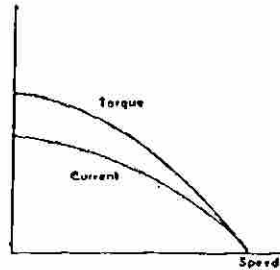
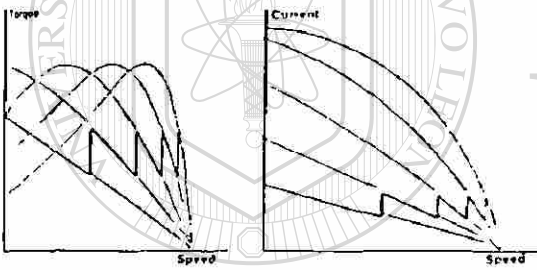


Fig. Example of the starting sequence of a slip-ring motor with five steps in the rheostatic starter.



$$P_{cg} = m I_2'^2 \frac{v_2'}{s}$$

$$T = \frac{7.0\%}{N_s} P_{cg} \quad N_s = \frac{120f}{P} = cte.$$

$$Si \quad T = cte \quad P_{cg} = cte$$

$$P_e = s P_{cg} \quad \text{-(Pérdidas del Rotor)}$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

$$P_e = s \times cte$$

Para un Par Motor dado, el deslizamiento "S" es proporcional a la resistencia del Rotor .

Para Par nominal en el arranque:

$$\frac{r_2' + Y_{ext}(s=1)}{1} = \frac{r_2'}{s_n} \quad , \quad Y_{ext}(s=1) = r_2' \left( \frac{1-s_n}{s_n} \right)$$

Para Par Máximo en el Arranque:

$$\frac{r_2' + Y_{ext}}{1} = \frac{r_2'}{s_{Tmax}} \quad , \quad Y_{ext} = r_2' \left( \frac{1-s_{Tmax}}{s_{Tmax}} \right)$$

$$r_t = r_2' + Y_{ext}$$

Si  $r_2'$  aumenta a el doble las  $P_e$  serán el doble entonces el deslizamiento "S" será el doble.

## CAPITULO 9

### CONTROL DE VELOCIDAD DE MOTORES DE INDUCCIÓN

De las siguientes ecuaciones se puede observar las diferentes maneras de controlar la velocidad.

$$1). \quad N_r = \frac{120 f_1}{P} (1-s)$$

$$T = k \left( \frac{V}{f} \right)^2$$

$$2). \quad s = \frac{N_s - N_r}{N_s} = \frac{f_2}{f_1} = \frac{N_1 K_{dp1} E_2}{N_2 K_{dp2} E_1}$$

$$E_2 = s \frac{N_2 K_{dp2}}{N_1 K_{dp1}} E_1$$

$$3). \quad N_r = \frac{120(f_1 \pm f_2)}{P}$$

$$4). \quad N_r = \frac{120 f_1}{P} \left( 1 - \frac{N_1 K_{dp1} E_2}{N_2 K_{dp2} E_1} \right)$$

$$5). \quad P_e = s P_e \text{ gir}$$

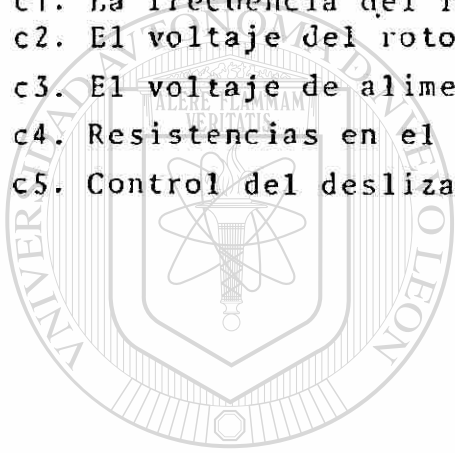
$$6). \quad N_r = \frac{120 f_1}{P} \left( 1 - \frac{P_e}{P_e \text{ gir}} \right) \quad (\text{sustituyendo 5 en 1})$$

Si  $T_L = \text{cte} \therefore P_e \text{ gir} = \text{cte}.$

$$7). \quad P_e = m I_{2r}^2 (r_{2r} + r'_{\text{ext}})$$

Basicamente la velocidad de los motores de inducción se puede controlar ajustando cualquiera de las siguientes variables del motor.

- a). La frecuencia de alimentación ( $f_1$ )
- b). El número de polos (verdevanados de 2 ó más velocidades)
- c). El deslizamiento (S).
  - c1. La frecuencia del rotor ( $f_2$ )
  - c2. El voltaje del rotor ( $E_2$ )
  - c3. El voltaje de alimentación ( $E_1, V_1$ )
  - c4. Resistencias en el rotor ( $r_{ext}$ )
  - c5. Control del deslizamiento por medios auxiliares.



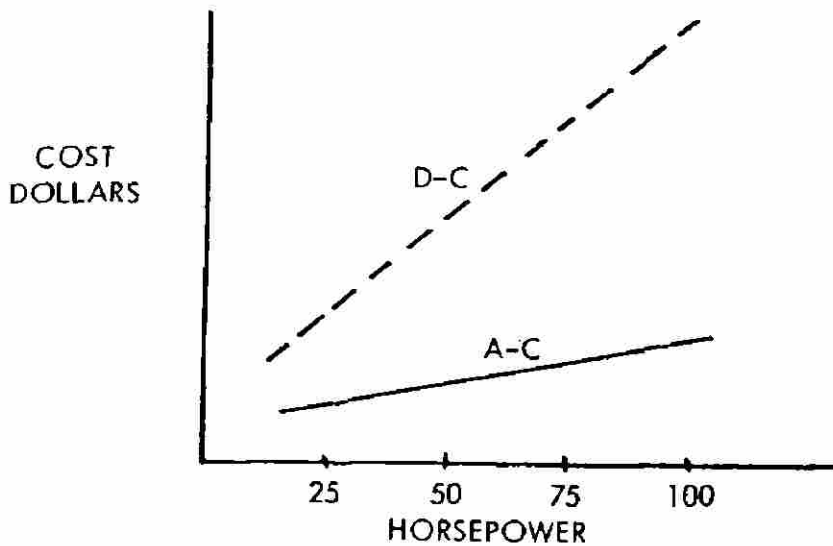
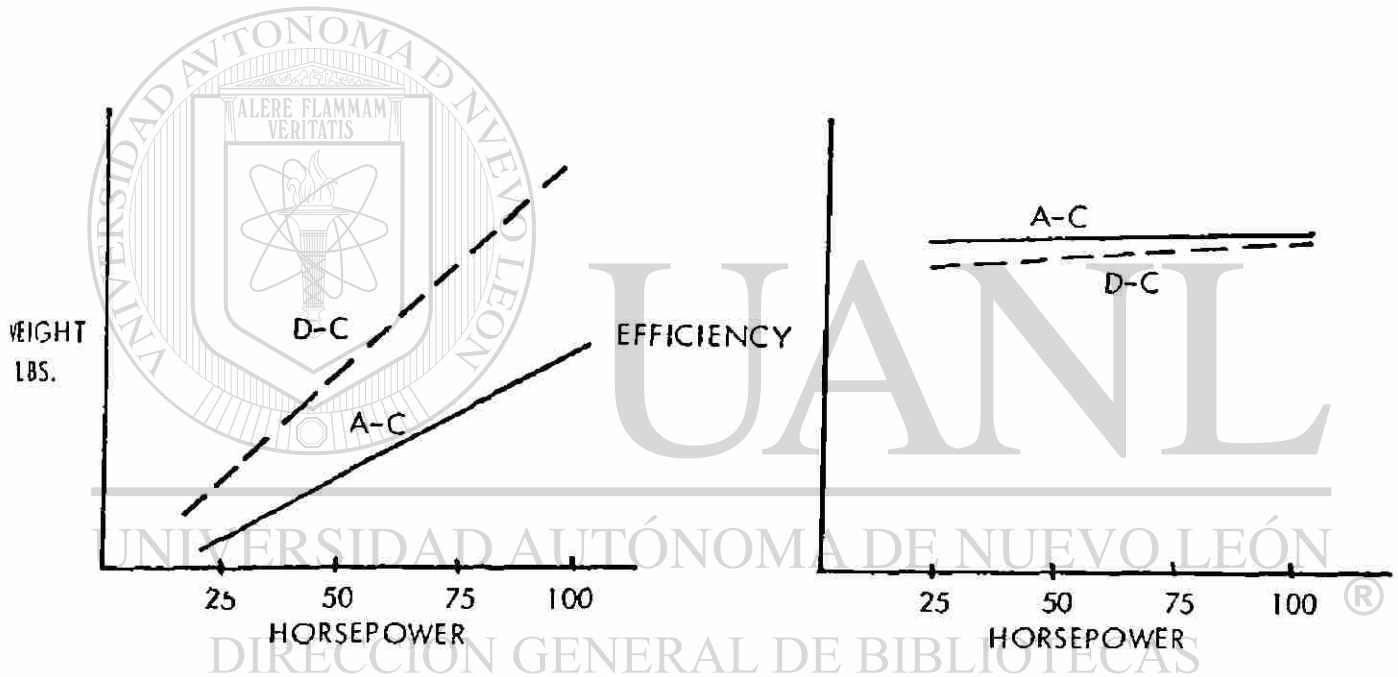
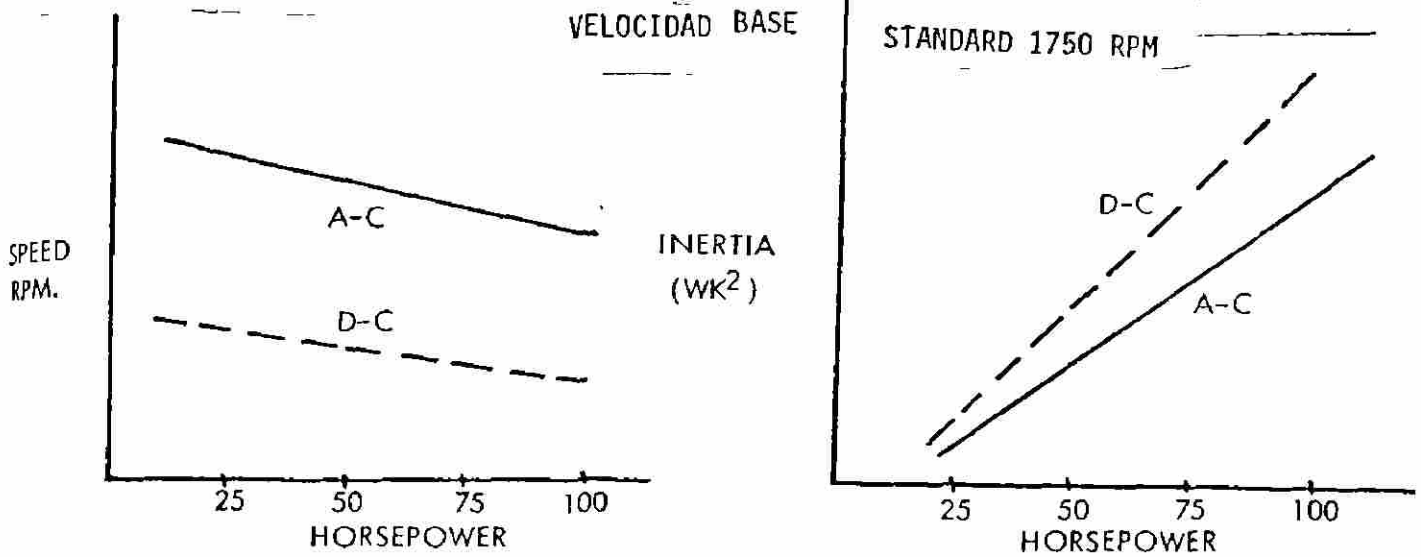
# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

COMPARACION ENTRE MOTOR DE INDUCCION DE C.A. VS MOTOR C.D.



## SISTEMAS DE CONTROL DE C.A. VS C.D.

Los motores de C.D. han sido usados universalmente para el control de velocidad desde el tradicional sistema Word Leonard con grupo  $M-G$  hasta los nuevos sistemas totalmente estáticos regenerativos (sistemas word Leonard estatico) con tiristores. Algunas operaciones fueron realizadas en el pasado con motores de inducción de rotor devanado por resistencias variables en el rotor. El motor de inducción de jaula de ardilla y el sincronico siempre han sido considerados como motores de velocidad constante y solo existian algunos sistemas de control por máquinas electricas en cascada de muy baja eficiencia y alto mantenimiento.

Sin embargo, las condiciones han cambiado en los últimos años, gracias a la electrónica de potencia del estado solido con la ventaja actual de baratos dispositivos semiconductores de alta potencia, son capaces de controlar actualmente motores de más de 1000HP's sin dispositivos en paralelo. Actualmente la aplicación de estos dispositivos es casi universal en sistemas de control de motores de C.D., reemplazando casi totalmente los metodos de control mecanico debido a un mejoramiento en su funcionamiento a menor costo.

La aplicación de los sistemas de control de motores de C.A. ha sido relativamente lento debido a la necesidad para desarrollar una nueva tecnologia en inversores y cicloconvertidores así como los metodos de control.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



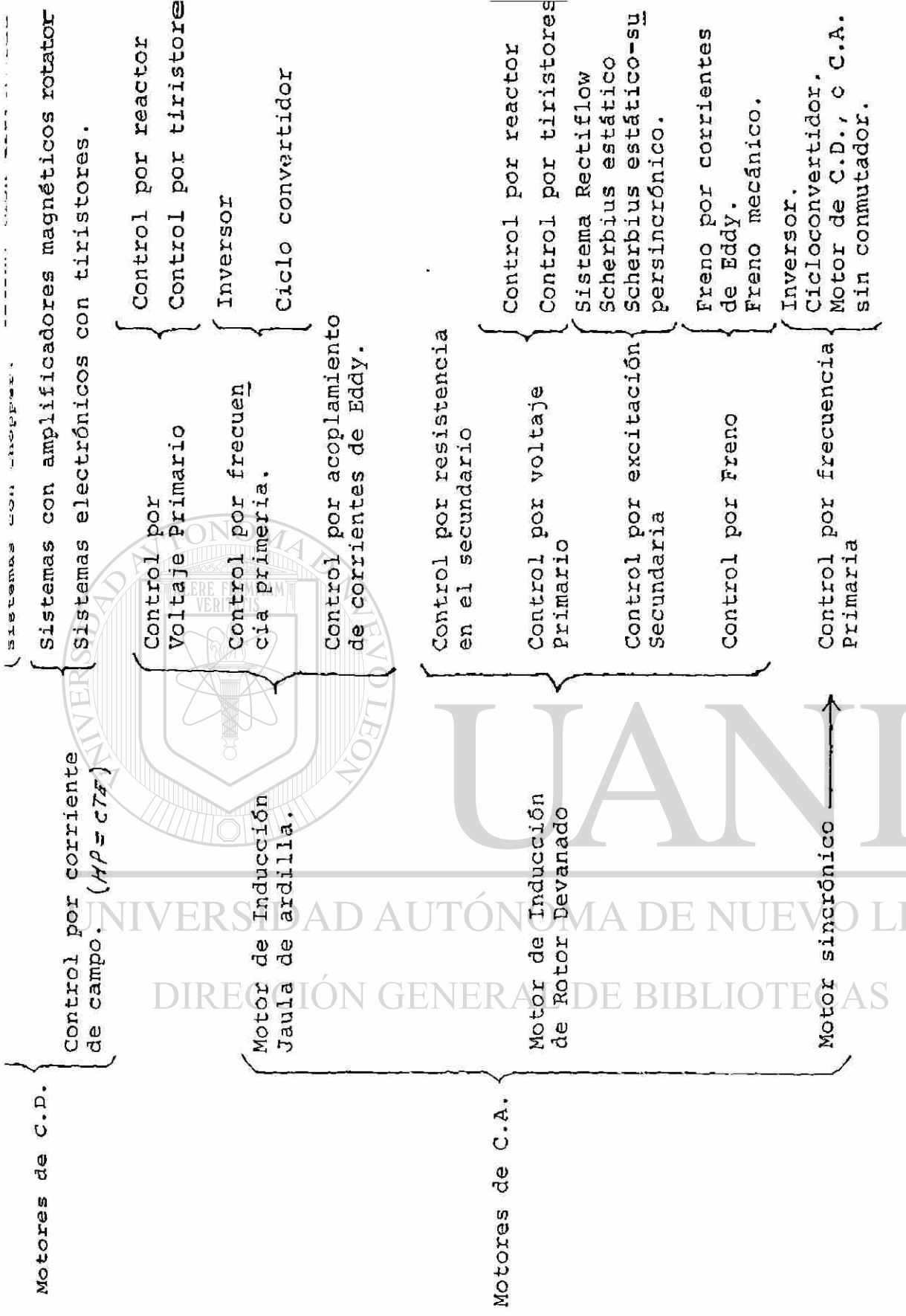


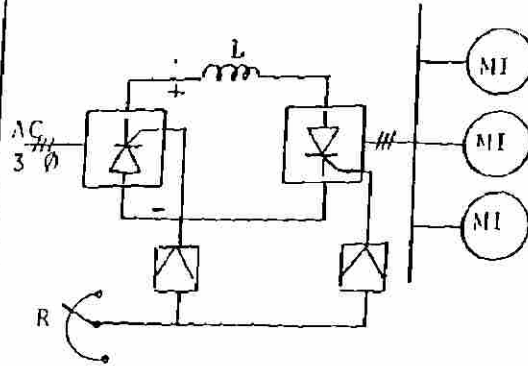
Tabla 1.

Clasificación de los Sistemas de Velocidad Variable Ajustable.

CONTROL DE VELOCIDAD POR FRECUENCIA PRIMARIA POR MEDIO DE INVERSORES

SISTEMA	CONTROL POR FRECUENCIA P.
TIPO DE MOTOR	MOTOR DE INDUCCION EN JAULA DE A.

DIAGRAMA ESQUEMATICO



METODO DE CONTROL

La velocidad de los motores es controlada ajustando la frecuencia y el voltaje de salida del inversor.

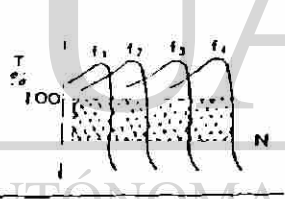
APLICACIONES

Industria Textil, proceso de rolado, máquinas herramientas potentes, etc...

CARACTERISTICA DE OPERACION.

$$\frac{V}{f} = cte \therefore \phi = cte$$

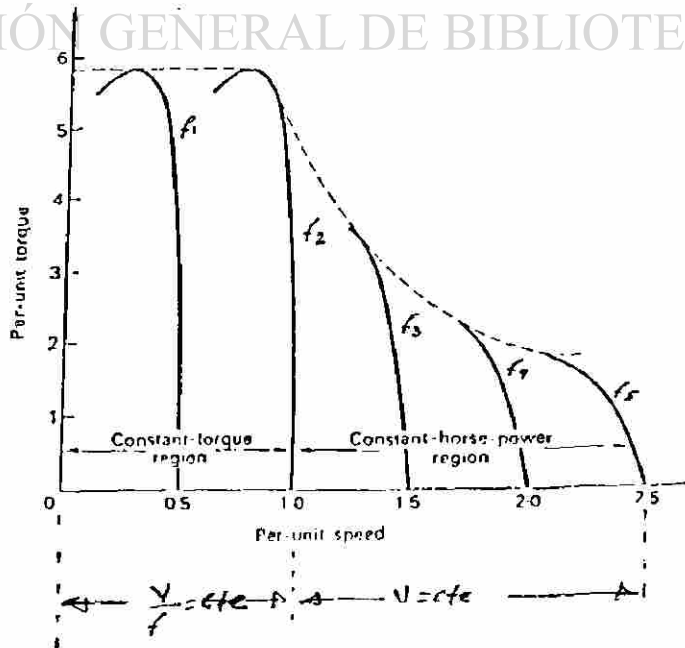
$$\therefore T = cte$$



CARACTERISTICA DE OPERACION

$$\frac{V}{f} = cte \rightarrow T = cte$$

$$V = cte \rightarrow HP = cte$$



# CONTROL DE VELOCIDAD POR FRECUENCIA PRIMARIA POR MEDIO DE INVERSORES

## Clasificación de inversores

Tipos de  
Inversores  
(CD → CA)

Fuente de voltaje (VSI)  
(conducción de 180°)

SCR'S (cualquier capacidad)

Transistores (menos de 250 HP's  
1980) pero la capacidad aumenta  
rá en el futuro

Fuente de corriente (CSI)  
(conducción de 120°)

Inversor de modulación de ancho del pulso (PWM)  
(Pulse - width Modulated inverter)

Inversores de fuente de voltaje (VSI-voltage source inverter)

a) Con SCR'S

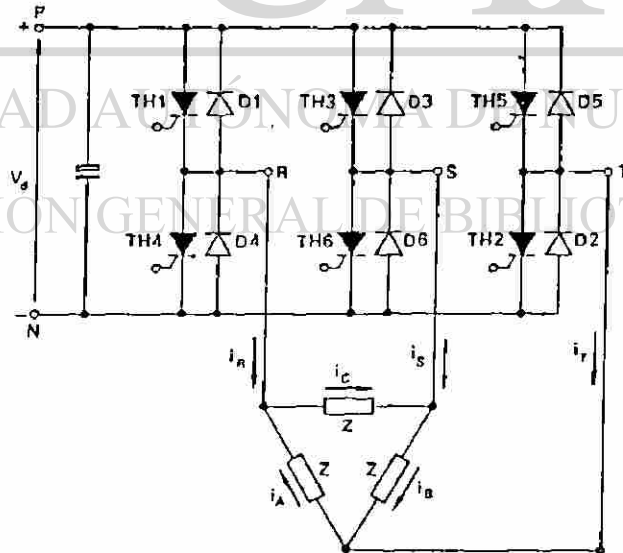
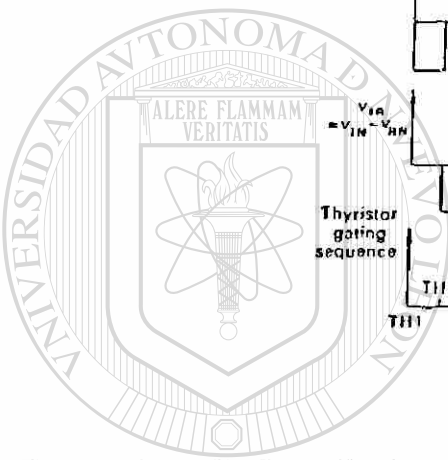
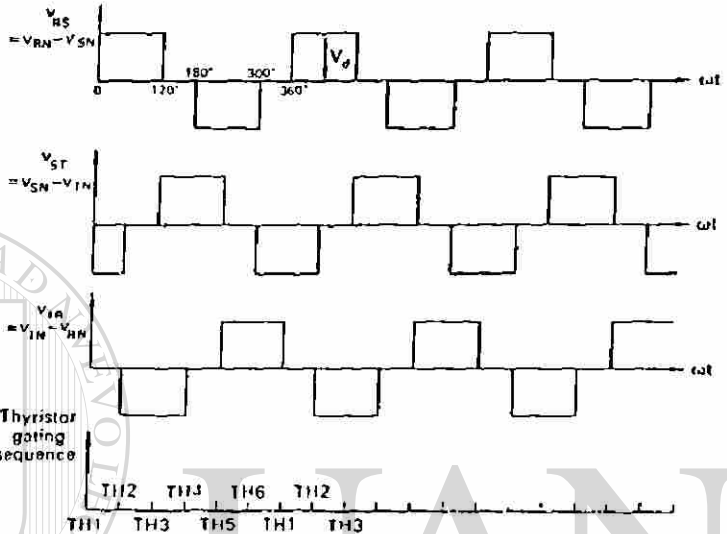
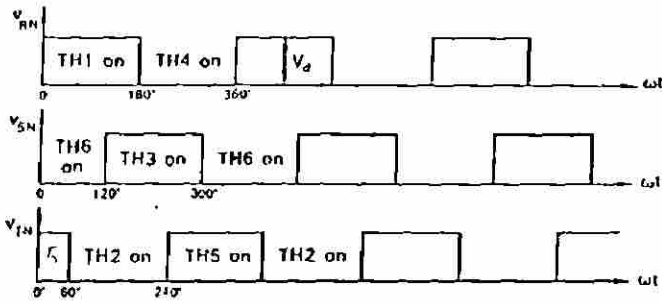


Diagrama esquemático de inversor de tipo de voltaje (circuito básico)

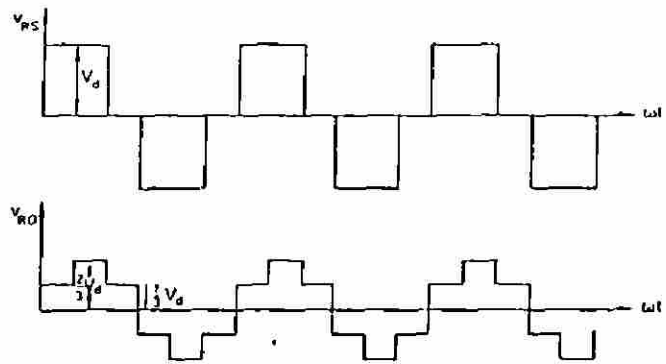


UANL

Formas de onda de voltaje y secuencia de disparo para un inversor trifásico tipo de voltaje de seis pasos.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Voltajes de línea y de fase para un inversor con carga conectada en estrella.

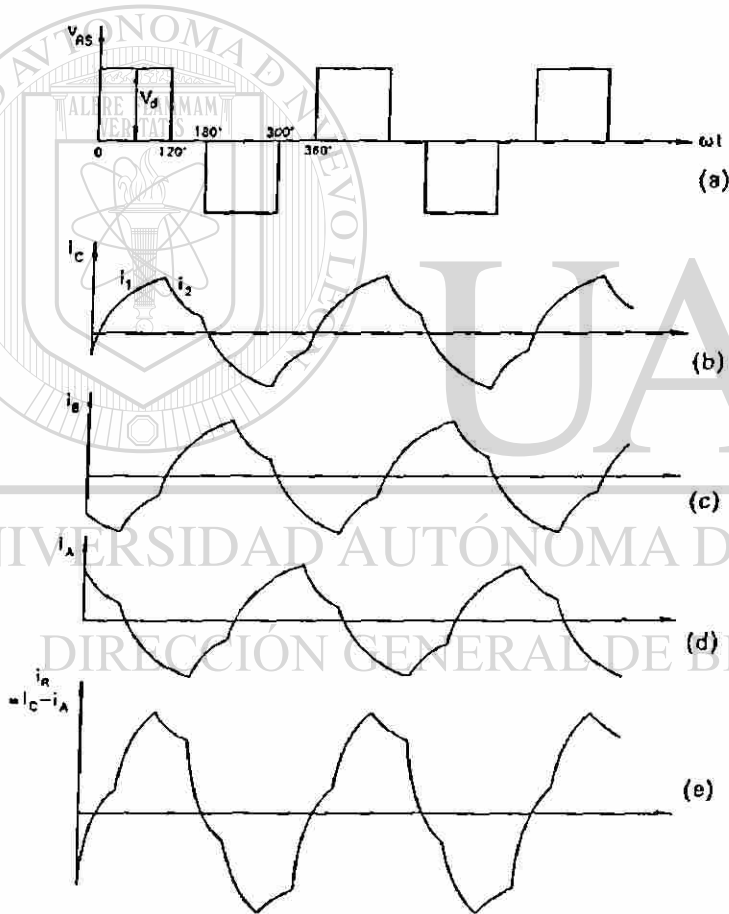
Serie de Fourier para los voltajes de línea.

$$v_{RS} = \frac{2\sqrt{3}}{\pi} V_d \left\{ \sin \omega t - \frac{1}{5} \sin 5\omega t - \frac{1}{7} \sin 7\omega t + \frac{1}{11} \sin 11\omega t + \dots \right\}.$$

El valor RMS es  $\sqrt{(2/3)} V_d$  o 0.816  $V_d$  y la componente fundamental tiene un valor RMS de  $\sqrt{6} V_d/\pi$  o 0.78  $V_d$ .

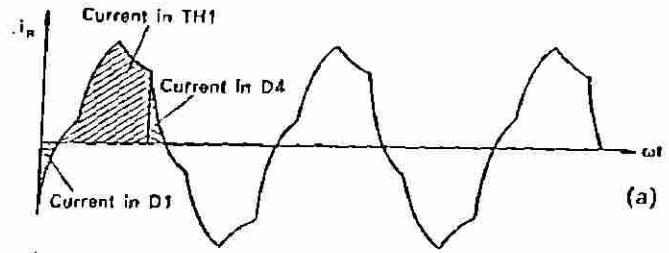
La serie de Fourier para el voltaje de fase es:

$$v_{RO} = \frac{3}{\pi} V_d \left\{ \sin \omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \frac{1}{7} \sin 7\omega t + \frac{1}{11} \sin 11\omega t + \dots \right\}.$$

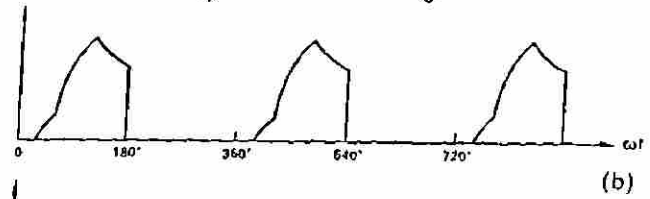


Formas de onda de voltaje y corriente en un inversor trifásico de seis pulsos con carga inductiva en delta (a) voltaje de línea; (b), (c), (d), corrientes de fase; (e) corriente de línea.

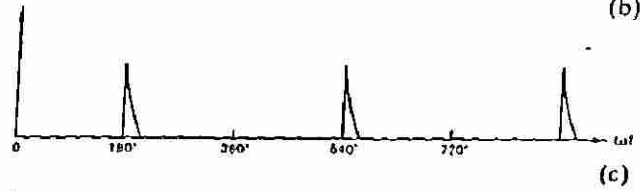
Corriente de línea CA.



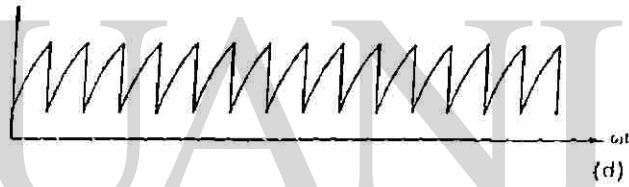
Corriente en TH 1



Corriente en diodo D4



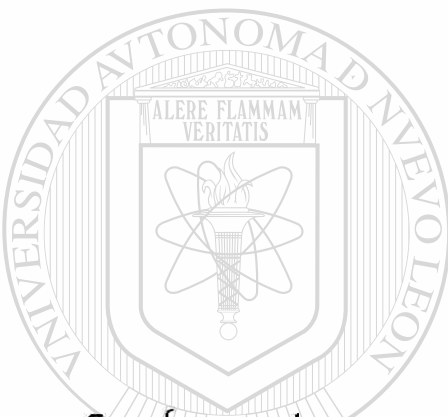
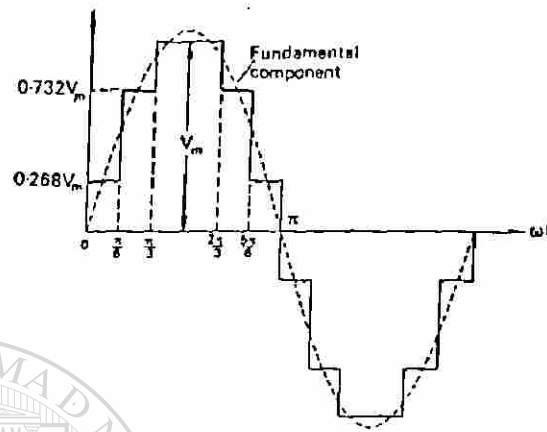
Corriente de la fuente de C.D.



Formas de onda de corriente en un inversor de seis pasos trifásico.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# Inversor de 12 pasos



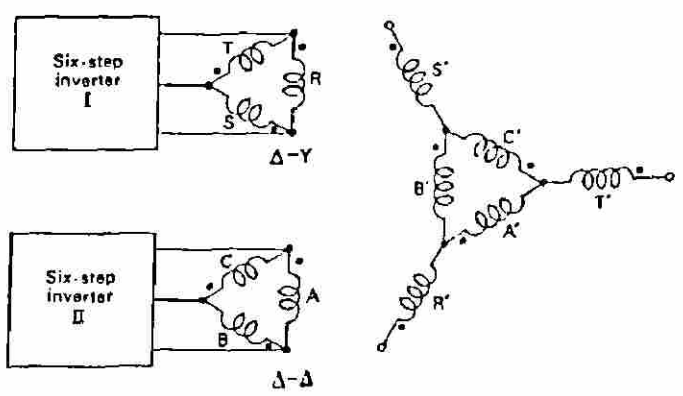
# UANL

$$v = \frac{\pi}{3} V_m \left\{ \sin \omega t + \frac{1}{11} \sin 11\omega t + \frac{1}{13} \sin 13\omega t + \frac{1}{23} \sin 23\omega t + \frac{1}{25} \sin 25\omega t + \dots \right\}$$

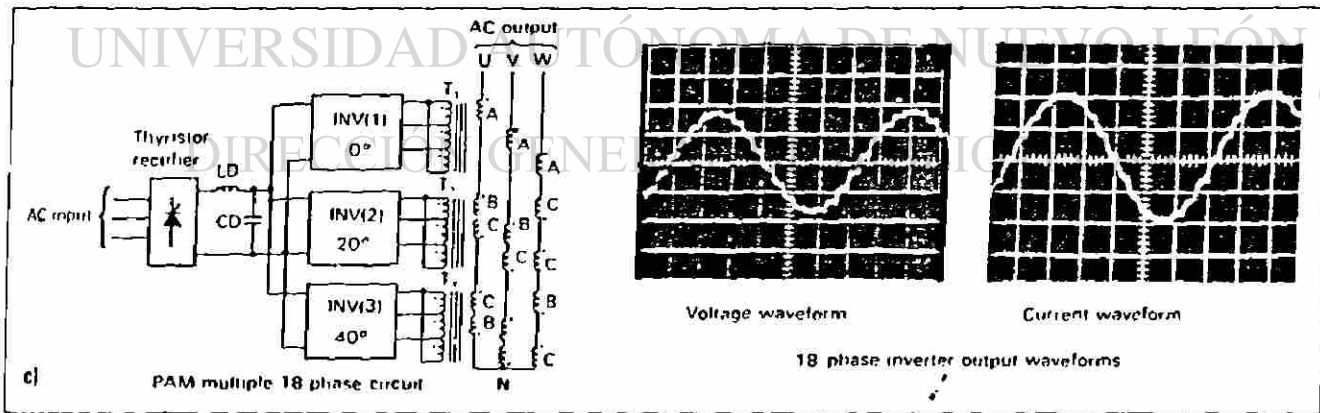
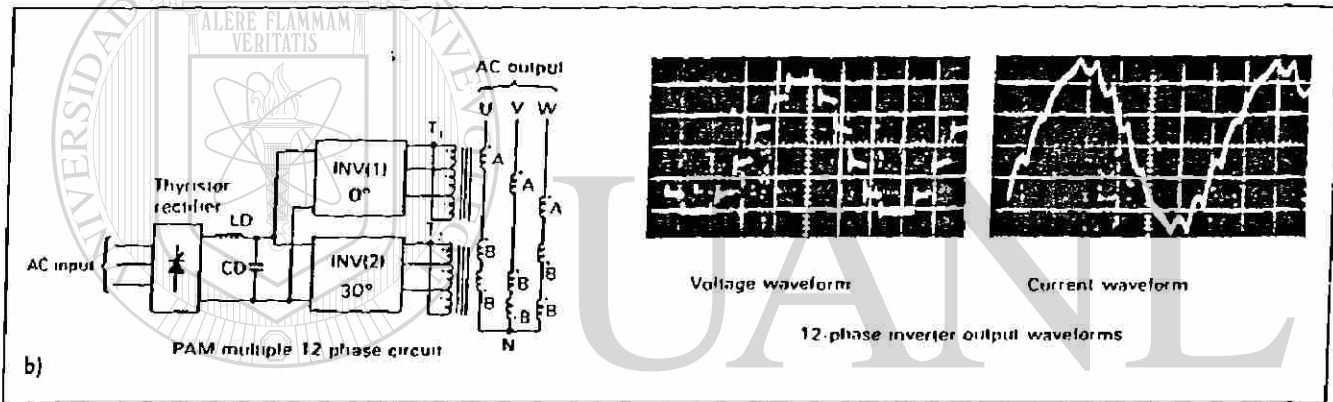
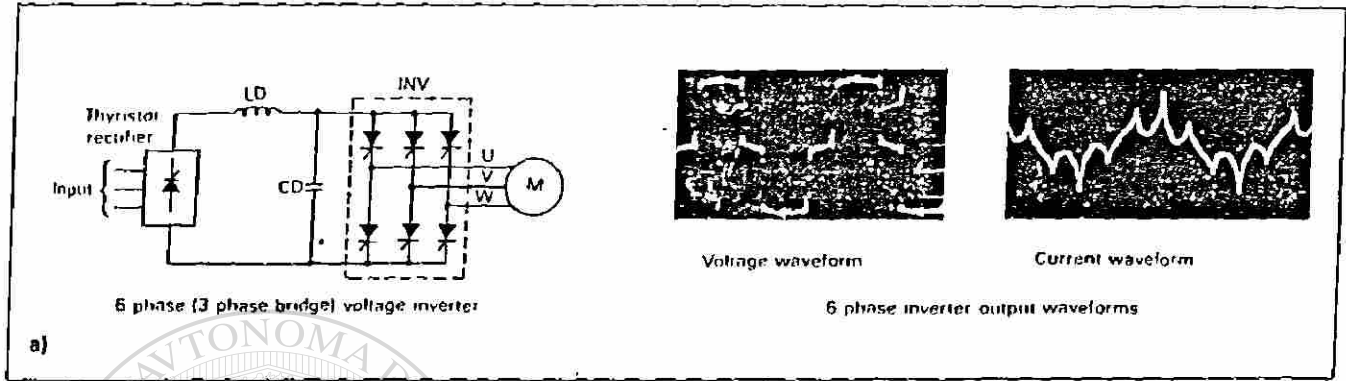
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



# Circuitos inversores de pasos multiples (tipo fuente de voltaje)





Inversor trifásico autoconmutado.

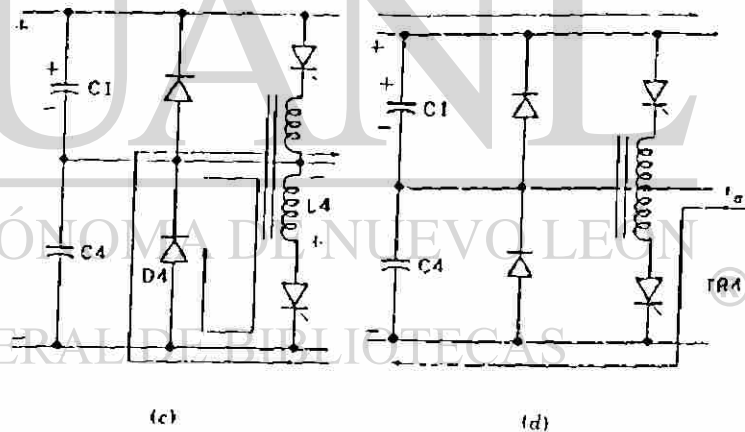
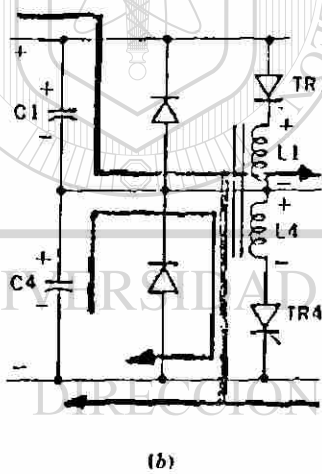
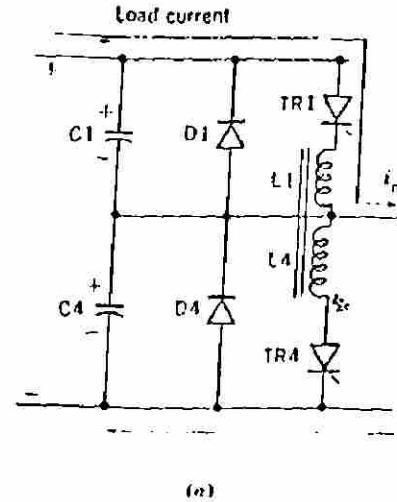
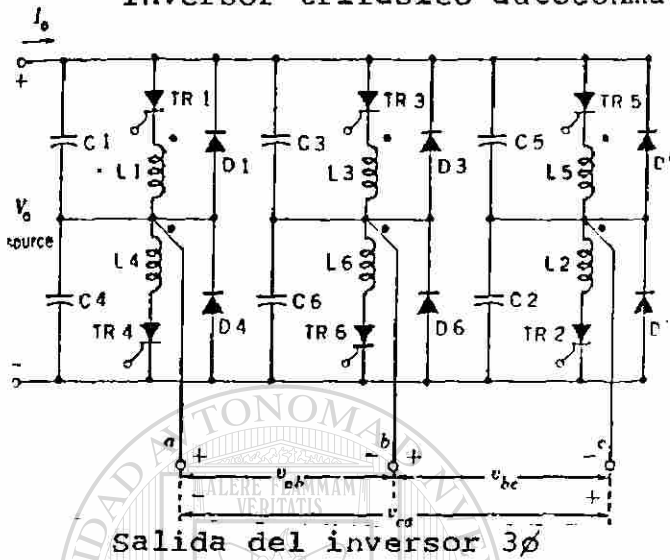


Fig. . Secuencia de conmutación de un inversor trifásico (a)  $Tr_1$  está portando la corriente de carga  $I_a$ ; (b)  $tr_4$  es disparado; (c)  $I_a$  es portada por  $D_4$ , (d)  $tr_4$  está portando la corriente de carga  $I_a$ .

Formas de onda del inversor trifásico.

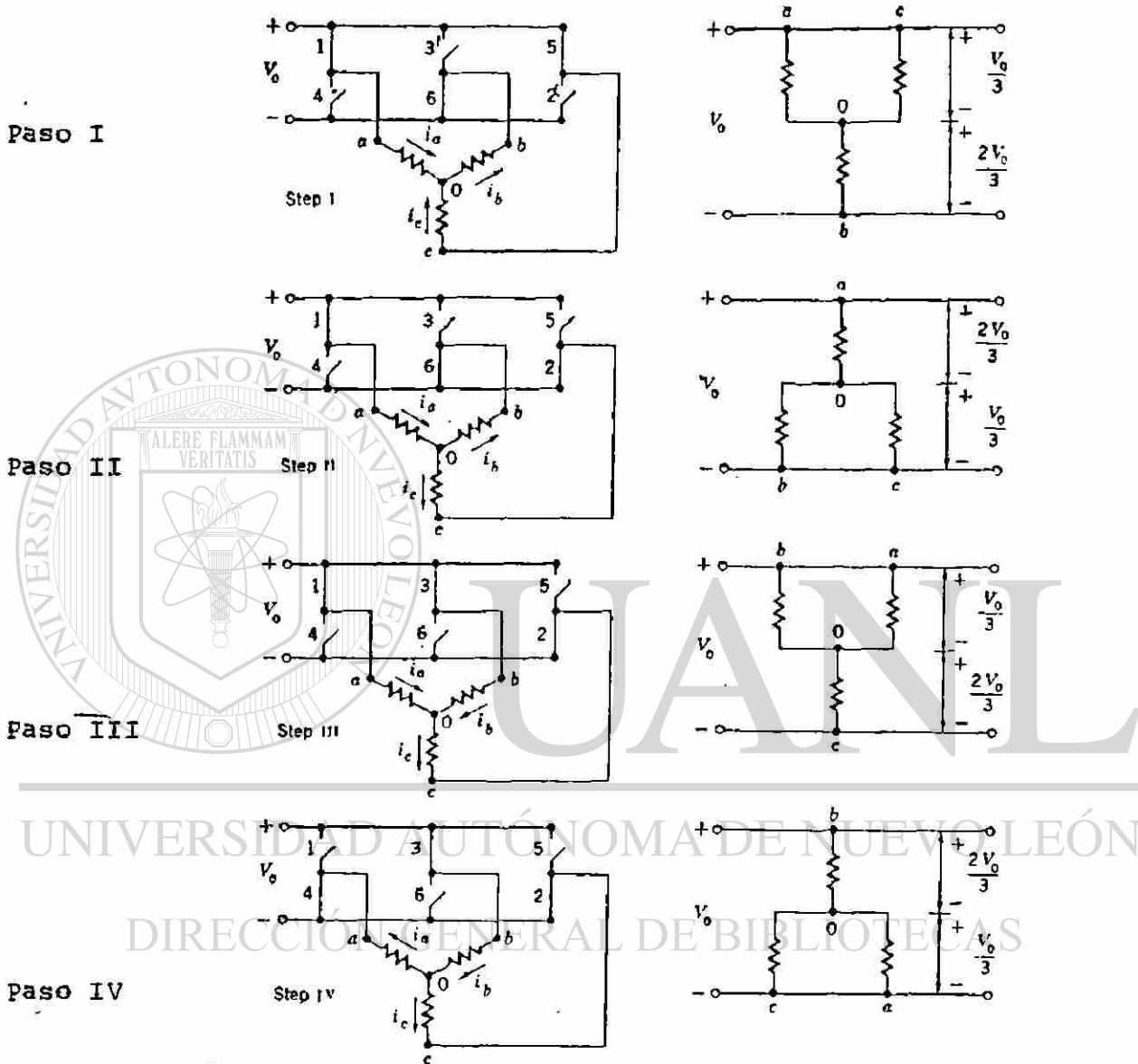


Fig. Operación básica del inversor trifásico, conducción de 180°

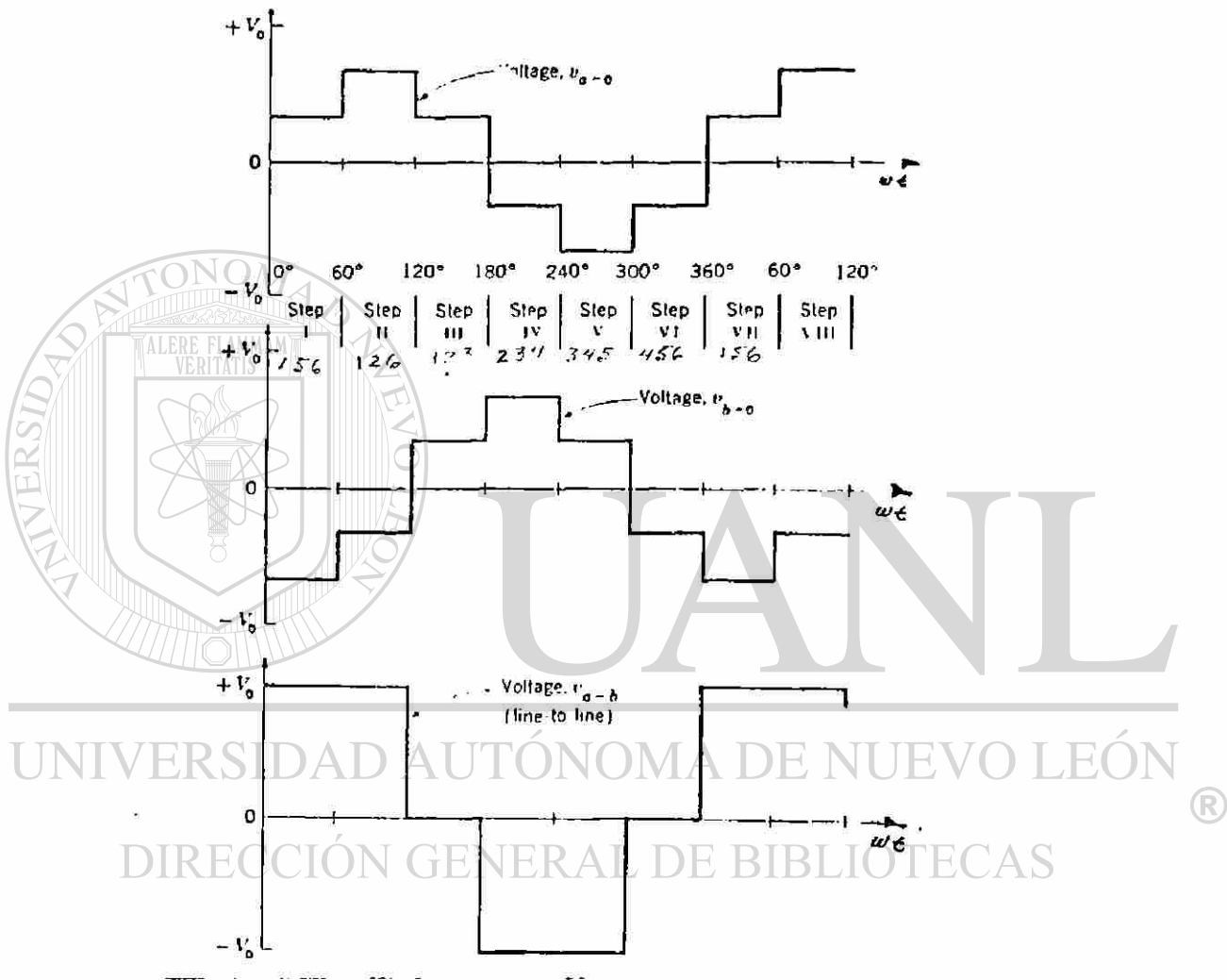
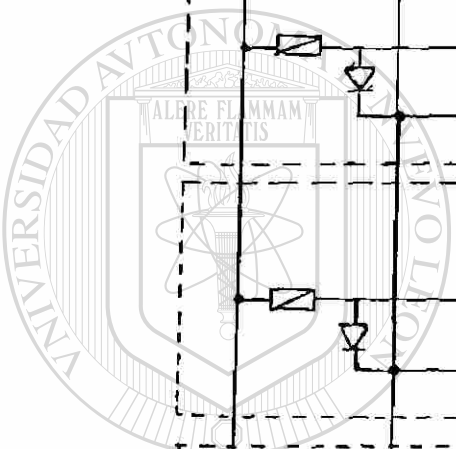
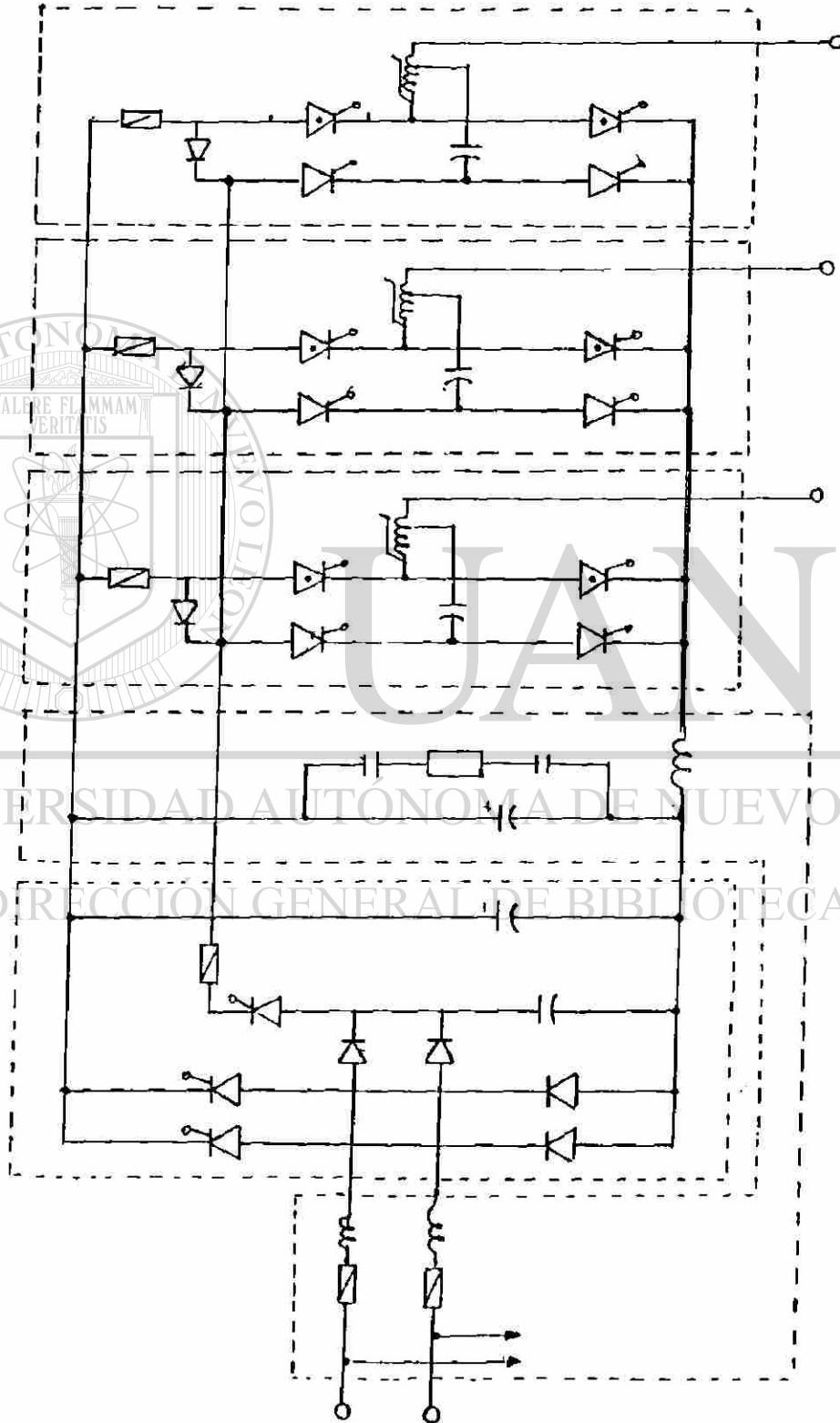
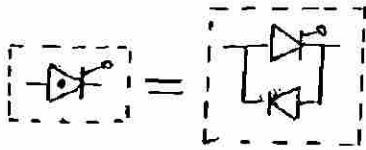


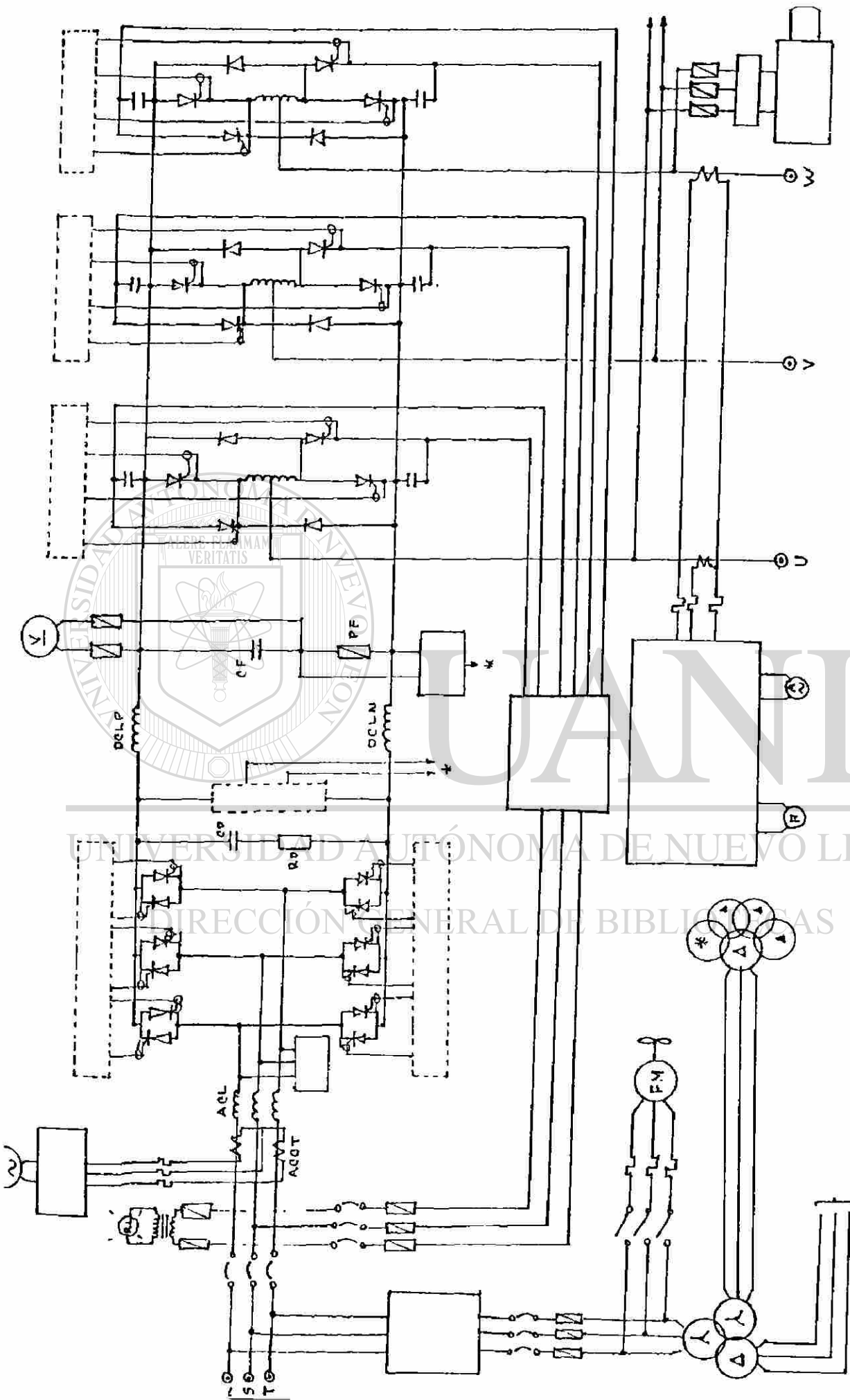
Fig. Formas de onda generadas por un inversor trifásico, conducción de 180°.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

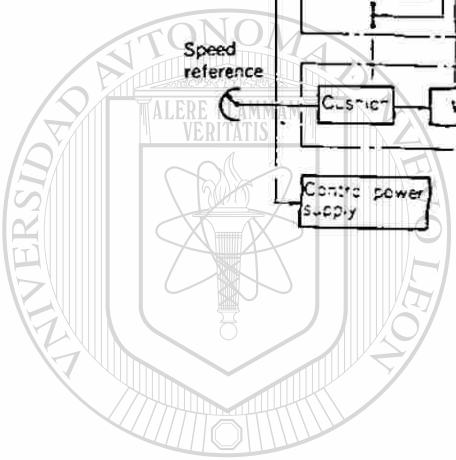
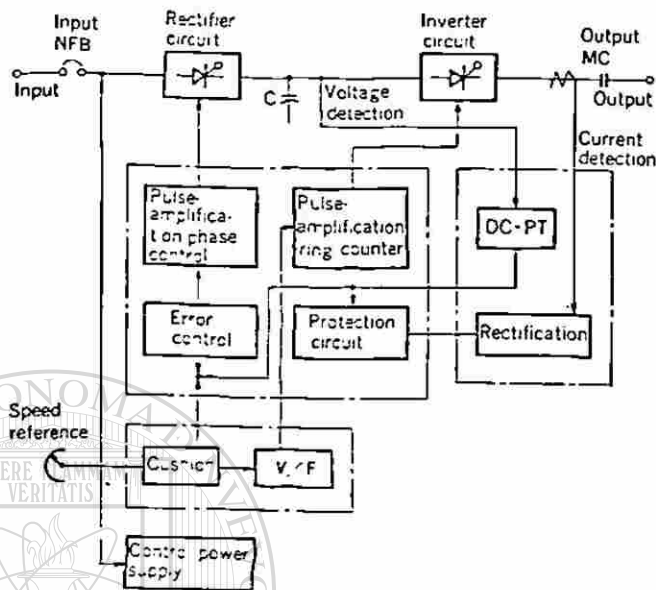
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Diagrama de block de un controlador para un motor de inducción con inversor tipo - fuente de voltaje (VSI)



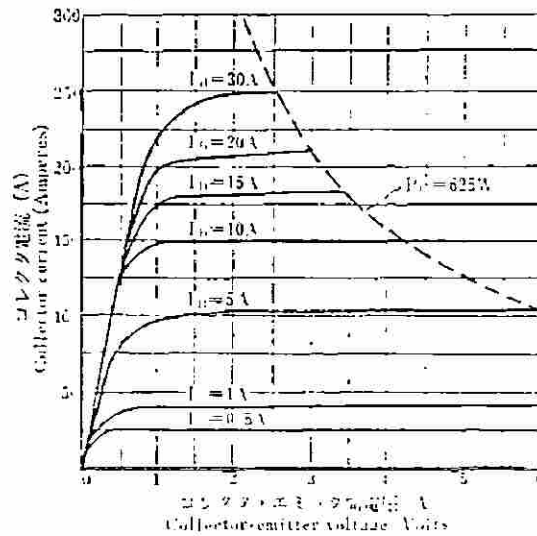
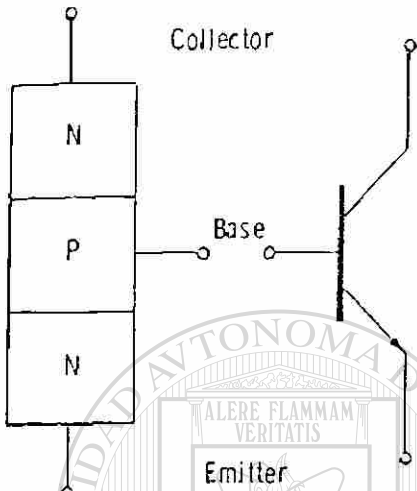
# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

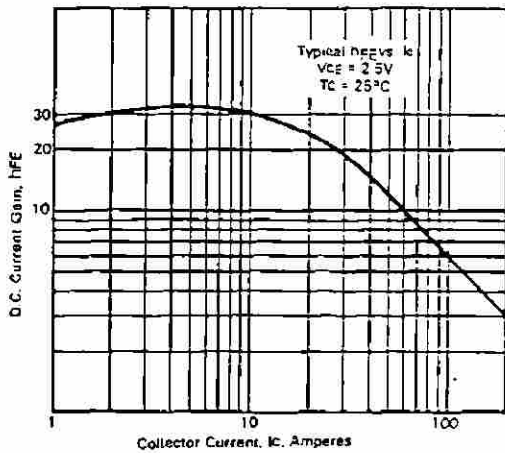
TRANSISTORES DE POTENCIA



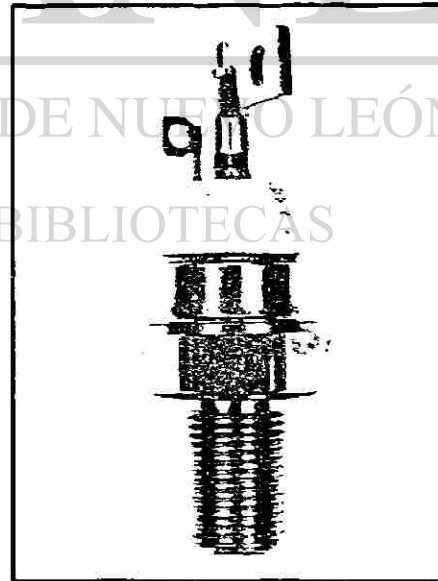
TR 250 A-0825. 1025 出力特性 . 代表例  $T_c = 25 C$   
Output characteristics for (typical  $T_c = 25 C$ )

Transistor de potencia NPN, estructura fisica, simbolo y característica V-I

Type	Voltage		Current		Gain	
	V <sub>CEO</sub> (SUS)	V <sub>CSO</sub>	Code	I <sub>CC</sub>	Code	HFE
D60T (Stud)	400	400	40	40	40	10
D62T * (Disc)	450	450	45	50	50	
	500	500	50	60	60	

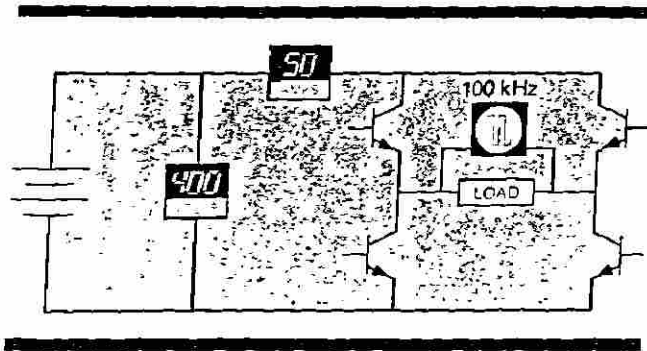


Característica de ganancia

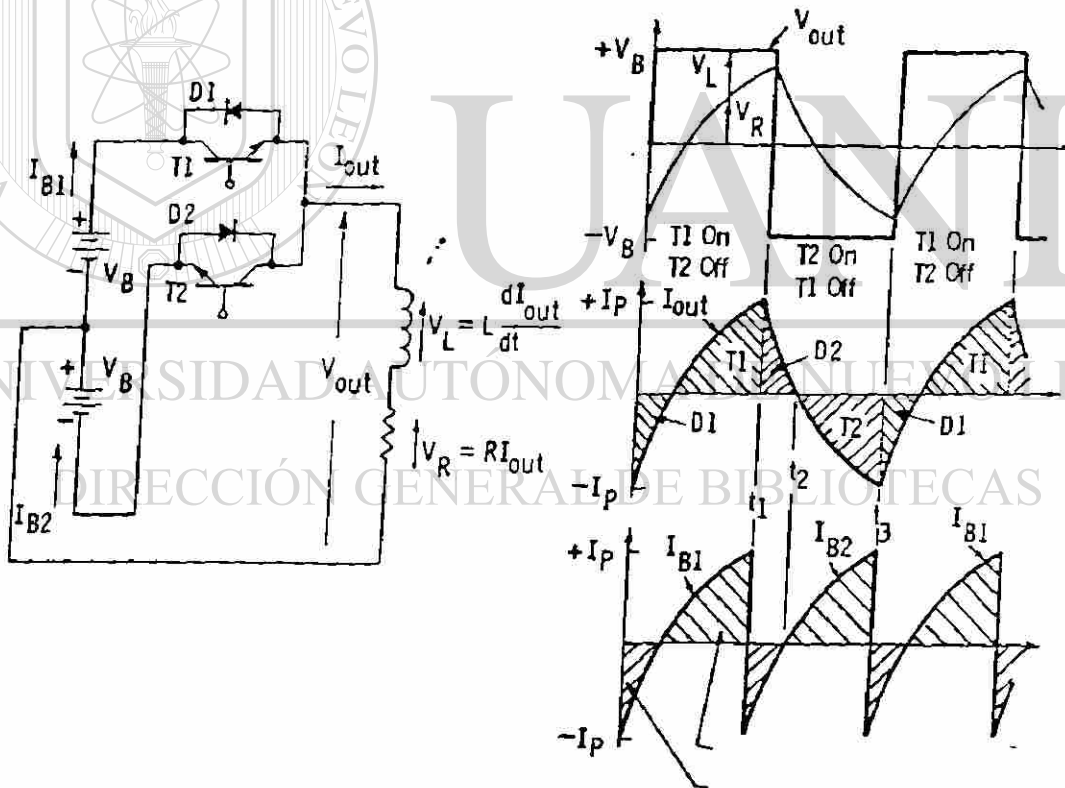


**200 Amperes**  
**400—500 Volts**

INVERSORES MONOFASICOS CON TRANSISTORES DE POTENCIA



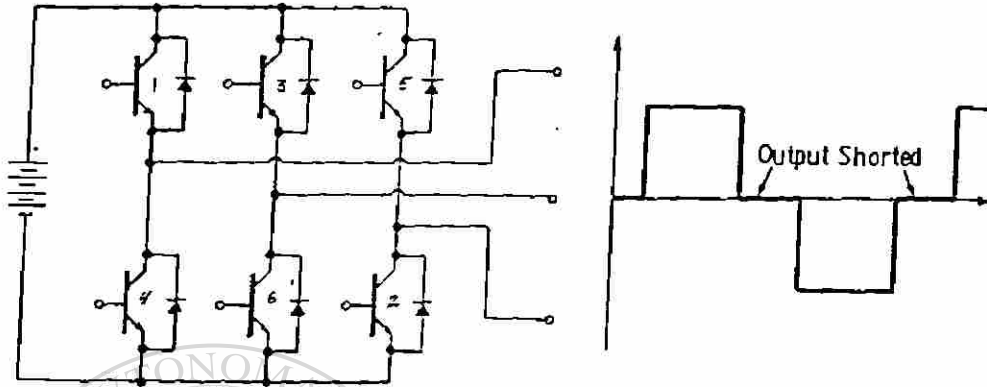
Circuito básico de un inversor con transistores



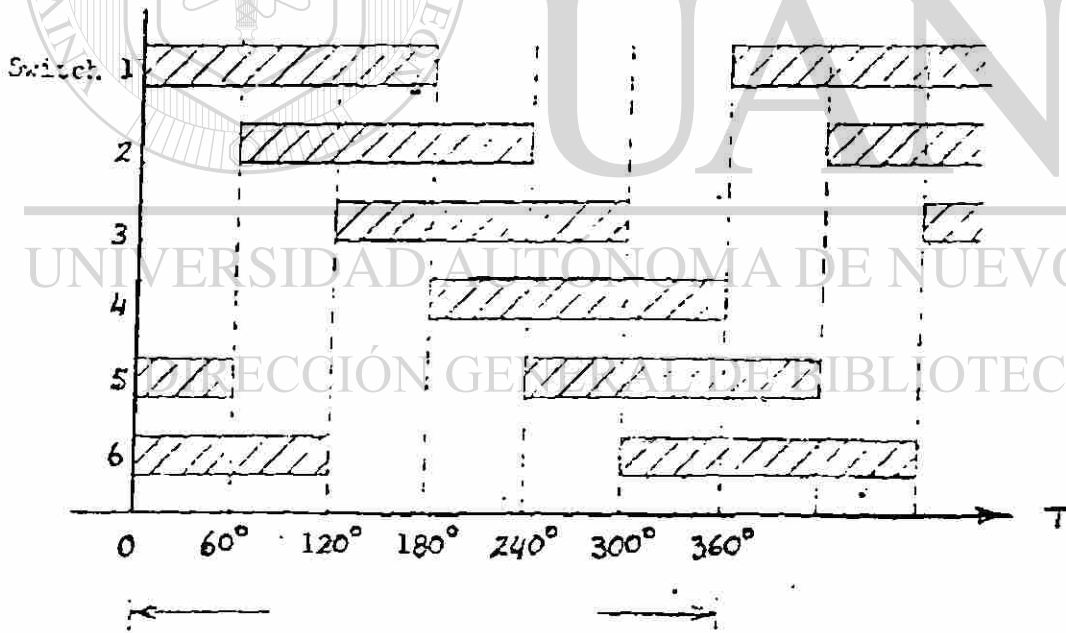
Circuito y formas de onda de un inversor de medio puente con carga inductiva.



# INVERSOR TRIFASICO CON TRANSISTORES DE POTENCIA

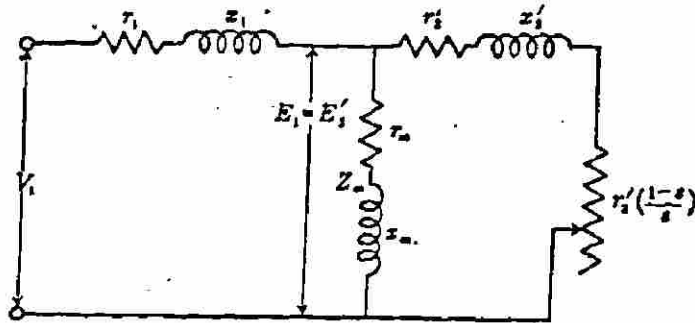


Circuito básico de un inversor trifásico



Secuencia de operación de los transistores

FUNCIONAMIENTO EN BAJA FRECUENCIA CON V/F INCREMENTADO (VOLTAGE BOOST)



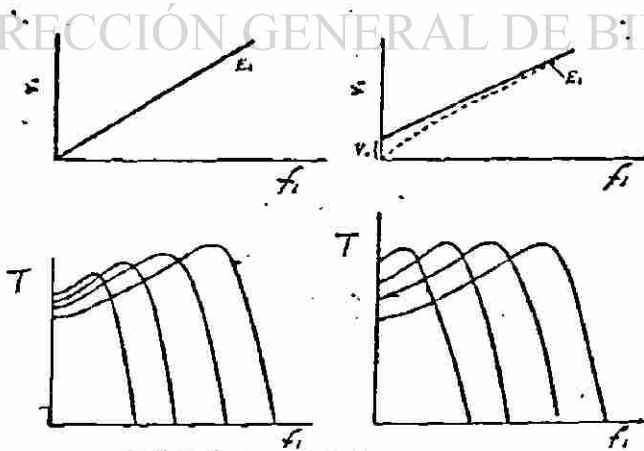
Circuito equivalente del motor de inducción (por fase)

Para operación con par cte es necesario que  $v/f = cte$ , ( $T = K \frac{V^2}{f^2}$ ), sin embargo -- en baja velocidad (baja frecuencia), las reactancias disminuyen de valor ( $x = 2\pi fL$ ) y las resistencias son cte's. La caída  $I_1 r_1$  es mucho mayor que  $I_1 X_1$  y el voltaje contraelectromotriz  $E_1$  disminuye disminuyendo el flujo y por lo tanto el par disponible.

$$\Phi = \frac{E \times 10^8}{4.44 k_d k_p f N}$$

lo cual hace necesario aumentar v/f en baja frecuencia.

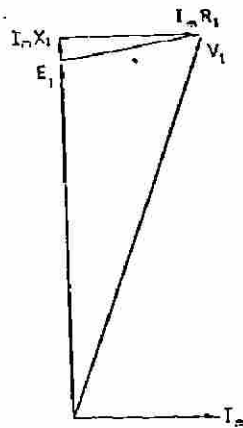
En muchos casos este aumento de voltaje en baja frecuencia es ajustable, para compensar la caída  $I_1 r_1$  del motor que se conecte al controlador, teniendo de esta manera un buen par de arranque en baja frecuencia.



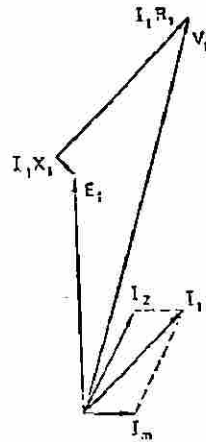
a)  $V_1 = Kf_1$

b)  $V_1 = Kf_1 + V_0$

Efecto del aumento de voltaje en baja frecuencia en la operación del MI



(a)



(b)

Influencia de la saturación magnética en un motor de inducción funcionando en baja frecuencia a) en vacío b) plena carga

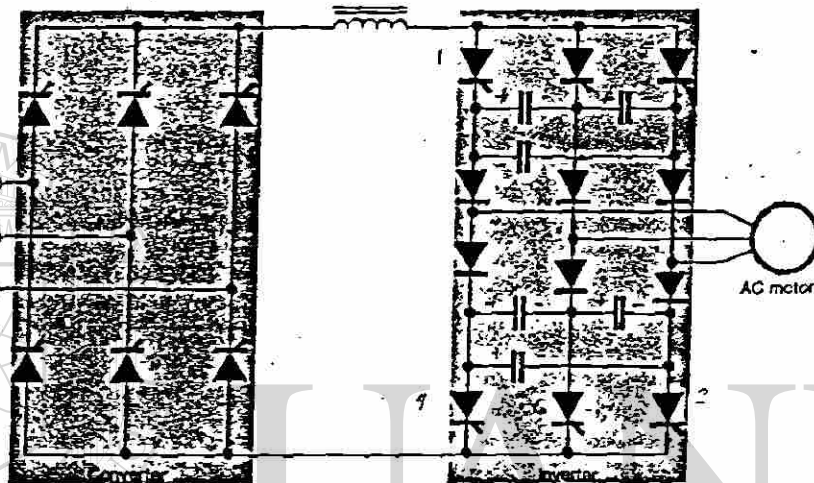
De los diagramas fasoriales para operación en baja frecuencia en vacío y a plena carga se puede observar lo siguiente:

a). En vacío la corriente magnetizante  $I_m$  se atrasa a  $E_1$  en  $90^\circ$  y su magnitud es casi igual a el voltaje aplicado  $V_1$ . Por lo tanto la maquina esta altamente saturada y toma una alta corriente magnetizante que puede ser igual o exceder a la corriente de plena carga.

b). En plena carga la corriente del rotor  $I_2$  esta más en fase con  $E_1$  y su valor es reducido, esto causa que la corriente magnetizante se reduzca cuando la carga es aplicada a el motor

## INVERSOR TIPO FUENTE DE CORRIENTE (CSI-CURRENT SOURCE INVERTER)

Un inversor tipo de fuente de corriente consiste de un convertidor de fase controlada de corriente constante (debido un reactor de alta inductancia en serie) y un inversor aislado con diodos, este difiere de los inversores convencionales en que la corriente del motor de CA, en lugar del voltaje es el parametro regulado.



Circuito básico de un inversor tipo fuente de corriente (CSI)

### Ventajas de los inversores tipo fuente de corriente (CSI)

- Un ancho rango de frecuencia de operación como resultado de un extremadamente simple circuito inversor autoconmutado.
- Una rápida respuesta es ganada por la eliminación del gran capacitor de filtro de voltaje utilizado en el lazo de C.D. en los VSI.
- Inerente habilidad de acción regenerativa hacia las líneas de entrada de C.A. por medio de un convertidor sencillo en dos cuadrantes como resultado de la corriente unidireccional en el lazo de C.D., bajo todas las condiciones de operación.
- Operación en cuatro cuadrantes con inversión sin contactores.

# INVERSOR TIPO FUENTE DE CORRIENTE CSI .....

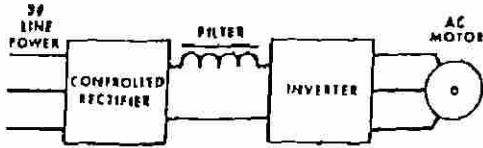


Fig. 1 Simplified CS/SR converter.

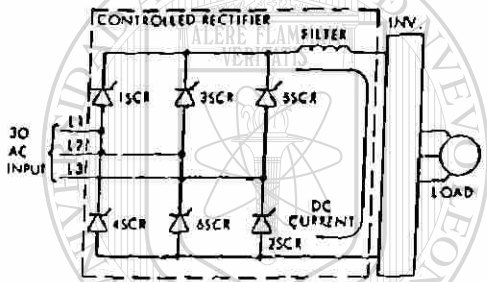


Fig. 2. Controlled rectifier and filter schematic.

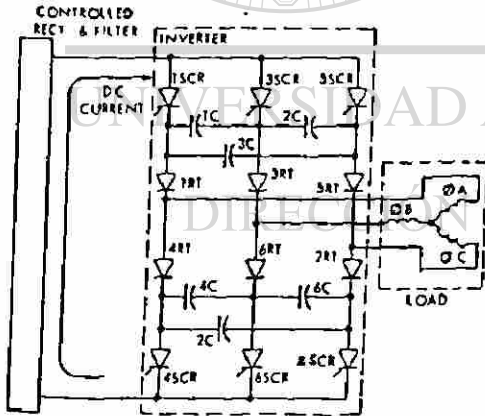
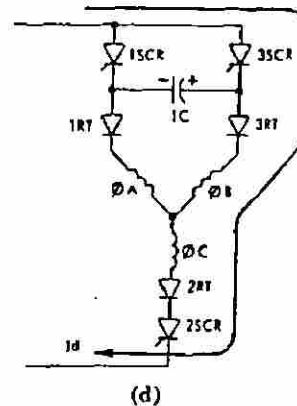
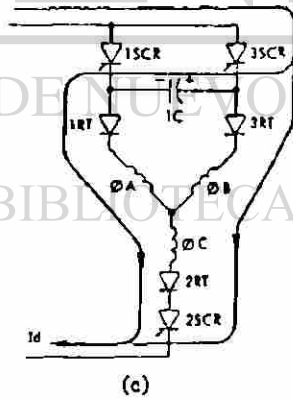
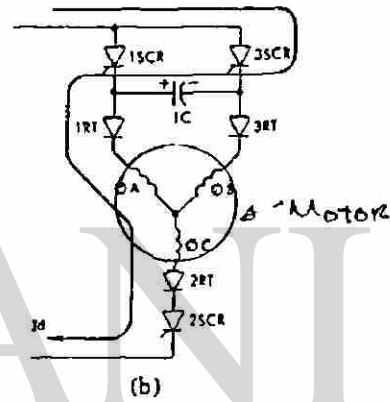
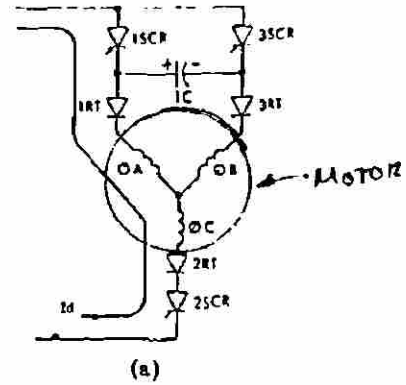
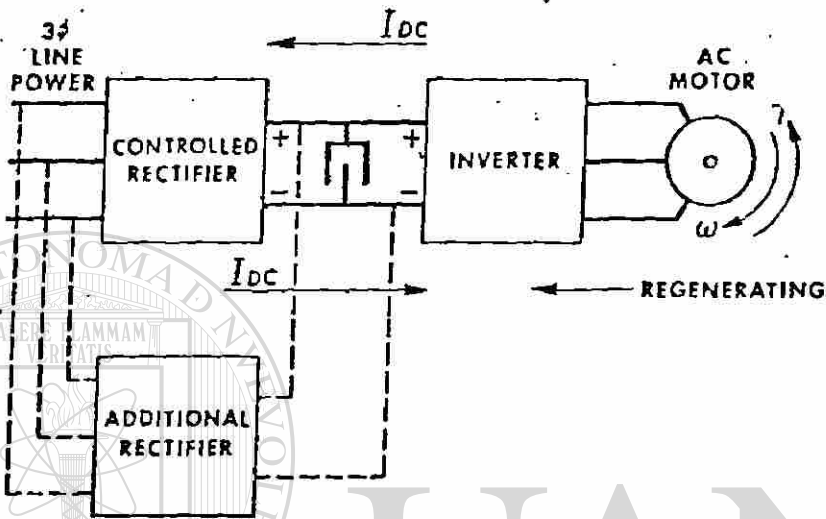
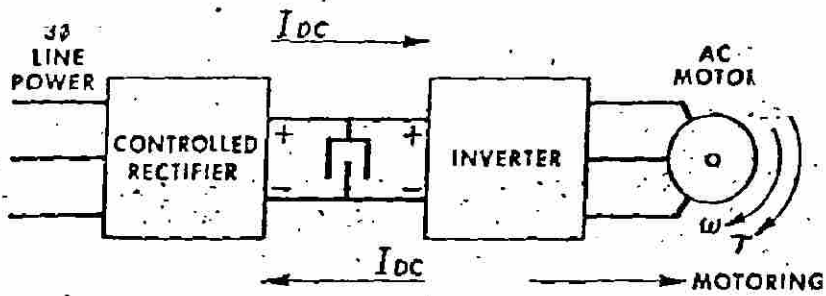


Fig. 3. Inverter power circuit.

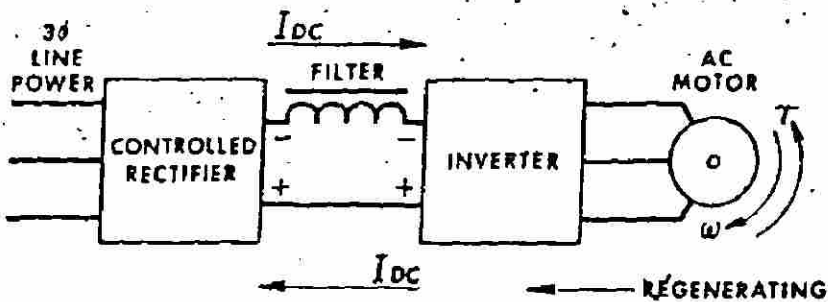
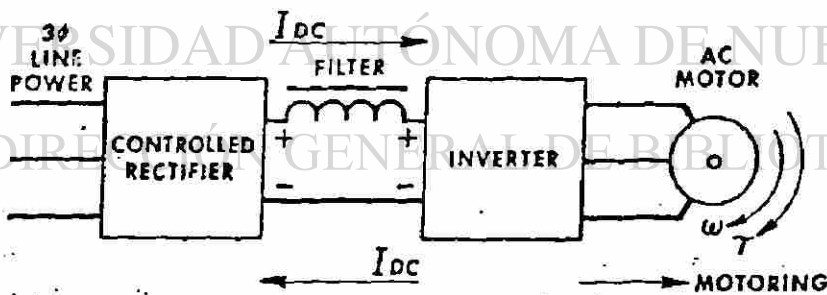
2 SCR'S ESPAN ENCENDIDAS EN CUALQUIER MOMENTO  
 CUANDO 120°  
 "R. 25" CER" POR EL DISPARO DEL SCR ADICIONALES  
 PROXIMA CASE.



Current flow through inverter and motor.



Efecto de regeneración en un convertidor VSI



Efecto de regeneración en un convertidor CSI

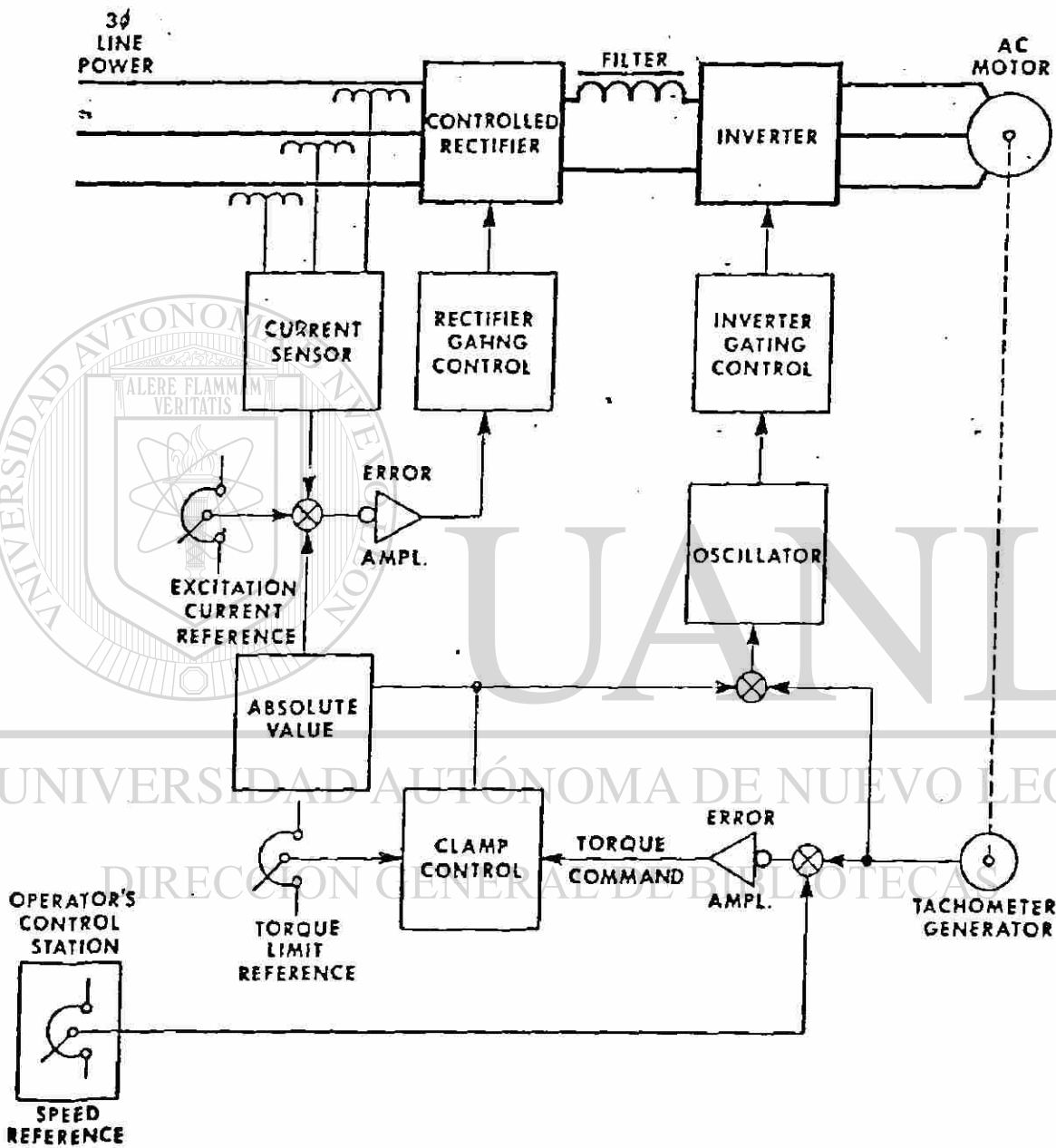
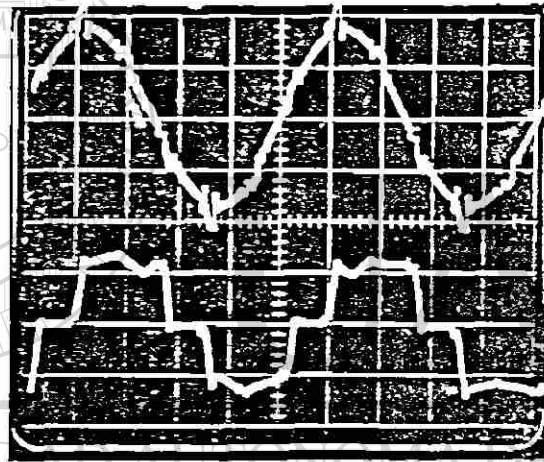
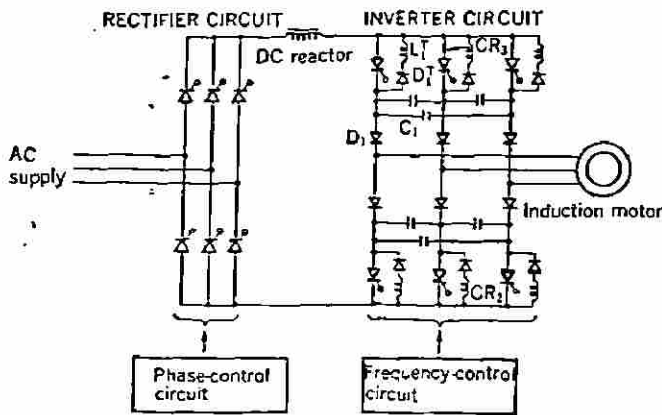


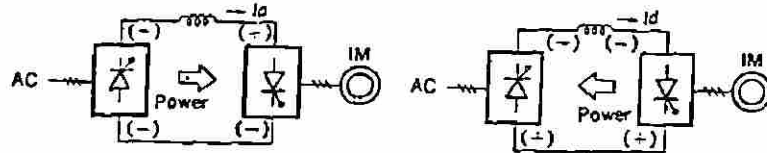
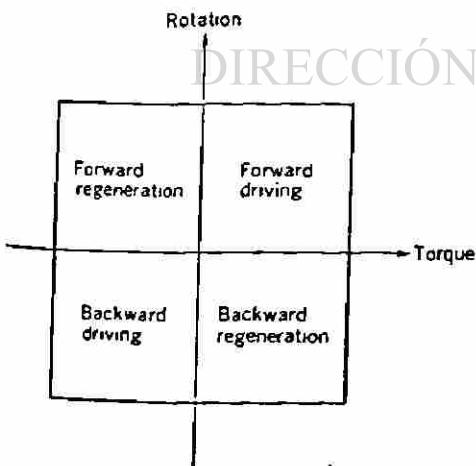
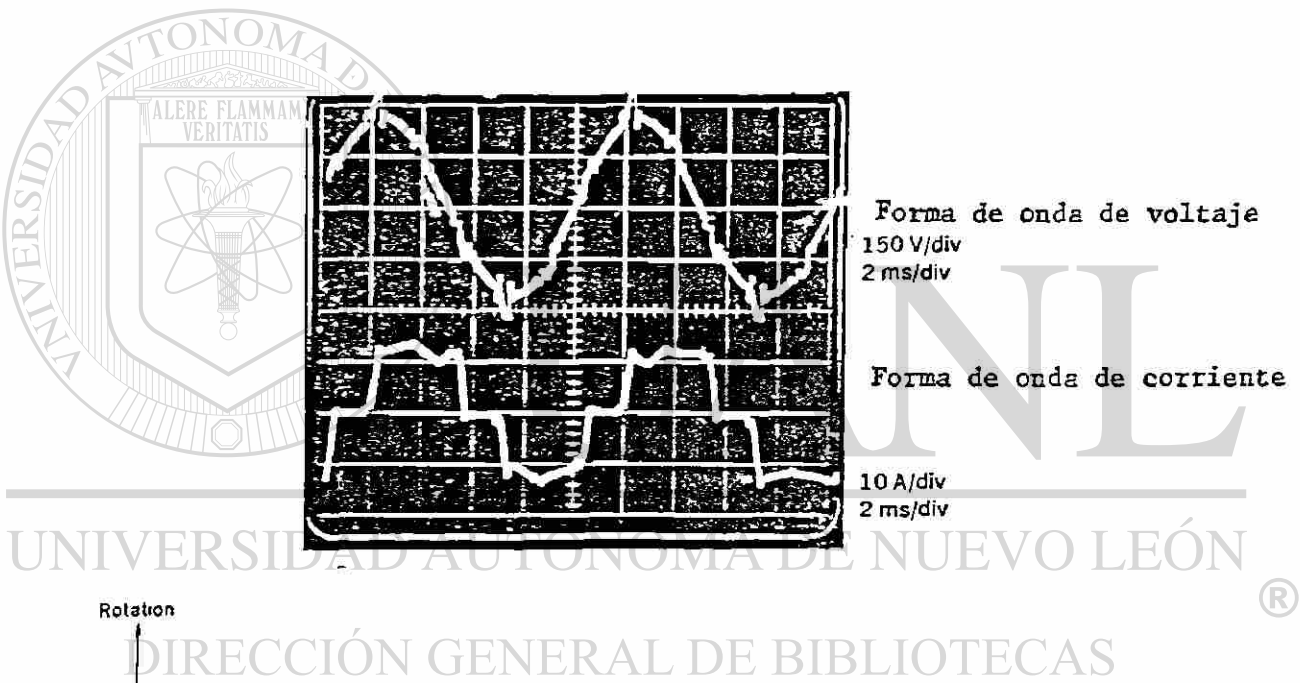
Diagrama de block's de un controlador para motor de CA con inversor CSI, con regulación de corriente y deslizamiento.

# INVERSOR CSI DE ALTA FRECUENCIA Y ESTABILIDAD MEJORADA



Forma de onda de voltaje  
150 V/div  
2 ms/div

Forma de onda de corriente  
10 A/div  
2 ms/div



Operación en cuatro cuadrantes para inverter CSI



# Modos de operación del inversor "CSI"

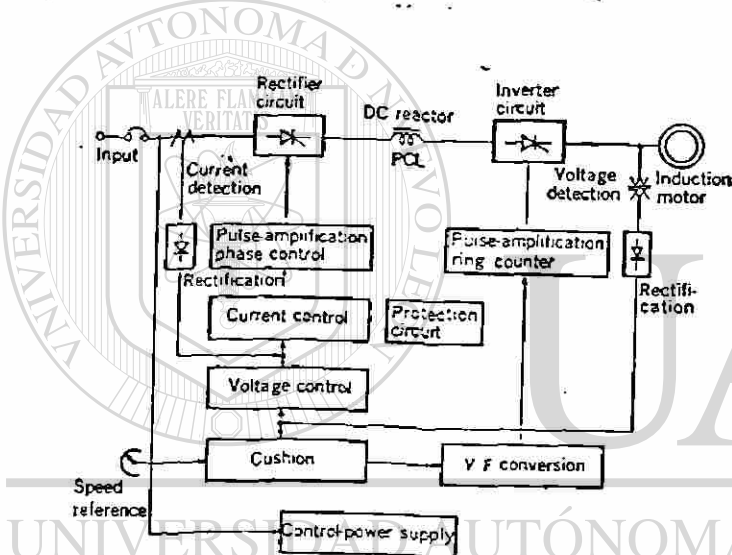
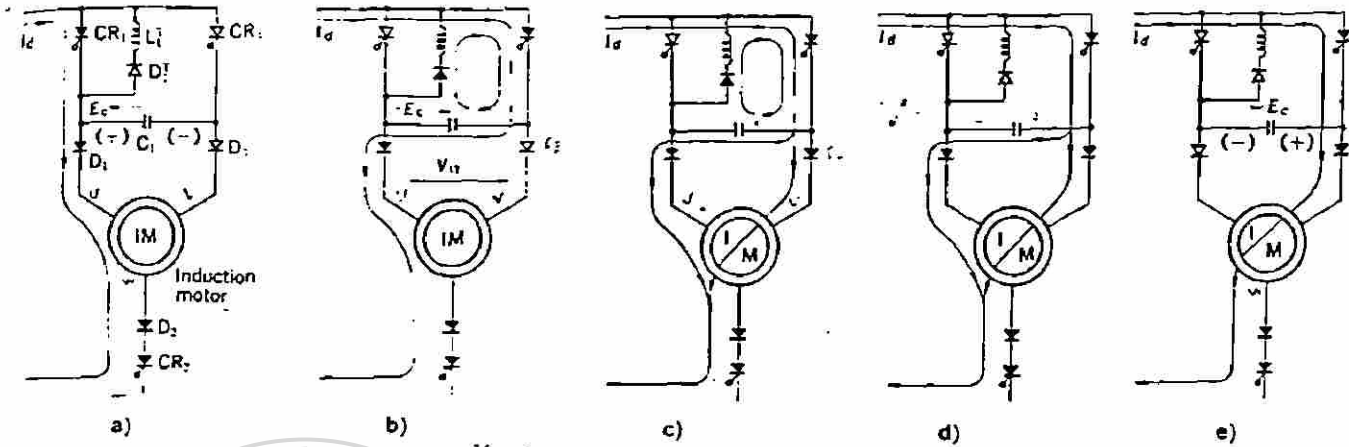
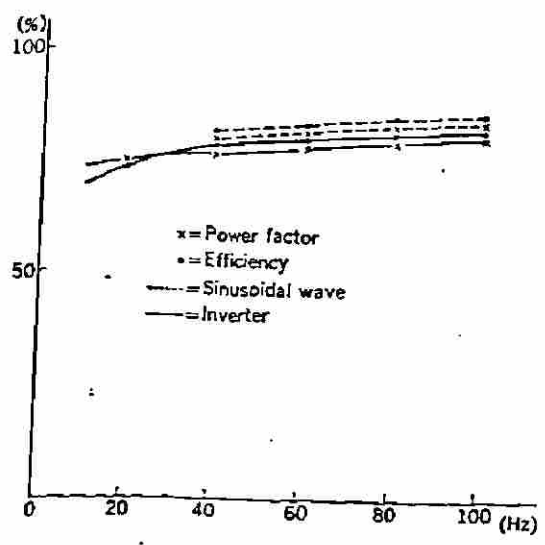


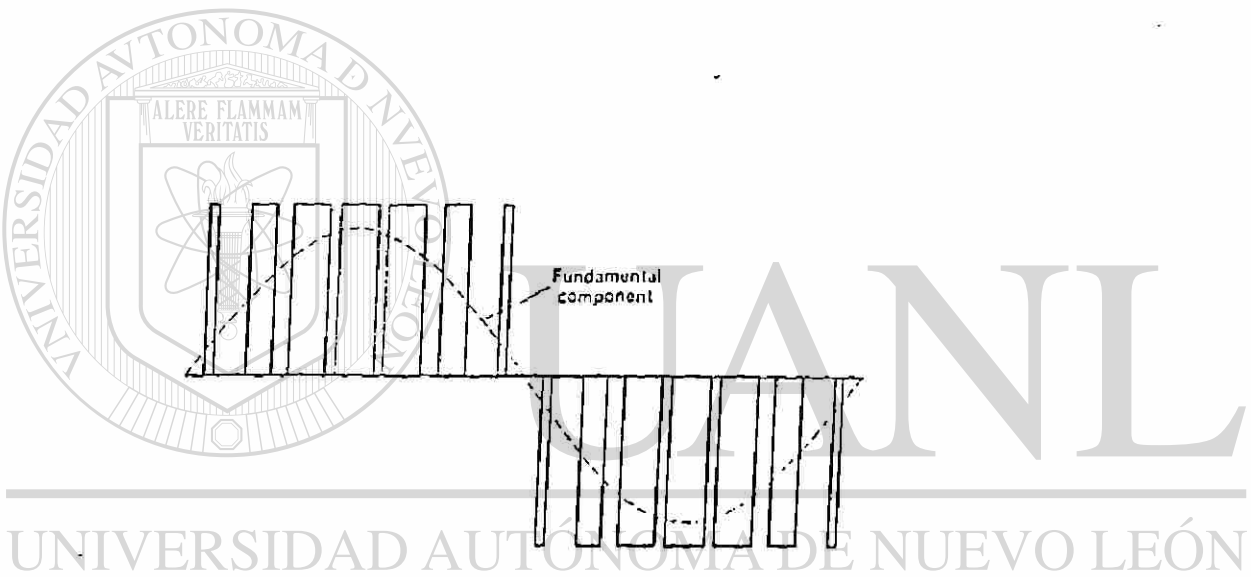
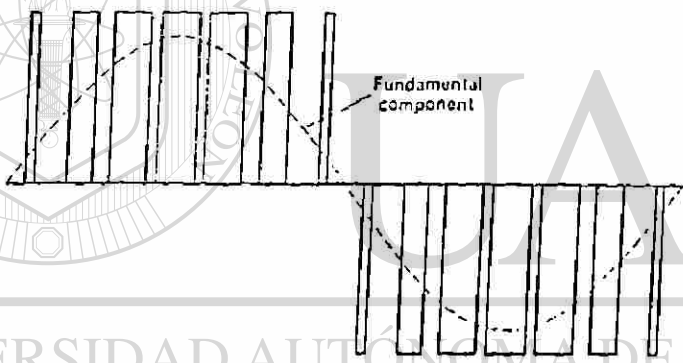
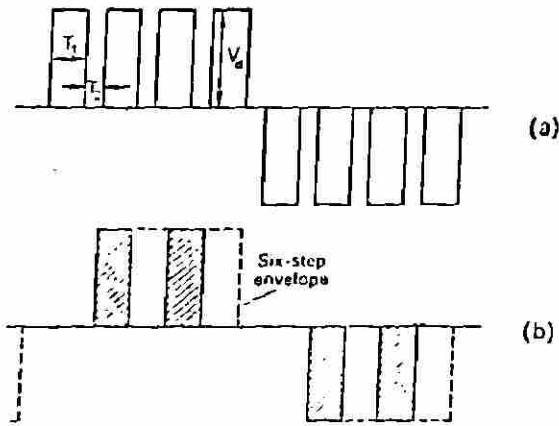
Diagrama de block's

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

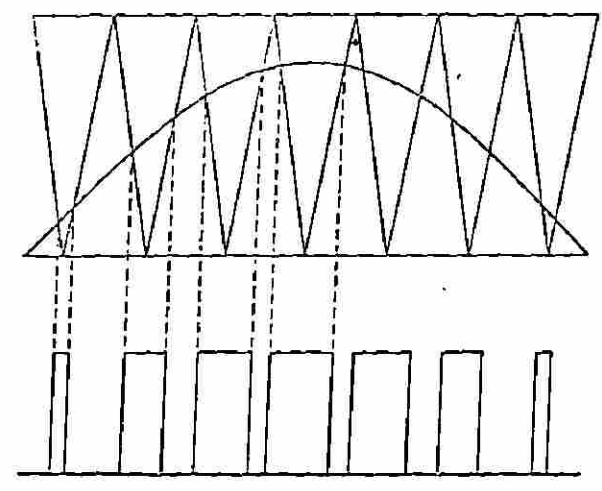


Eficiencia y F.P. contra frecuencia para onda senoidal y salida del inversor.

# Inversor de Modulación del ancho del pulso (PWM-Pulse with Modulated Inverter)



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



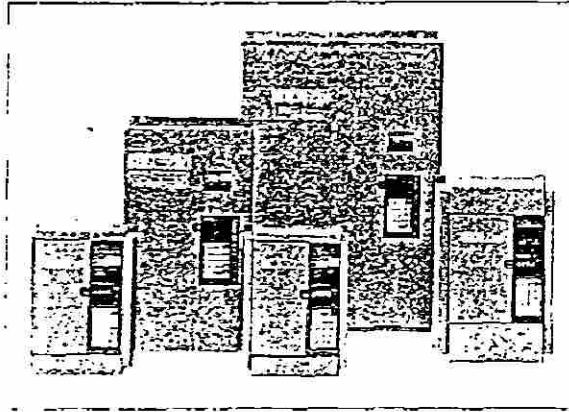


Fig. 1 The FREQROL-Z Series all-digital inverters.

**CONTROL COMPUTARIZADO PARA MOTOR DE C. A.**

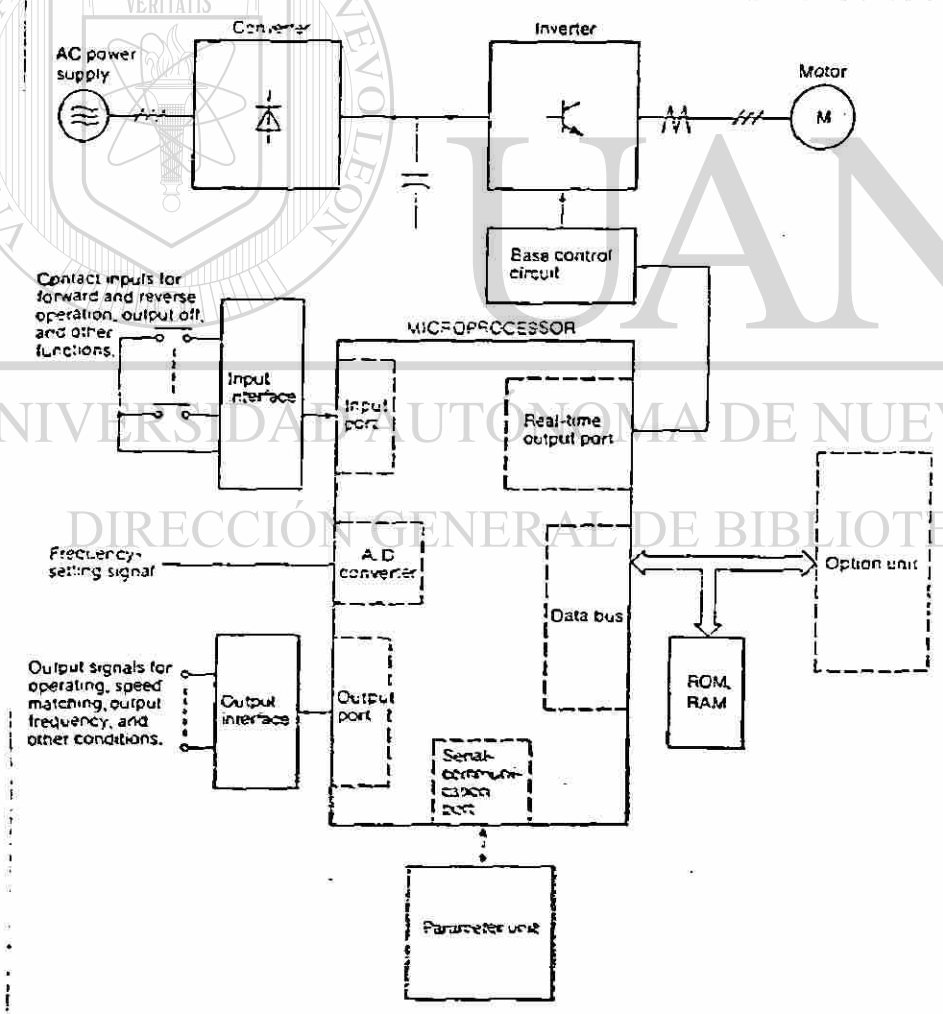


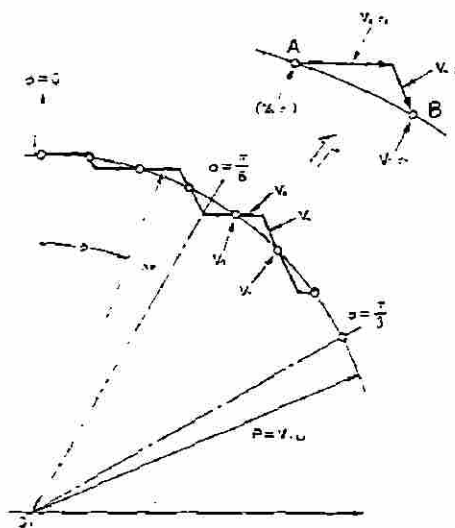
Fig. 2 The circuit diagram of the FR-Z200 Series.

	U phase	V phase	W phase
$V_0$	0	0	0
$V_1$	0	0	1
$V_2$	0	1	0
$V_3$	0	1	1
$V_4$	1	0	0
$V_5$	1	0	1
$V_6$	1	1	0
$V_7$	1	1	1

**Key**

- 1 P-transistor conducting
- 0 N-transistor conducting

a) The electric-vector definition.



$$K_1 = \sqrt{2} \frac{V_1}{V_d}$$

$$\tau_1 = T_0 \cdot K_S \sin\left(\frac{\pi}{3} - \phi\right)$$

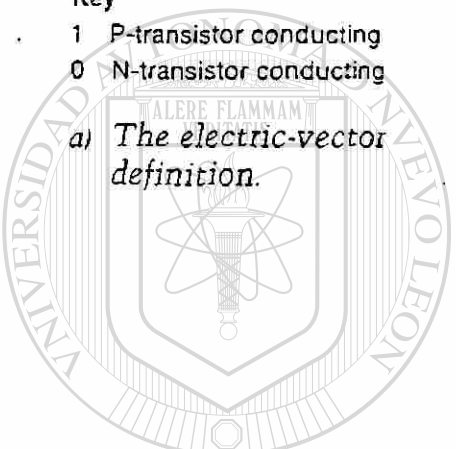
$$\tau_2 = T_0 \cdot K_S \sin \phi$$

$$\tau_0 = \tau_1 = \frac{1}{2} (T_0 - \tau_1 - \tau_2)$$

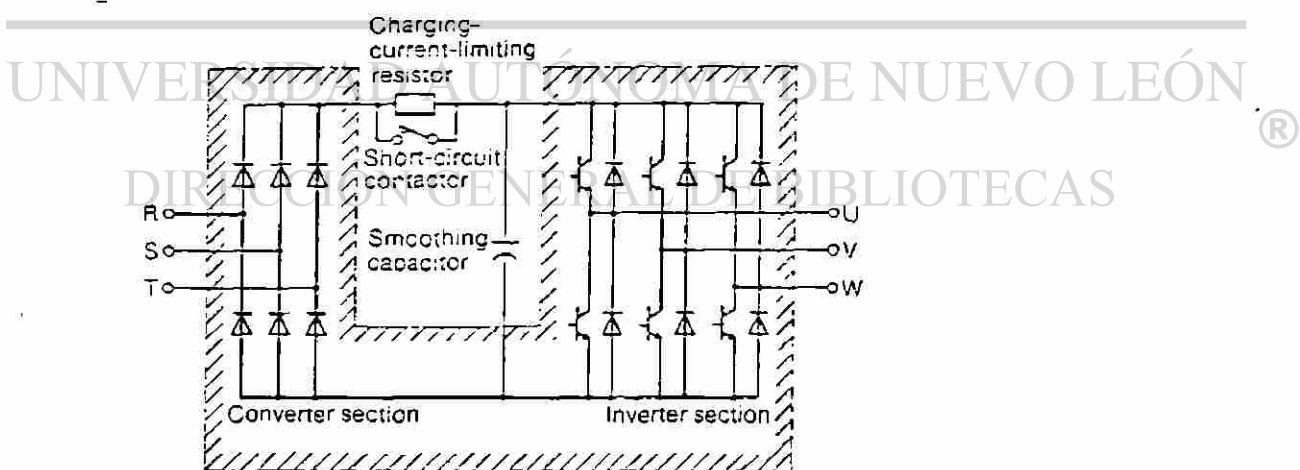
**Key**

- $T_0$  Carrier frequency
- $V_1$  Output voltage
- $V_d$  DC bus voltage
- $\phi$  Phase angle
- $\lambda_P$  Flux vector
- 0 Zero vector

b) An example of electric-vector selection.

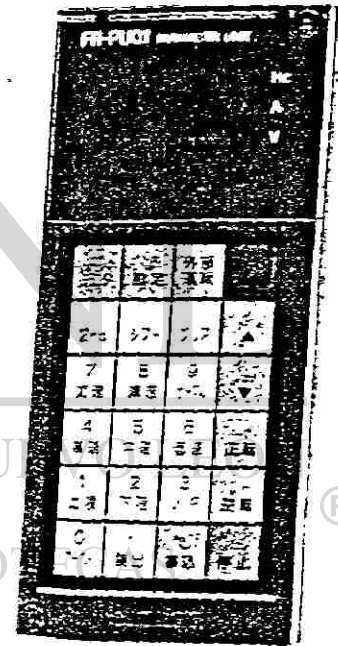
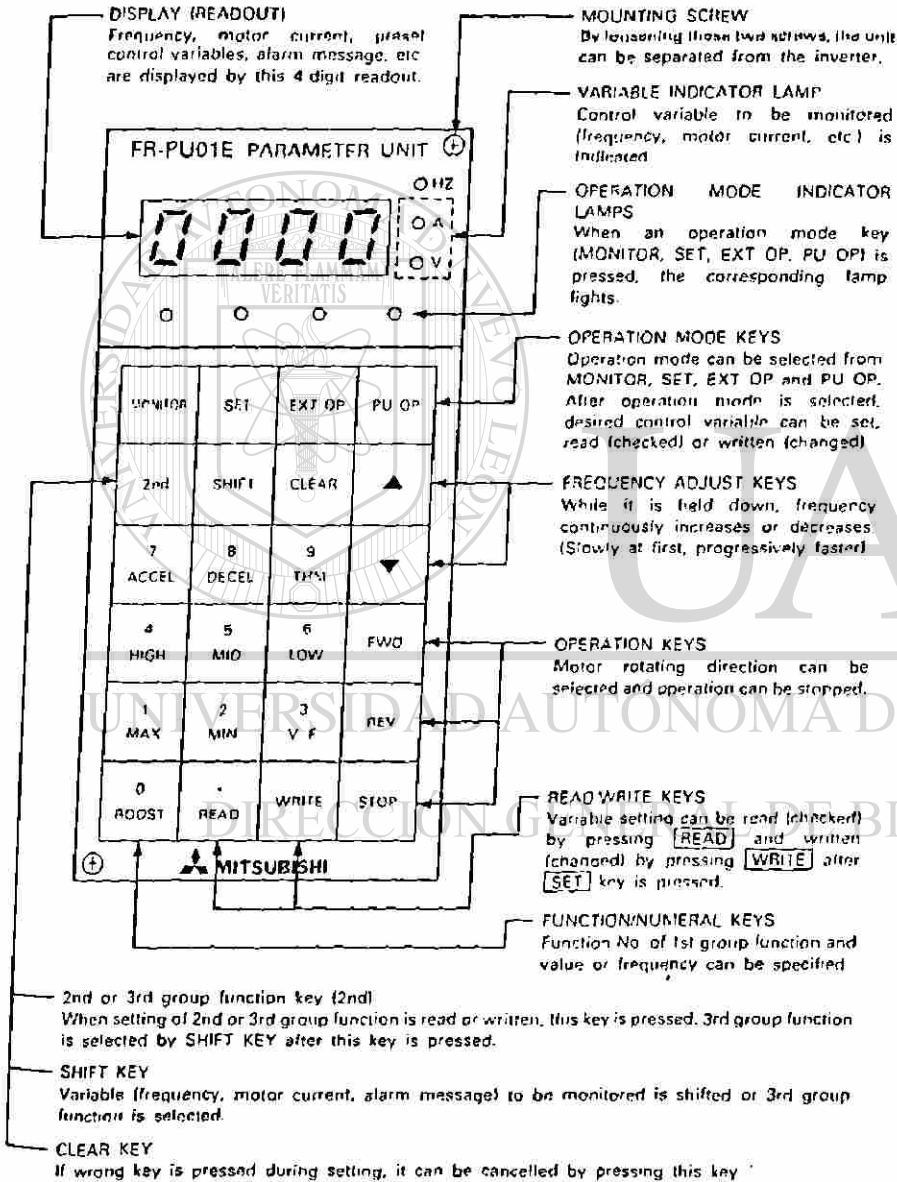


# UANL

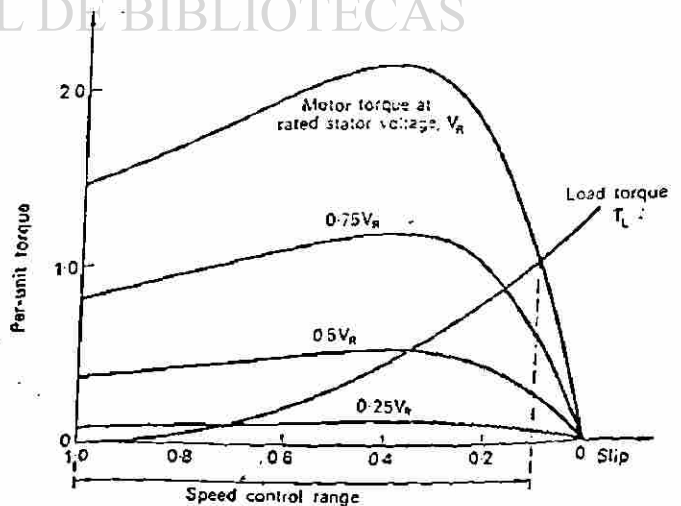
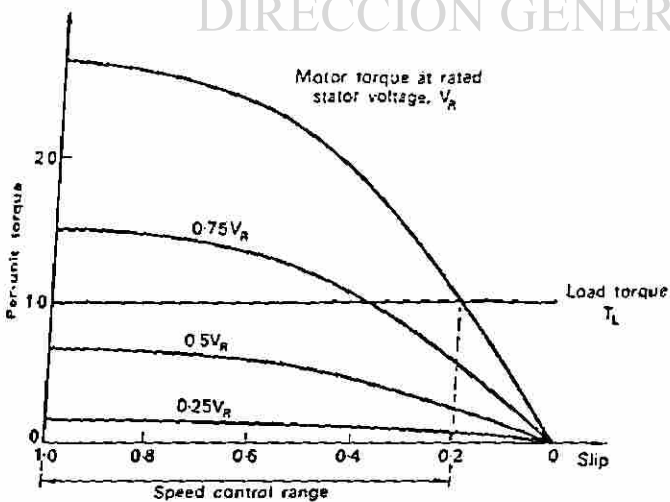


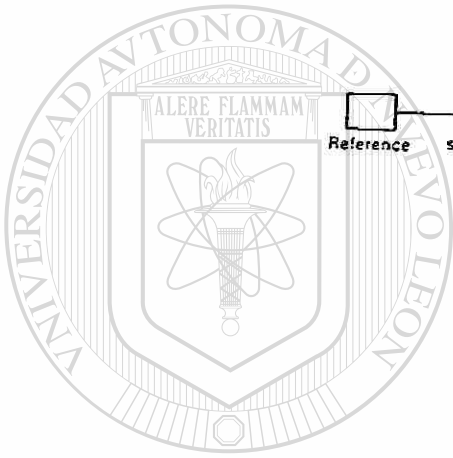
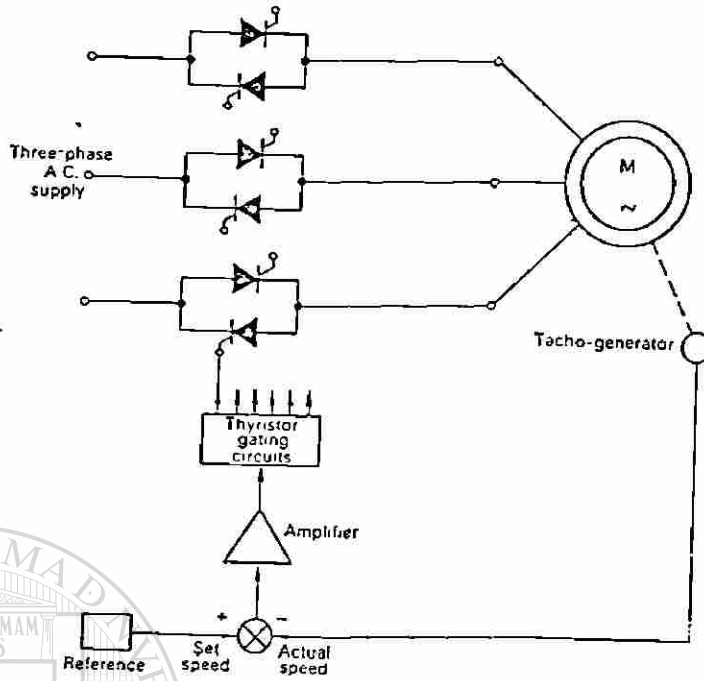
## CONTROL DEVICES OF PARAMETER UNIT

ONLY LIGHT FINGER PRESSURE IS NECESSARY.



SISTEMA	CONTROL DE VOLTAJE PRIMARIO	
TIPO DE MOTOR	MIJA	MI-RD
DIAGRAMA ESQUEMATICO		
METODO DE CONTROL	La velocidad es controlada cambiando el par, controlado el voltaje de alimentación del motor por medio del ángulo de disparo de los tiristores.	La velocidad es controlada ajustando la corriente de excitación del reactor saturable y por lo tanto controlando el voltaje primario de alimentación.
APLICACIONES	Gruas de Carga y Descarga Máquinas de embobinado ó enrollado, Maqs. troqueladoras, winches.	LAS MISMAS APLICACIONES QUE EL # (ANTERIOR).

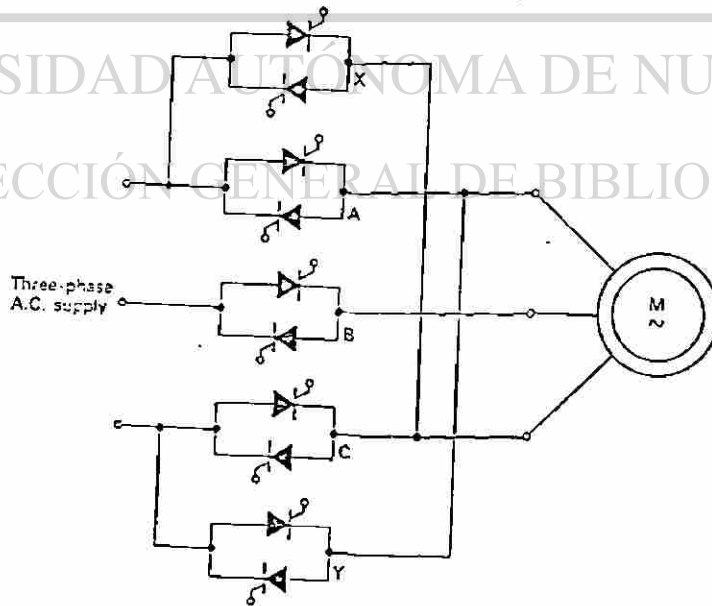




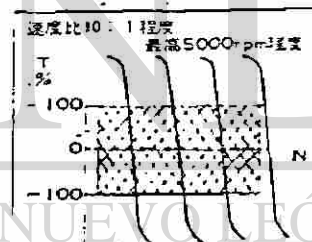
# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



SISTEMA	CONTROL POR FRECUENCIA PRIMARIA	
TIPO DE MOTOR	MOTOR DE INDUCCION DE ROTOR J. A.	M I + Condensador sincrónico
DIAGRAMA ESQUEMATICO		
METODO DE CONTROL	La velocidad es controlada ajustando la frecuencia y el voltaje de salida del cicloconvertidor.	La fuente de V.V.F.V. es suministrado por un condensador sincrónico y el cicloconvertidor.
APLICACIONES	Donde el control de velocidad simultaneo de muchos motores es requerido y la carga es de gran capacidad.	Donde un ancho rango de control de velocidad y muchos motores de alta velocidad en operación simultanea son requeridos.



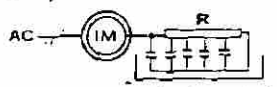
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

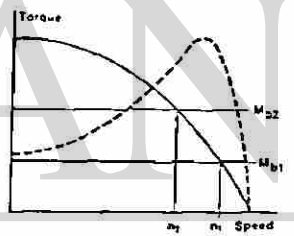
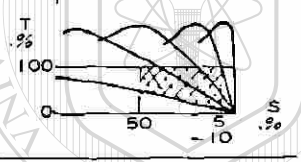
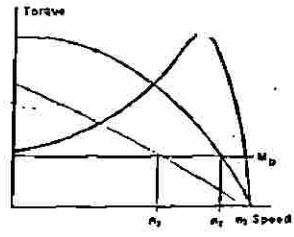
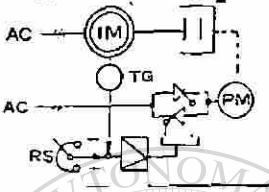


# CONTROL DEL MOTOR CA DE ROTOR ENBOBINADO POR RESISTENCIAS EN EL ROTOR.....

(1) Resis. metalic.



(2) Resis. liquida

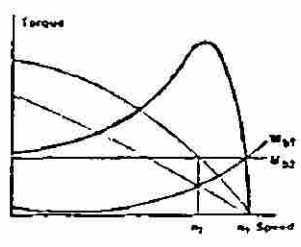


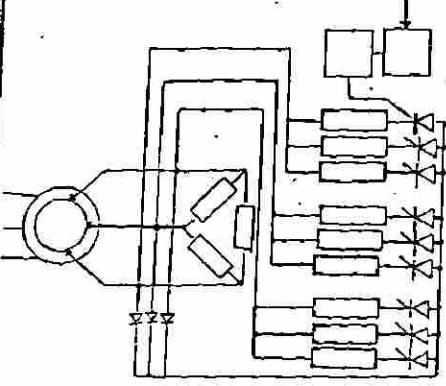
$$\frac{P_{out}}{P_r} = \frac{N_r}{N_s - N_r} = \frac{1}{s}$$

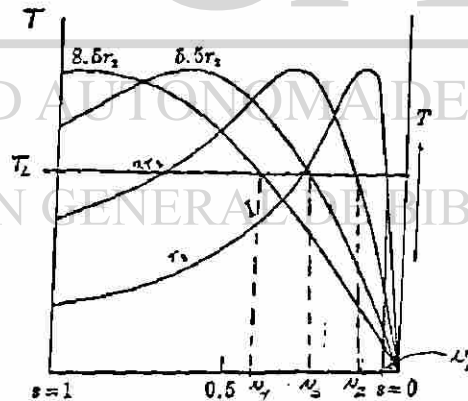
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

- P<sub>out</sub> = Potencia de Salida (en flecha)
- P<sub>r</sub> = Potencia Consumida en Rotor (rect)
- N<sub>r</sub> = Velocidad Rotor (RPM)
- N<sub>s</sub> = Velocidad sincronica (RPM)

$$P_r = s P_{out}$$

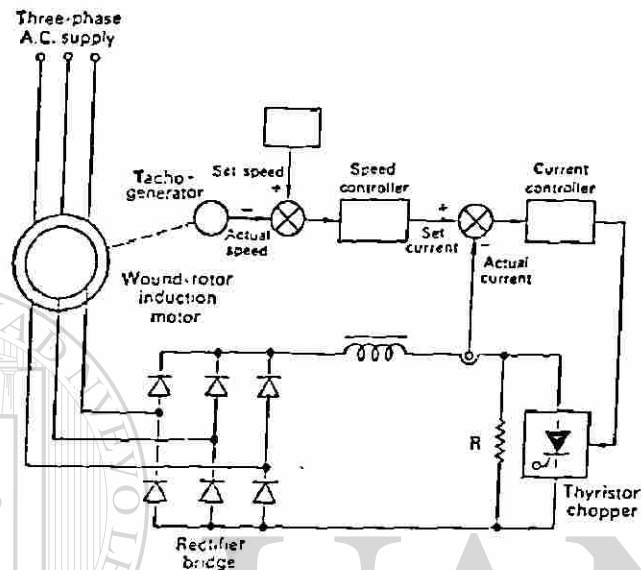


SISTEMA	RESISTENCIAS EN EL SECUNDARIO
TIPO DE MOTOR	M DE I DE ROTOR DEVANADO
DIAGRAMA ESQUEMATICO	
METODO DE CONTROL	La velocidad es controlada ajustando la resistencias del rotor usando tiristores para reemplazar contactores mecánicos.
APLICACION	Sistemas de bombeo, bombas centrifugas, ventiladores, cargas con alto par de arranque o alta inercia, etc...



Características par motor-velocidad de un motor de rotor devanado para diversos valores de resistencia secundaria

## CONTROL POR VARIACION ESTÁTICA DE LA RESISTENCIA DEL ROTOR



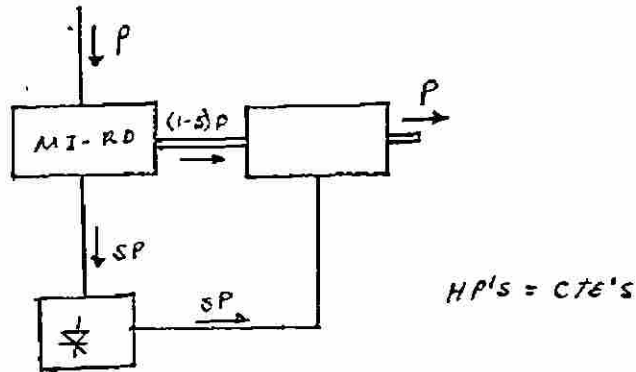
### CARACTERÍSTICAS:

- + CONTROL UNIFORME DE LA RESISTENCIA DEL ROTOR
- + INSENSITIVO A TRANSITORIOS EN LAS LINEAS
- + BAJA EFICIENCIA
- + LA CAPACIDAD DEL EQUIPO ESTÁTICO SE INCREMENTA CON EL RANGO DE VELOCIDAD
- + OPERACION ABAJO DE LA VELOCIDAD SINCRÓNICA.
- + ADECUADO PARA PEQUÑAS CAPACIDADES CON RANGO DE VELOCIDAD ESTRECHO
- + BUEN FACTOR DE POTENCIA

### APLICACIONES:

- + APLICACIONES DONDE OPERACIONES EN BAJA VELOCIDAD NO SON REQUERIDAS
- +SISTEMAS DE BOMBEO
- +GRUAS
- +VENTILADORES
- +COMPRESORES ETC

CONTROL POR LA RECUPERACIÓN DE LA ENERGÍA DEL ROTOR ( S P )

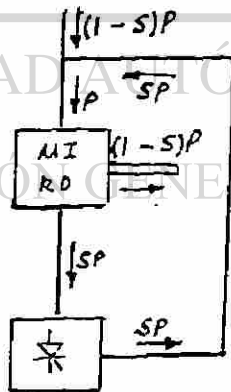


SISTEMA CON POTENCIA = CTE



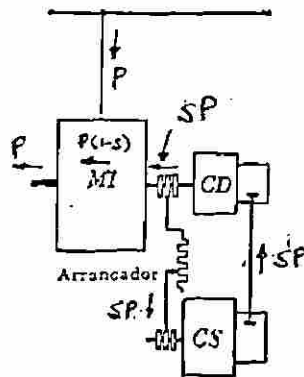
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



SISTEMA CON T = CTE

SISTEMA KRAMER



Regulación de la velocidad de un motor de rotor devanado con la ayuda de un convertidor giratorio y una máquina de c.d. (Cascada Kramer)

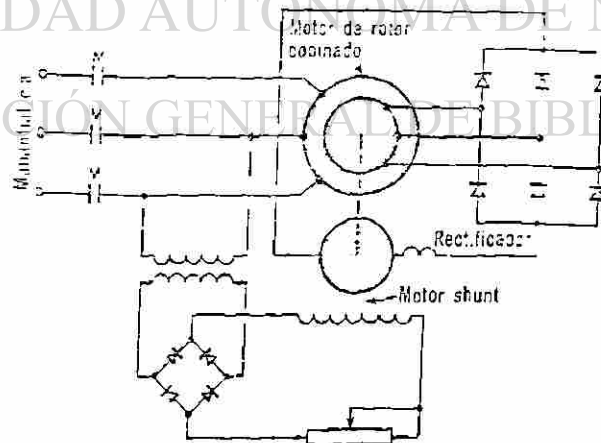


UANL

SISTEMA KRAMER ESTÁTICO ( RECTIFLOW )

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

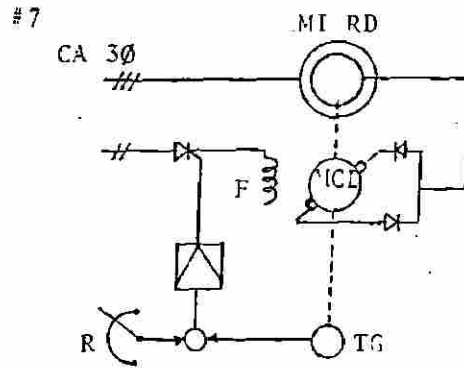
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



Transmisión Rectiflow de velocidad regulable

SISTEMA	SISTEMA RECTIFLOW (KRAUER)
TIPO DE MOTOR	MI de RD + MOTOR DE C.D.

DIAGRAMA  
ESQUEMATICO

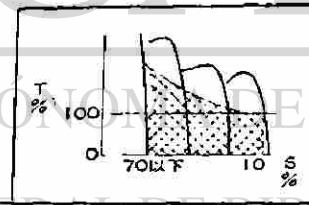


La velocidad es controlada ajustando la corriente de excitación del motor de C.D. y controlando la fuerza contra-electromotriz del motor.

APLICACIONES

Cargas con potencia de salida constante, alto par de arranque, cargas de alta inercia, prensas, bombas, rodillos, extruders, bombas centrifugas, tornos, maqs. de estirar alambre, compresores, etc.

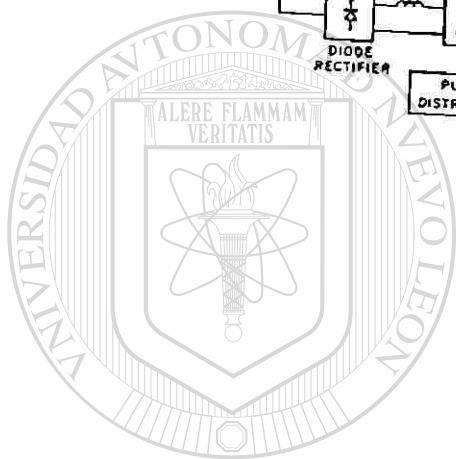
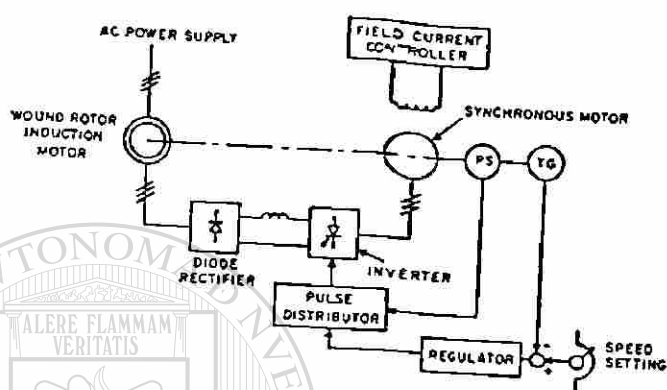
CARACTERISTI-  
CA (T vs N)



CARACTERISTICAS  
IMPORTANTES DE-  
OPERACION

ALTO FACTOR DE POTENCIA  
EFICIENCIA MAYOR QUE CONTROL POR RESISTENCIAS EN ROTOR .  
NO REGENERATIVO.  
SOLO ABAJO DE VELOC. SINC. ( $N_s$ )  
 $HP = cte \cdot s \cdot N$  ( $T \uparrow, N \downarrow$ )  
INSENSITIVO A TRANSITORIOS DE LA FUENTE DE ALIMENTACION.  
ECONOMICO PARA SISTEMAS DE GRAN-CAPACIDAD Y POCO RANGO DE N (RPM)  
 $(P_{med} + P_{rect}) \uparrow$  si  $(N_s - NR) \uparrow$

# SISTEMA KRAMER ESTÁTICO SIN CONMUTADOR.



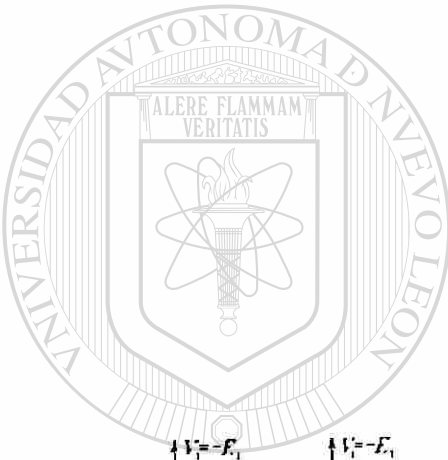
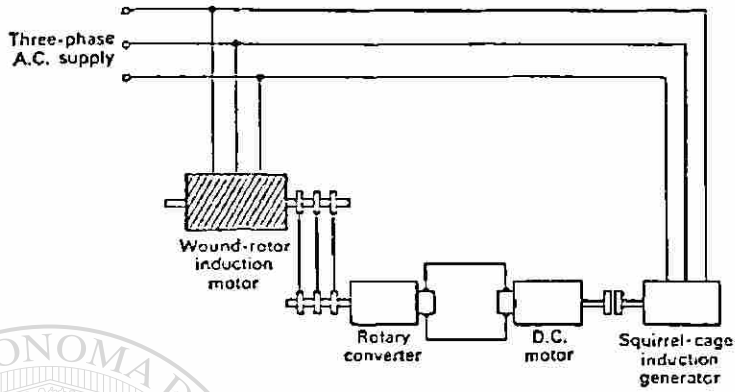
# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

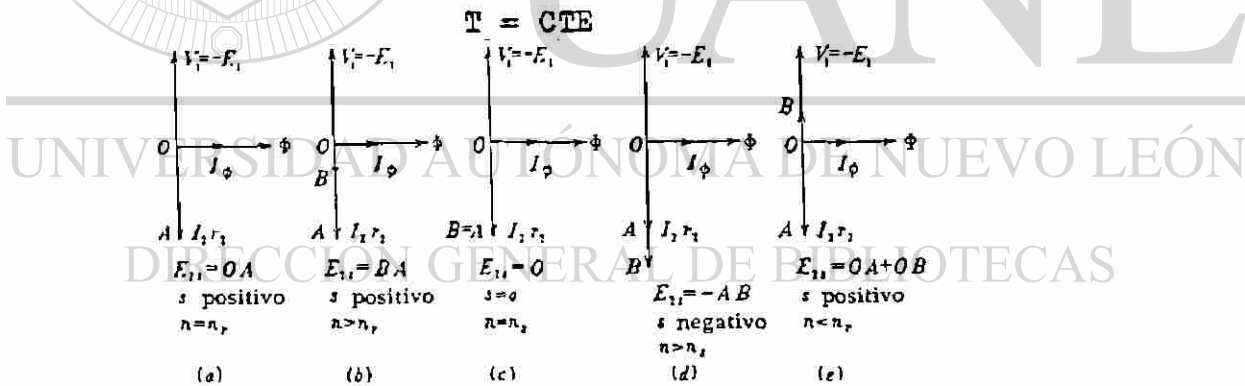
®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

SISTEMA SCHERBIUS



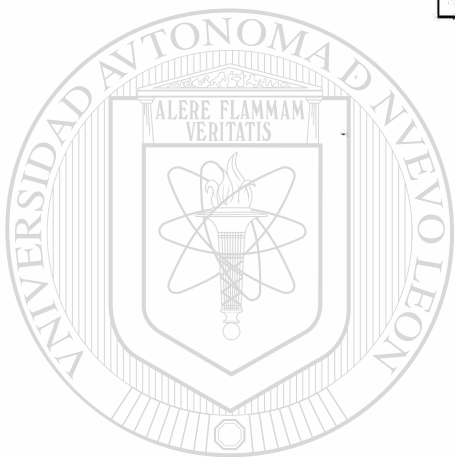
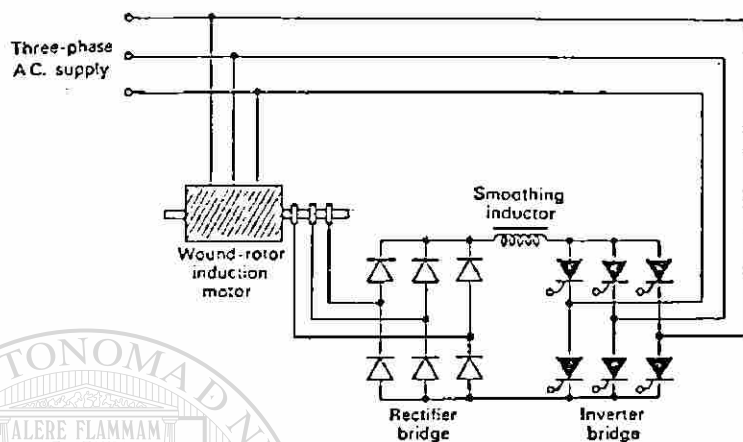
UANL



Diagramas vectoriales para la explicación del control de la velocidad en un motor polifásico de inducción de rotor devanado



## SISTEMA SCHERBIUS ESTÁTICO

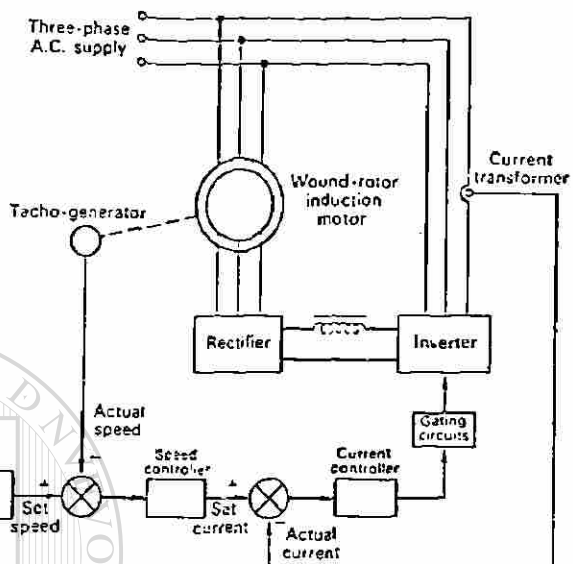


# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



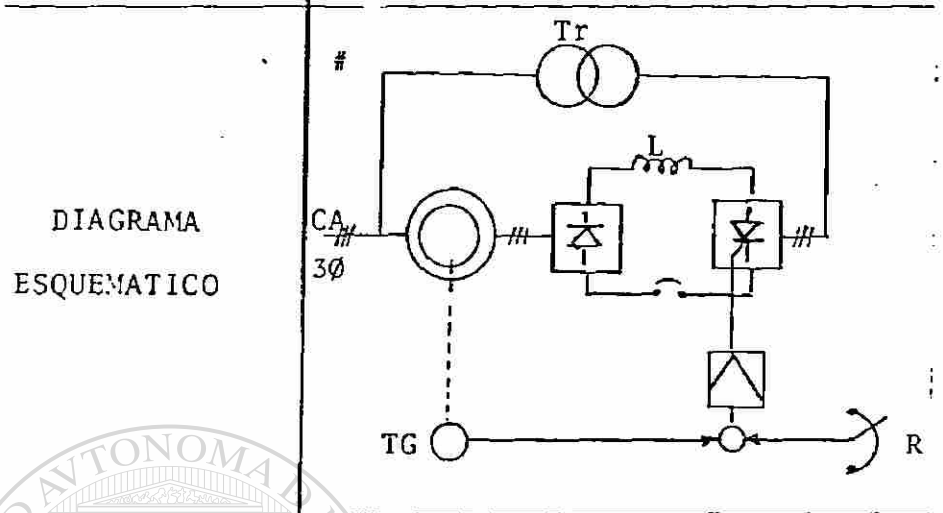


SISTEMA DE CONTROL DE VELOCIDAD SCHERBIUS ESTÁTICO CON RETRO-ALIMENTACIÓN DE VELOCIDAD Y CORRIENTE.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

SISTEMA	SISTEMA SCHERBIUS ESTATICO
TIPO DE MOTOR	MOTOR DE INDUCCION DE ROTOR DEV.

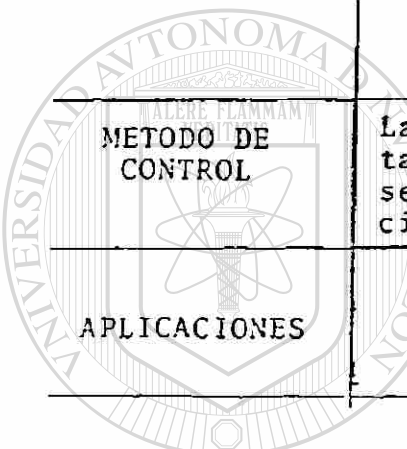
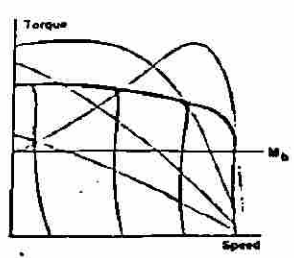


METODO DE CONTROL

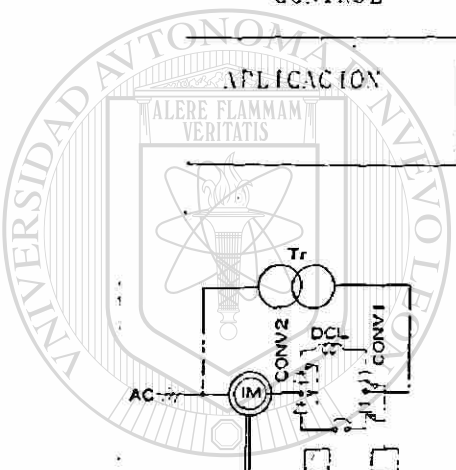
La velocidad es controlada ajustando el voltaje de excitación - secundario del motor de inducción de rotor devanado.

APLICACIONES

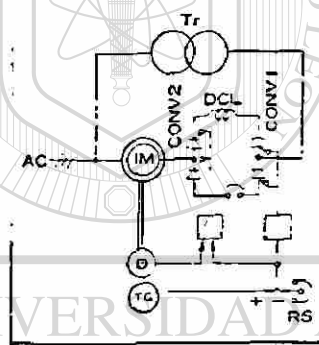
BOMBAS, VENTILADORES, COMPRESORES, MAQS. DE EXTRUIDO, etc...



SISTEMA	SCHERBIUS ESTÁTICO SUPERSINCRÓNICO
TIPO DE MOTOR	M.I. DE ROTOR DEVANADO
DIAGRAMA ESQUEMÁTICO	
METODO DE CONTROL	La velocidad es controlada ajustando el voltaje de excitación y frecuencia secundarias por medio del cicloconvertidor.
APLICACION	Bombas, ventiladores, compresores, maquinas de extruido, etc...



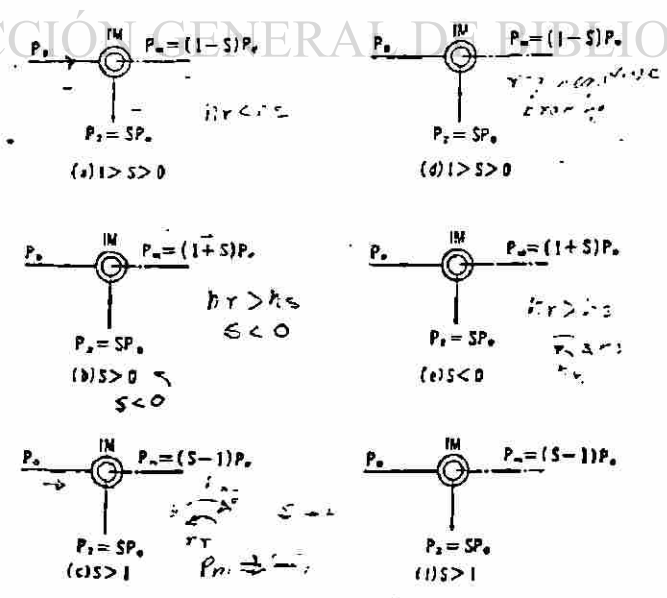
UANL

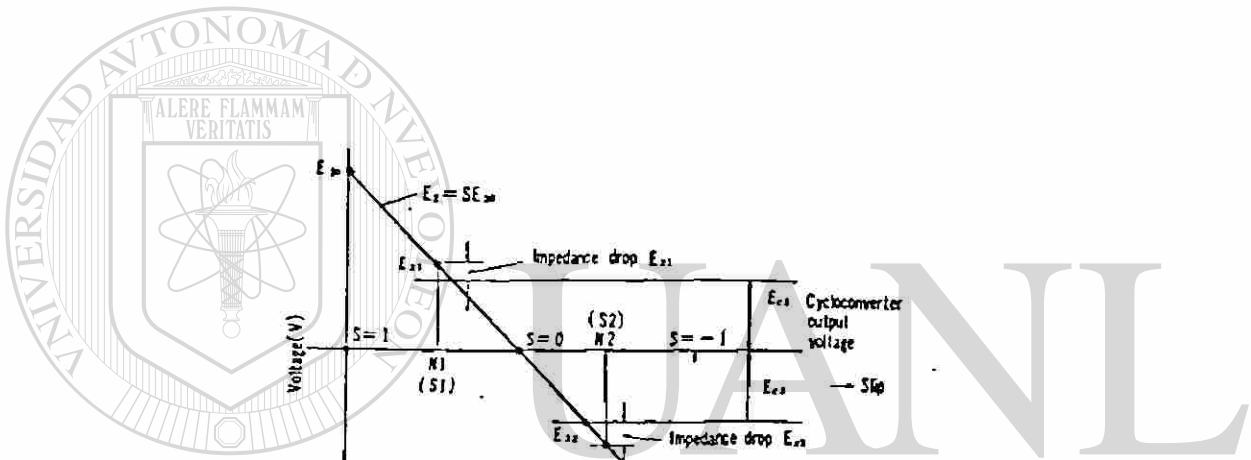
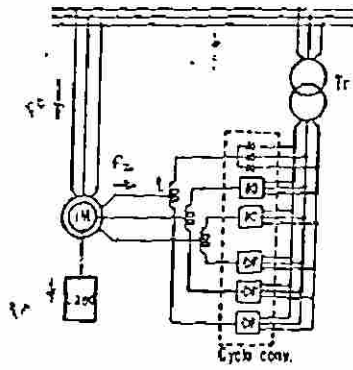


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

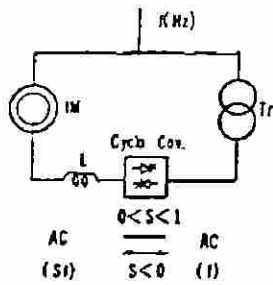




UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

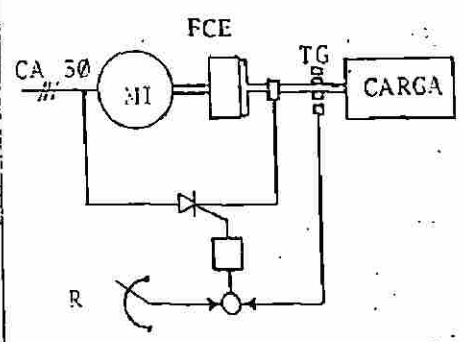


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



SISTEMA	ACOPLAMIENTO DE CORRIENTES EDDY
TIPO DE MOTOR	MOTOR DE INDUCCION DE J. de A

DIAGRAMA ESQUEMATICO



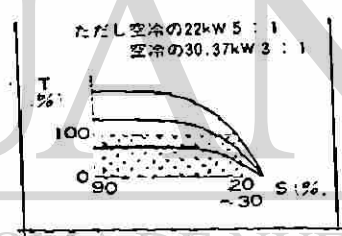
METODO DE CONTROL

La velocidad es controlada ajustando la corriente de excitación del freno de corrientes de eddy per medio de tiristores.

APLICACIONES

Ventiladores, bombas, Máquinas de extruido, enrolladoras transportadoras, alimentadores etc...

CARACTERISTICA DE OPERACION (T vs N)



UANL

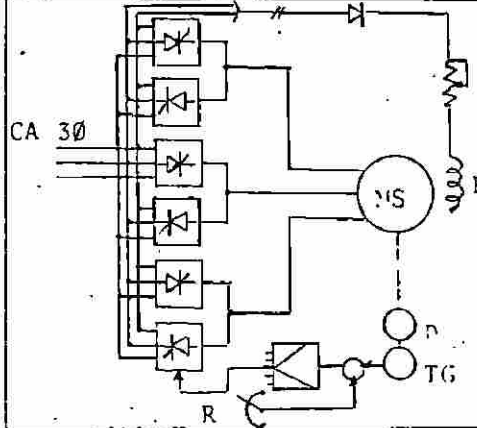
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



SISTEMA	MOTOR DE C.A. SIN CONMUTADOR
TIPO DE MOTOR	MOTOR SINCRONICO

DIAGRAMA  
ESQUEMATICO



METODO DE  
CONTROL

La velocidad es controlada controlando el ángulo de disparo del ciclo convertidor de tiristres. Ajustando V y f por medio de señales del distribuidor y el tacómetro generador.

APLICACION

Máquinas de rolado, Máquinas de embobinado o enrollado, máquinas de fabricación de papel, etc....

90's

### COMPARACION DE METODOS AC DRIVES

	VVI	CSI	PWM
<b>COSTO DEL DRIVE</b>	1	2	1
<b>EFICIENCIA (MOTOR Y CONTROL)</b>	3	1	2
<b>FACTOR DE POTENCIA</b>	3	3	1
<b>MANTENIMIENTO</b>	1	2	1
<b>CONFIABILIDAD</b>	1	1	1
<b>COMPLEJIDAD</b>			
<b>CIRCUITO DE POTENCIA</b>	2	1	2
<b>CIRCUITO DE CONTROL</b>	1	2	3
<b>ARMONICAS</b>	3	2	1
<b>ESCALA 1-3 ,1 EL MEJOR</b>			

.....  
**CARACTERISTICAS IMPORTANTES PARA LA SELECCION DE LOS DIFERENTES SISTEMAS**

SISTEMAS DE VELOCIDAD AJUSTABLE		Motor de I de J.A.					M de I de R.D.									
		Ward Leonard Estatico	Control por Voltaje Primario	Acoplamiento por corrientes de eddy	Powder Clutch Motor	Control por F.P.			Control por Resistencias en el Secundario (Rotor)	Control por Voltaje Primario (Tiristores)	Control por Voltaje Primario (Reactor S.)	Rectiflow	Scherbius Estatico	Scherbius Estatico Supersincronico	Control por freno	Motor sin conmutador
						Inversor	Cicloconvertidor	Condensador Rotatorio + Cicloconvertidor								
CARACTERISTICAS																
Rango de Potencia	1KW	■	■	■	■	■	■									
	10KW	■	■	■	■	■	■									
	100KW	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	1000KW	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Características de Carga	Salida Constante (P)	B	C	C	C	C	C	C	C	C	A	C	C	C	C	C
	Par Constante (T)	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	Par con el cuadrado de la Veloc.	B	A	A	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
	Par Motor Solamente	A	A	A	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	B	B
	Par Motor y Freno Dinámico	A	C	X	X	B	A	A	X	A	A	X	X	X	A	A
	Alto Par de Arranque	B	C	C	C	C	B	B	B	B	B	A	B	B	B	B
	Arranque y Paro muy Frecuentes	A	B	B	B	B	A	B	C	A	A	C	C	E	B	A
	Operación de Inversión de giro muy Frecuentes	A	B	C	C	B	A	B	X	B	B	X	X	X	X	A
	Baja Aceleración y desaceleración requeridas	A	B	B	B	B	B	B	B	B	B	X	C	C	B	A
	Requerimientos de parada de Emergencia y otras paradas rápidas	A	B	C	C	A	A	A	C	A	A	C	C	A	B	A
Requerimientos de alta precisión en la posición de Stop	A	B	C	C	B	B	B	C	A	A	C	C	B	B	A	
Rango de Velocidad	Rápida aceleración y desaceleración requeridas	A	B	C	C	A	A	C	X	A	A	X	X	A	B	A
	Ancho rango de Control Requerida	A	A	A	A	A	C	A	C	A	A	C	C	B	C	A
	Desde la velocidad máxima hasta el 50%	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A	B	B
	Más de 3600 RPM requeridas	C	X	X	X	A	X	A	X	X	X	X	X	A	X	A
	Menos de 3600 RPM requeridas	C	B	C	X	A	X	A	B	B	B	B	B	B	B	B

CLAVE: A = Más adecuado B = Adecuado C = Posible X = Inadecuado



## CAPITULO 10

# FUNDAMENTOS EN EL REDISEÑO DE MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA

### CAMBIO DE CALIBRE DE ALAMBRE

Siempre que las Vueltas en una bobina son cambiadas también el calibre necesita ser cambiado. Esto es cierto no importa dónde la bobina sea usada, en el motor, en un transformador, en un relevador, etc.

La formula para calcular el área en circular mils por vuelta de un nuevo embobinado es:

$$CM2 = CM1 \times \frac{T1}{T2}$$

Dónde:  $CM2$  = a el área en circular mil por vuelta de un nuevo embobinado.

$CM1$  = a el área en circular mil por vuelta del embobinado original.

$T1$  = a las vueltas por bobina del embobinado original.

$T2$  = Son las vueltas por bobina del nuevo embobinado.

El área del circular mil por vuelta determinada de esta manera hace que la ranura sea llenada por el embobinado nuevo de la misma manera como estaba el embobinado original suponiendo que el espesor del aislamiento en la ranura y el aislamiento del alambre permanecen iguales.

La mayor de las veces no será posible de escoger un calibre que iguale el valor calculado exactamente. Usted deberá escoger una área del circular mil de un calibre que sea ligeramente arriba o ligeramente abajo del valor calculado. Lo cual dependerá del espesor que tenga el embobinado original y de que tan ajustado este. Si el embobinado original estaba demasiado ajustado, escoja un calibre ligeramente menor que el valor calculado. Si estaba demasiado flojo dentro de la ranura vallase a uno ligeramente arriba del valor calculado.

Cuando este seleccionando los calibres de alambre usted puede preferir usar un numero de alambres pequeños en paralelo en lugar de utilizar algunos cuantos en paralelo o uno solo de calibre muy grueso. Alambres delgados se pueden embobinar mejor. Esto es hay menos espacio entre los hilos o alambres de la bobina. Por lo tanto es más fácil insertar un numero de alambres pequeños delgados que den el total de una cierta área en circular mil en lugar de utilizar algunos alambres de calibre grueso que den un valor cercano aproximadamente igual al área del circular mil deseada.

Cuando se usan ciertos calibres diferentes en paralelo es mejor mantener la variación de calibres en un valor de uno siempre y cuando sea posible. La razón es para propósitos de conexión. Si un alambre pequeño delgado es usado en paralelo con un cierto número de alambres gruesos el extremo del alambre delgado se quemara antes que los alambres gruesos estén lo suficientemente calientes para hacer una buena conexión. Esto es el alambre pequeño será un alambre muerto o sin corriente no sirviendo para ningún propósito pero si costara dinero.

El área del circular mil de un alambre es aproximadamente el doble o se corta a la mitad por cada tres calibres. Tomamos el calibre # 17 por ejemplo. La hoja de calibres en la página muestra que su circular mils son 2048. Doblando el área da 4096 circular mils. lo cual es casi igual a 4107, que es el área en circular mils de un calibre 14. Cortando el área a la mitad dara un área en circular mil de 1024. El calibre # 20 tiene un área en circular mil de 1022. Cualquier alambre pudiera haber sido escogido para el ejemplo con los mismos resultados.

El conocer esto ultimo puede ser usado para determinar un nuevo tamaño de calibre si es deseado embobinado de motor con un calibre más delgado que el que utiliza el fabricante. Si el fabricante usa un calibre 11 este puede ser reemplazado por 2 calibres 14 o todavía irse a calibres más delgados por ejemplo 4 calibres 17.

Los fabricantes americanos hoy en día están usando calibres de alambre con valores medios como por ejemplo 15 1/2 en algunos diseños. Sin embargo esto es raramente usado en México en caso de tenerse un motor que tenga calibres medios como por ejemplo un 15 1/2. Usted puede reemplazar este alambre con dos alambres en paralelo un alambre deberá ser 2 y media veces más pequeño y el otro deberá ser 3 y media veces más pequeño. Por ejemplo si tenemos un calibre 17 1/2 este puede ser reemplazado por un 20 y un 21.

Puesto que todos los rediseños que siguen incluyen cálculos de cambio de calibres en sus ejemplos, ningún ejemplo se ha demostrado aquí.

## CAMBIO DE VOLTAJE

Para un cambio en voltaje las vueltas por bobina variarían directamente a como cambie el voltaje la fórmula es:

$$T2 = T1 \times \frac{E2}{E1}$$

Donde:  $T2$  = A las nuevas vueltas por bobina.

$T1$  = Alas vueltas originales por bobina.

$E2$  = Al nuevo voltaje.

$E1$  = Voltaje original

Un cambio puede ser siempre hecho en voltajes bajos sin ninguna dificultad, un voltaje abajo de 600 volts o menor. Voltajes arriba de 600 volts son considerados medio o altos voltajes. En los Estados Unidos los voltajes comunes en este rango son 2400, 4160, 6600 y 13,800 volts.

Sistemas de aislamiento especial son diseñados para cada voltaje en el rango de medio y alto voltaje. Entre más alto es el voltaje más grueso sera el sistema de aislamiento.

Motores con voltajes medios y altos tendrán bobinas preformadas. Por lo tanto cuando se este diseñando para un nuevo voltaje y el original y los nuevos voltajes están en el rango de voltajes medio o altos, los cálculos para los nuevos calibres de alambre deberán ser para alambre rectangular.

Un rediseño puede ser siempre hecho de un voltaje medio o alto a un bajo voltaje. En ese tipo de cambio los HP'S pueden usualmente ser incrementados al siguiente valor estandar si es necesario, sin necesidad de incrementar la temperatura del sistema de aislamiento.

El bajo voltaje requiere menos aislamiento. Por lo tanto más alambre puede ser insertado en la ranura esto es reduciendo las pérdidas. Motores diseñados para operación en voltajes medio o altos operan a densidades de flujo menores que los motores diseñados para operación en líneas de bajo voltaje. Por lo tanto estos motores pueden ser reforzados sin sobresaturar el núcleo.

Las dificultades pueden ocurrir cuando se cambie o se este cambiando de bajo voltaje a voltaje medio. Más área de ranura deberá ser tomada por el aislamiento dejando menos área para el alambre. Si los HP'S permanecen igual, menos área de alambre significa mayores pérdidas. Por lo tanto la temperatura se incrementa necesitando un sistema de

aislamiento denominado para más alta temperatura. Si no es deseable incrementar la temperatura los HP'S o sea la potencia deberá ser reducida.

El mayor problema en cambiando de un bajo voltaje a un voltaje medio es en el diseño de la bobina. Una bobina preformada deberá ser usada en motores de voltaje medio o alto cuando hay dos lados de bobina por ranura, especialmente en motores de 100 HP'S y mayores. Si un alambre redondo necesita ser usado en un motor de 2400 volts, el embobinado deberá ser diseñado para un lado de bobina por ranura. Estos motores necesitan estar conectados en estrella. Nunca intente usar alambre redondo arriba de 2400 volts.

Si un motor frame "T" para alta temperatura desea ser embobinado y usted sabe que su cliente tiene un voltaje que es mayor que el voltaje nominal del motor, deberá ser prudente rediseñar el motor para el voltaje que deberá ser aplicado a este. El aplicar un voltaje superior a nominal en un motor frame "T" de alta temperatura causara que el núcleo se sobresature, causando que la corriente y la temperatura se incrementen. y la corriente en vacío pudiera ser mayor que la corriente de placa. Esto puede causar que las protecciones de la línea se boten causando que el motor se detenga o se apage.

#### Ejemplo de un Rediseño

Datos de placa - 1 1/2 HP, 1800 R.P.M., 230/460 volts.

Datos del núcleo - 36 Ranuras y 36 Bobinas, 32 vueltas por bobina,

Un calibre # 20 con paso de 1-8, y 2 y una estrella como conexión.

Rediseñar para 575 Volts.

$$T2 = 32 \times \frac{575}{460} = 40 \text{ Vueltas por bobina.}$$

El calibre # 20 tiene 1022 circular mils  
De la tabla de calibres

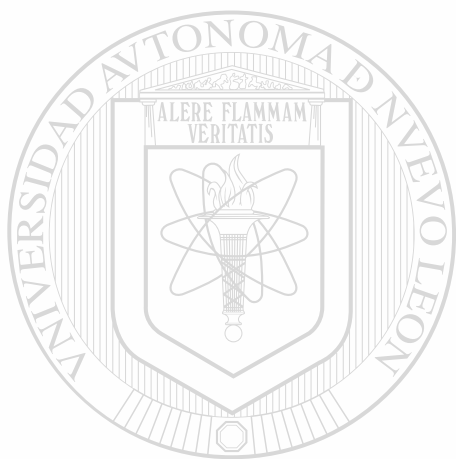
$$CM2 = 1022 \times \frac{32}{40} = 817.6$$

Un calibre # 21 tiene 810.1 circular mils  
El paso no deberá ser cambiado.

Puesto que 460 volts fueron usados en el voltaje original la conexión será la misma que en la conexión original de 460 volts una estrella.

Los datos del nuevo embobinado son 40 vueltas por bobina, un alambre # 21, paso de 1-8, conexión de una estrella.

Si las nuevas vueltas calculadas no cierran a un número entero el número de circuitos, el paso y/o la conexión pueden ser cambiadas(ligeramente).



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CAMBIOS EN POTENCIA EN HP'S o KW

Para un cambio en HP'S las vueltas por bobina varían inversamente a la raíz cuadrada de los HP'S la fórmula es.

$$T_2 = T_1 \times \sqrt{\frac{HP_1}{HP_2}} \qquad T_2 = T_1 \times \sqrt{\frac{KW_1}{KW_2}}$$

Dónde:  $T_2 = A$  las nuevas vueltas por bobina.

$T_1 =$  Son las vueltas por bobina originales.

$HP_1 =$  Son los HP'S originales.

$HP_2 =$  Son los nuevos HP'S.

Siempre que los HP'S de un motor son incrementados, con el mismo número de polos las pérdidas del núcleo se incrementan. Esto es debido a que el hierro deberá trabajar más duro o más castigado (a densidades de flujo mayores) para producir la mayor salida de potencia. Mayores pérdidas del núcleo significan mayores incrementos de temperatura. La corriente de plena carga se incrementará más que lo que sea posible incrementar la sección transversal del área del alambre. Por lo tanto las pérdidas del embobinado también se incrementarán. El incremento en estas pérdidas necesitará que usemos un sistema de aislamiento para más alta temperatura.

Las corrientes magnetizantes (en vacío) también serán mayores y el ruido eléctrico se incrementará.

Que tantos HP'S pueden ser incrementados y cual deberá ser nuevo sistema de aislamiento? La respuesta a esta pregunta dependerá del tamaño del frame y si el motor es un frame "U" o un motor más antiguo o bien si es un frame "T" para alta temperatura.

Primero discutamos el frame "U" y motores anteriores antiguos que tienen un sistema de aislamiento clase A. Los HP'S pueden siempre ser incrementados hacia el valor próximo standard de la NEMA del HP'S usando un sistema de aislamiento clase B. Tratar de incrementar los HP'S en dos capacidades de la NEMA traeran consigo algunos problemas mecánicos así como también eléctricos tomando las consideraciones eléctricas primero, un incremento de 2 ratings standard en HP'S en los standares de la NEMA puede ser usado en frame 225 o menores usando un sistema de aislamiento clase F mientras que un frame 254 y mayores requerirá un sistema de aislamiento clase H. La razón de que

un sistema de aislamiento clase F puede ser usado en motores pequeños es que su aumento de temperatura, en el diseño original, fue usualmente menor que el indicado en la placa de datos.

Fallas mecánicas puede ocurrir si los HP'S son incrementados en dos capacidades normales standard de la NEMA. Los fabricantes descubrieron esto cuando ellos se fueron de los frame "U" de baja temperatura a los frame "T" para alta temperatura. Los caballos de potencia de un frame "T" de alta temperatura son en el mayor de los casos 2 capacidades standard superiores que los frame "U" para un tamaño dado de frame. Para empezar los fabricantes trataban de mantener los diámetros de las flechas y los tamaños de los baleros iguales para el mismo diámetro de frame. Esto es lo que la Industria de la reparación necesita hacer si se incrementan dos escalas en la NEMA de HP'S. Algunas flechas se quiebran y los baleros fallaran. Los motores frame "T" ahora tienen el mismo diámetro de flecha y tamaño de baleros que los frame "U" tenían para los mismos HP'S. El frame de longitud cortos (284, 324, 364, etc.) un incremento de dos ratings en HP'S eléctricamente se incrementarían 2 ratings mecánicamente en solamente una escala de la NEMA.

eléctricamente dos incrementos son hechos. Por lo tanto este incremento puede ser hecho satisfactoriamente. Sin embargo en los frames largos (286,326,365 etc),dos escalas de incremento en los HP'S se incrementan también eléctricamente a dos escalas de incremento mecánico. Por lo tanto hacer tal cambio es más peligroso. Cuando el tamaño del frame no es conocido, las densidades de flujo deberán ser calculadas para los dos incrementos de HP'S. Refierase a la discusión de densidades de flujo en las páginas y los ejemplos en las paginas de este tema.

Si usted comienza con un motor frame "T" para alta temperatura con aislamiento clase B, no incremente sus HP'S o su potencia a menos de que sea absolutamente necesario. Nunca incremente más allá de una escala en HP'S de la NEMA. Para el incremento de una escala use aislamiento clase F a través de frame 215 y aislamiento clase H para frame mayores. Los motores frame T de alta temperatura están limitados solamente para un incremento en la escala de HP'S debido a sus altas densidades magnéticas con alta saturación en el diseño original.

En el pasado muchos centros de reparación han reembobinado motores antiguos usando calibres más gruesos que los que usaba el fabricante o incrementando el sistema de aislamiento del embobinado y les dicen a sus clientes que el motor ha sido embobinado para tener mayores potencia de HP'S. Esto no es cierto. Los standares de la NEMA especifican que la cantidad del par de arranque y la cantidad de par máxima del motor que deberá producir de acuerdo a su HP'S nominales y velocidad nominal.

*Incrementando el tamaño del alambre o el sistema de aislamiento de una temperatura mayor no incrementa otros pares, por lo tanto los HP'S nominales no son incrementados.*

Incremento en el calibre del alambre reduce las pérdidas del embobinado y aumento de la temperatura a una carga dada. Por lo tanto el motor puede ser operado en una cierta sobrecarga mayor. Incrementando el sistema de aislamiento de temperatura también se permite operar el motor en mayor sobrecarga. Esto es el factor de servicio puede ser incrementado pero no los HP'S nominales. El factor de servicio es el porcentaje de sobrecarga que puede ser aplicado a un motor sin que se exeda la temperatura del sistema de aislamiento.

### EJEMPLO DE REDISEÑO

Datos de Placa - 5 HP, 1800 revoluciones por minuto, 230/460 Volts.

Datos del Embobinado - 36 Ranuras y bobinas, 22 vueltas por bobina,

Un alambre # 15, paso de 1-8, conexión 2 y una estrellas.

Rediseñar para 7 1/2 HP

$$T2 = 22 \sqrt{5/7.5} = 18 \text{ Vueltas por bobina}$$

Calibre # 15 tiene 3257 circular mils.  
De la página 1

$$CM2 = 3257 \times \frac{22}{18} = 3981$$

Un calibre # 20 es = a 1022 circular mils

Un calibre # 21 es = a 810 circular mils

$$(3 \times 1022) + 810 = 3876$$

Use 3 calibres 20 y un 21.

El paso y la conexión no cambian.

Los datos del nuevo embobinado son 18 vueltas por bobina, 3 calibres 20 y un 21, paso de 1-8 y conexión 2 y una estrella.



Si las nuevas vueltas no cierran a un número entero el número de circuitos en paralelo, el paso y/o la conexión deberán ser cambiadas (ligeramente).



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CAMBIO DE FRECUENCIA

Los cambios de frecuencia para motores no son calculados de la misma manera que otro tipos de aparatos eléctricos. La diferencia es ilustrada en las 2 fórmulas que siguen.

Potencia constante (HP o KW)

Par constante

$$T2 = T1 \sqrt{\frac{F1}{F2}}$$

$$T2 = T1 \times (F1/F2)$$

Dónde:

T2 = Son las nuevas vueltas por bobina.

T1 = Son las vueltas por bobina originales.

F1 = Es la frecuencia original.

F2 = Es la nueva frecuencia.

Quando un cambio es hecho en proporción inversa al cambio de frecuencia, como en el caso de otros aparatos las densidades de flujo permanecen igual. Si este método es usado en un motor el par de arranque libras pie y el par máximo permanecerían igual. Sin embargo la capacidad en HP'S esta basada en el porcentaje del par de arranque y el porcentaje de par máximo que el motor es capaz de producir con respecto al par de plena carga. La fórmula para calcular la potencia en HP'S o en caballos de fuerza de un motor es:

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

$$HP = \frac{\text{libras pie} \times \text{RPM}}{5252}$$

Quando la frecuencia cambia las revoluciones por minuto también cambian. Esto es si la potencia de HP'S desea mantenerse constante, el par en plena carga deberá variar en proporción inversa al cambio de velocidad. Con el fin de asegurar que el motor aún cumple con los requerimientos de la NEMA, el par de arranque y el par máximo deberán ser cambiados en proporción directa al cambio en el par de plena carga. Esto es hecho cuando las vueltas son cambiadas por el método de la raíz cuadrada.

Un motor puede ser siempre cambiado de 50 hertz a 60 hertz sin ninguna dificultad. Cuando un motor es cambiado de 60 a 50 hertz su corriente de plena carga y su

temperatura se incrementaran un motor abierto no se sobrecalentara cuando opera en su carga nominal. Este se sobrecalentara si opera a una carga de su factor de servicio. Por lo tanto el factor de servicio deberá ser cambiado a uno. La definición del factor de servicio de la NEMA permite este cambio. Un motor TEFC totalmente cerrado y enfriado por ventilador en un frame 286 o más pequeño no se sobrecalentara Para un frame 324 y mayor el aumento de temperatura del sistema de aislamiento deberá ser implementado en una escala.

Un cambio entre 60 hertz y 25 hertz normalmente incluye un cambio de polos con el fin de mantener la velocidad proximadamente igual. Cuando se este cambiando de 25 a 60 hertz el espesor de la laminación llega a ser importante, el espesor de la laminación para un motor de 60 hertz es aproximadamente .025 pulgadas. Algunos fabricantes, especialmente en motores antiguos, usaron espesor de laminaciones o laminaciones más gruesas en sus motores de 25 hertz. Si estos motores son rediseñados para 60 hertz con densidades normales, las pérdidas del núcleo y el aumento de temperatura seran bastante altas. Por lo tanto sus densidades deberán ser menores que las mostradas en la tabla de densidades recomendadas.

Un rediseño de 25 a 60 hertz puede resultar con problemas en el rotor. Si el diseño de 25 hertz es para operación en dos polos y el diseño de 60 hertz para 4 o 6 polos la sección transversal del área de los extremos del anillo de rotor deberá ser cortada a la mitad para incrementar la resistencia del rotor. Algunas veces sin embargo esto no es posible si la resistencia del rotor es demasiado baja el motor tomara mucha corriente de arranque y tendrá poco par de arranque. Mientras más polos se tengan en el motor menor será el efecto del los extremo del anillo o los anillos en el rotor que tengan que ver con su funcionamiento.

Si a un incremento grande en velocidad, compare los diámetros de rotores con la tabla de diámetros maximos con la velocidad.

#### Ejemplo de Rediseño

Datos de Placa - 25 HP, 1500 R.P.M., 230/460 Volts, 50 hertz.

Datos del núcleo y el Embobinado 60 Ranuras y Bobinas, 12 vueltas por Bobina, 2 alambres calibre 16, paso de 1-13, conexión 2 y 1 Deltas.

Rediseñar para 60 Hertz

$$T2 = 12 \times V \ 50/60 = 11$$

El alambre # 16 = 2583 circular mils.

$$CM2 = (2 \times 2583) \times \frac{12}{11} = 5636 \text{ circular mils.}$$

El alambre # 19 es = 1288 circular mils.

El alambre # 20 es = 1022 circular mils.

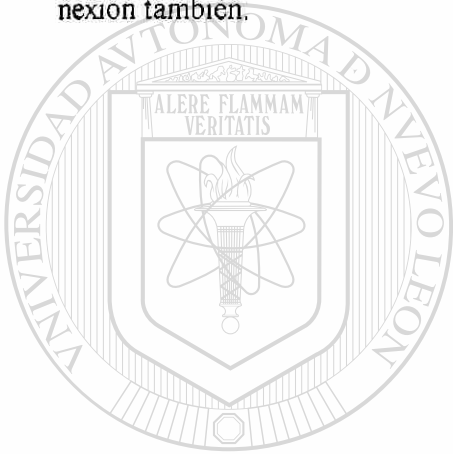
$$(2 \times 1288) + (3 \times 1022) = 5642 \text{ circular mils}$$

Use 2 alambres calibre 19 y 3 calibre 20.

El paso de la conexión no cambiara.

Nuevos Datos: 11 vueltas por bobina, 2 alambres calibre 19 y 3 calibre 20, paso de 1-13, conexión 2 y una deltas.

Si las vueltas por bobina no cierran a un numero entero será necesario cambiar el numero de circuitos en paralelo, el paso y/o la conexión también.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## CAMBIO DE CIRCUITOS EN PARALELO

Cuando las vueltas por bobina de un rediseño no cierran a un número entero, la parte fraccionaria de las vueltas puede ser eliminada por un cambio en el número de circuitos en paralelo. La fórmula es:

$$T2 = T1 \times \frac{N2}{N1}$$

Dónde: T2 = Las nuevas vueltas por bobina.

T1 = A las vueltas por bobina calculadas originales.

N2 = Nuevo número de circuitos.

N1 = Número original de circuitos.

Hay límites para el número de circuitos en paralelo que pueden ser usados en un rediseño de un motor:

1.- El número de circuitos no puede ser mayor que el número de polos. (Bajo ciertas condiciones es posible tener una conexión de 4 circuitos en un motor de 2 polos.)

2.- El número de polos necesita ser igual a ó ser un múltiplo de el número de circuitos en paralelo.

3.- Los embobinados con el número de grupos por bobina que den un número fraccionario conocidos como embobinado no congruentes o de ranura fraccionaria limita el número de circuitos en paralelo. Necesita haber el mismo número de bobinas en cada extremo del circuito en paralelo. ver tabla de embobinados no congruentes

Si el diseño original de un motor tiene pocas vueltas y calibres de alambre demasiado gruesos o muchos alambres, puede ser fácil el embobinado si el número de circuitos en paralelo son incrementados. Doblando el número de circuitos por ejemplo, dobla el número de vueltas por bobina y reduce el calibre a la mitad o reduce también el número de alambres a la mitad.

### Ejemplo de Rediseño

Primero hacemos un cambio de potencia.

Capacidad o Datos de Placa - 20 HP, 1200 RPM,  
230/460 volts.

Datos del embobinado - 54 Ranuras y Bobinas, 14 vueltas por bobina,  
1 calibre # 14 y 1 # 15, paso 1-8, conexión  
2 y 1 Delta.

Cambiar a 25 HP, 460 volts solamente.

$$T2 = 14 \sqrt{20/25} = 12.5$$

Si la conexión en 440 es cambiada a 2 Delta.

$$T2 = 12.5 \times 2/1 = 25$$

Si el voltaje permanece en 230/460 volts, el rediseño no podría ser hecho de esta manera. Para esto deberá de hacerse una conexión de 4 y 2 deltas en paralelo. Puesto que 6 no es un múltiple de 4 (la segunda regla anterior), una conexión de 4 circuitos no puede ser usada para un motor de 6 polos. Los circuitos deberían haber sido cambiados a 6 y 3 deltas. Esto había dado 37.5 vueltas. Redondeando de 37.5 a 37 no es una desviación tan grande como redondeando el 12.5 a 12.

Calibre # 14 = 4107 circular mils

Calibre # 15 = 3257 circular mils

El área del circular mils de 1 calibre 14 y un calibre 15  
es 7364.

De la página 1.

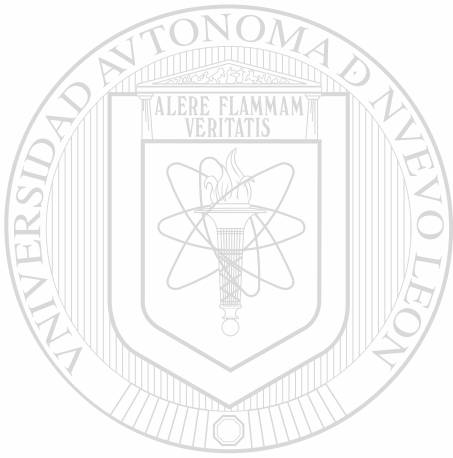
$$CM2 = 7364 \times 14/25 = 4124$$

Un numero 14 = 4107 circular mils

El paso permanece el mismo.

Los nuevos datos son 25 vueltas por bobina, un calibre #14  
paso de 1-8, conectado en dos vueltas en paralelo.

A veces puede ser necesario cambiar el paso y/o la conexión como también los circuitos en paralelo para tener un numero de vueltas cerrado.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CAMBIOS EN EL PASO O FACTOR DE PASO

Otro método de eliminar la parte fraccional de una vuelta cuando se esta haciendo un rediseño es cambiar el paso. Esto resulta en un nuevo factor de paso. La formula es:

$$T2 = T1 \times \frac{Kp1}{Kp2}$$

Dónde:

T2 = Las nuevas vueltas por bobina.

T1 = Las vueltas por bobina originales o calculadas.

Kp1 = Al Factor de paso original.

Kp2 = Al nuevo factor de paso.

El factor de paso es la razón de las vueltas efectivas de una bobina a las vueltas actuales.

El mejor paso a ser usado es uno en el cual tenga un factor de paso de 0.966. Esto corresponde a una relación del paso cortado al paso total polar de 0.833. Este es el paso más efectivo para eliminar los efectos adversos de las armónicas las cuales siempre están presentes en un motor o generador. Sin embargo, no es siempre posible obtener este paso. Por ejemplo, un motor de 36 ranuras, 4 polos no puede tener un pa - so con un factor de paso .966. Para mejores resultados mantenga el factor de paso entre .924 y .990. Esto puede ser fácilmente hecho en la mayor parte de los motores con 4 o más polos. Sin embargo, un motor de 2 polos con este factor de paso tan alto puede ser difícil de embobinar. Por lo tanto para motores de 2 polos, el paso deberá ser acortado hasta que el factor de paso se encuentre entre .707 y .866.

Un embobinado cortado deberá ser usado siempre que sea posible. Esto hace más cortas los extremos finales de la bobina, por lo tanto reduciendo la posibilidad de que interfieran con los extremos de las tapas del motor cuando este se ensamble. Esto también reduce la magnitud de las armónicas en el en el entrehierro y reduce las reactancias de fuga, por lo tanto mejorando el funcionamiento del motor. El paso de un embobinado cortado es siempre más corto que el paso de un embobinado de paso completo. El factor de paso para un embobinado de paso completo es 1.0.



EL único caso dónde no es posible utilizar un embobinado cortado es cuando hay solamente una ranura con una sola fase tal como el caso de un motor con 36 ranuras, 12 polos. El factor de paso más alto posible con un embobinado cortado en este caso es .866. Por lo tanto será mejor usar paso completo en lugar de usar el embobinado paso acortado.

Cuando las ranuras por polos no están enlistadas en la tabla (página 99) el factor de paso puede ser calculado por la formula mostrada a continuación de la tabla.

### Ejemplo de Rediseño

Comenzaremos con un cambio en caballos de potencia.

Datos de placa.- 20 HP, 1200 RPM, 230/460 volts.

Datos- 54 ranuras y bobinas, 14 vueltas por bobina, 1 alambre calibre 14 y un alambre calibre 15, paso de 1-8, conexión 2 y una delta.

Cambiar a 25 HP, 230/460 Volts.

Para cambios de HP:

$$T2 = 14 \sqrt{20/25} = 12.5$$

El paso deberá ser cambiado a 1-7 o 1-9. Un paso de 1-7 tiene un factor de paso de .866 y un paso de 1-9 tiene un factor de paso de .985. .985 esta dentro del rango recomendado para factores de paso mientras que .866 no por lo tanto, cambie el paso de 1-9.

$$T2 = 12.5 \times \frac{.940}{.985} = 12$$

1 Alambre calibre 14 = 4107 circular mils.

1 Alambre calibre 15 = 3257 circular mils.

El área del circular mils de un calibre 14 y un 15 son 7364. De la página 1

$$CM2 = 7364 \times 14/12 = 8591$$

Un alambre calibre 15 = 3257 circular mils.

Un alambre calibre 16 = 2583 circular mils.

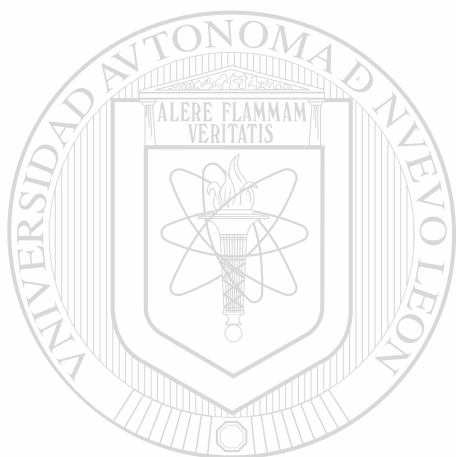
$$3257 + (2 \times 2583) = 8423 \text{ circular mils.}$$

Use un calibre 15 y 2 calibre 16.

La conexión permanece la misma.

Los datos del nuevo embobinado son 12 vueltas por bobina, un calibre 15 y 2 16, paso de 1-9, conectados en 2 y 1 deltas.

A veces puede ser necesario cambiar los circuitos y/o la conexión como también el paso para obtener las vueltas cerradas a un numero entero. Véanse las páginas 13 y 18.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CAMBIO EN LA CONEXIÓN DEL EMBOBINADO

Un tercer método de eliminar la parte fraccional de una vuelta cuando se está haciendo un rediseño es cambiando el tipo de conexión. Esto es cambiando de una conexión estrella a delta o de delta a estrella. Las dos fórmulas son dadas a continuación.

**Estrella a Delta.**

$$T_d = 1.73 T_y$$

**Delta a Estrella.**

$$T_y = 0.58 T_d$$

Dónde:

$T_y$  = Vueltas por bobina en la conexión de una estrella.

$T_d$  = Vueltas por bobina en la conexión delta.

Una conexión es estrella deberá ser usada siempre que sea posible. Una conexión de una estrella requiere menos vueltas, por lo tanto menos tiempo de embobinado. El uso de una conexión es estrella elimina la posibilidad de terceras armónicas o corrientes de triple frecuencia que estén presentes. Estas corrientes algunas veces ocurren pero en motores conectados en delta, circulando dentro de la delta. En motores grandes de bajo voltaje la conexión delta son algunas veces usada puesto que ello adquiere más vueltas lo cual da la posibilidad al diseño para llegar a unos cálculos más exactos.

Siempre que un cambio de este tipo es hecho a un motor de 9 terminales, asegúrese de cambiar la placa de conexiones. Los motores fallan rápidamente cuando son conectados externamente para una conexión equivocada.

Ejemplo de Rediseño

Comenzar con un cambio en caballos de potencia HP.

Datos de placa.- 30 HP, 1800 R.P.M., 230/460 volts.

Datos del embobinado.- 60 ranuras y bobinas, 10 vueltas por bobina 4.

alambres calibre 15, paso de 1-11, conectado 4 y 2 estrellas.

Rediseñano para 40 HP

$$T_2 = 10 \sqrt{30/40} = 8.66$$

Cambie la conexión de estrella a delta.

$$T2 = 1.73 \times 8.66 = 15.$$

El paso y los circuitos permanecerán igual.

Un calibre 15 = 3257 circular mils.  $4 \times 3257 = 130028$ .

De la página 1.

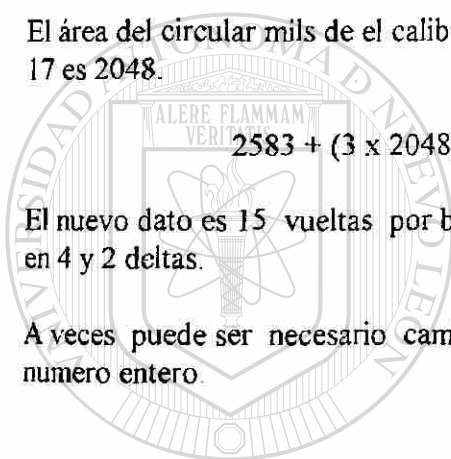
$$CM2 = 13028 \times 10/15 = 8685.$$

El área del circular mils de el calibre 16 es 2583 y el calibre numero 17 es 2048.

$$2583 + (3 \times 2048) = 8727.$$

El nuevo dato es 15 vueltas por bobina, 1 calibre 16 y 3 17es, paso de 1-11, conectado en 4 y 2 deltas.

A veces puede ser necesario cambiar los circuitos y/o el paso para obtener las vueltas al numero entero.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## LA FORMULA MAESTRA

Bastante común es necesario hacer más de un cambio a un motor o generador. Todos los cambios pueden ser trabajados simultáneamente. Para hacer esto una fórmula maestra ha sido desarrollada. Esta fórmula incorpora todas las fórmulas discutidas en las páginas anteriores (excepto el cambio de fase) más la fórmula para el cambio de polos.

$$T_2 = T_1 \times \sqrt{\frac{hp_1}{hp_2}} \times \sqrt{\frac{F_1}{F_2}} \times \sqrt{\frac{P_2}{P_1}} \times \frac{E_2}{E_1} \times \frac{Kp_1}{Kp_2} \times \frac{N_2}{N_1} \times CC$$
$$\sqrt{\frac{kw_1}{kw_2}}$$

Dónde:

E = Voltaje (De línea a línea).

HP = Caballos de potencia.

Kw= kilowatts

F = Frecuencia

Kp = Factor de paso

SubÍndice 1 = Si es el embobinado original

N = Circuitos en paralelo.

CC=1.73 Si el cambio es de estrella a delta.

CC= .58 Si el cambio es de delta a estrella

CC = 1.0 Si no hay cambio de conexión

P = Numero de polos.

SubÍndice 2 = Al nuevo embobinado .

Quando usted este trabajando con esta fórmula primero calcule T2 usando solamente cambios conocidos. Si el resultado no es número cerrado de vueltas, o cercano a un número cerrado otros cambios pueden ser llevados a cabo. Vease el ejemplo al final de esta parte.

Para un cambio en polos, el cálculo de las vueltas usando la fórmula maestra es solo el principio. Un cambio en polos siempre requiere un cálculo de las densidades de flujo. Puesto que las densidades necesitan ser calculadas T2 no necesita ser un número entero pero puede ser redondeado al valor más cercano a este número entero.

## EJEMPLO DE REDISEÑO

Datos de placa.- 100 HP, 2200 Volt, 4 polos, 25 Hertz.

Datos del embobinado.- 72 ranuras y bobinas, 13 vueltas por bobna, paso de 1-5, conexión de una estrella.

Rediseñar para 200 HP, 440 Volts, 4 Polos, 60 Hertz.

Voltaje, caballos de potencia y frecuencia son los cambios conocidos. Los polos no cambiarán. A este punto no se sabe si el factor de paso, número de circuitos o el tipo de conexión será cambiada. Considerando aquí solamente los cambios conocidos:

$$T2 = \frac{13 \times 440}{2200} \times \sqrt{100/200} \times \sqrt{25/60} = 1.19 \text{ Vueltas.}$$

Es evidente que otros cambios tendrán que ser hechos. Otros cambios que pueden ser hechos (factor de paso, número de circuitos, tipo de conexión) deberán ser considerados y calculados uno a uno. Un cambio en el paso (factor de paso) resulta en un cambio muy pequeño en el número de vueltas comparado con los otros 2 métodos. En este punto un cambio en el paso no será muy bueno por lo tanto un cambio de circuitos o un cambio a delta deberá ser hecho.

Si hacemos un cambio a una conexión delta:

$$T2 = 1.73 \times 1.19 = 2.06$$

El número de vueltas es aún muy pequeño.

Puesto que hay el mismo número de bobinas en cada grupo, el máximo número de circuitos en paralelo es 4.

Cambiando a 4 circuitos:

$$T2 = 2.06 \times \frac{4}{1} = 8.24$$

Un cambio en factor de paso puede haberse echo para eliminar la parte fraccional de una vuelta. Puesto que la parte fraccional de la vuelta es menor que en un medio, el paso deberá ser incrementado de tal manera que las vueltas calculadas decrezcan. Incrementando el paso de 1-16 hace que el factor de paso sea .966 el cual esta dentro del rango recomendado.

$$T2 = 8.24 \times \frac{.940}{.966} = 8.0$$

Un paso de 1-14 pudiera haber sido usado, aún que este factor de paso (.906) no cabe dentro del rango recomendado, si el calculo de las vueltas antes del cambio de paso pudiera estar entre 8.5 y 9.

Nuevos datos.- 8 vueltas por bobina, paso de 1-16, conexión 4 deltas. Un cambio de tamaño de alambres deberá también llevarse a cabo.

Este ejemplo fue usado puesto que cada cambio con excepción del cambio de fases y de polos pudo haberse trabajado. Debido al gran cambio en la velocidad o al gran cambio de frecuencia, es lógico que este rediseño debería ser seguido también por un cambio en el número de polos para estar dentro de la velocidad recomendada.

### ***NOTAS EN CAMBIOS NUMERO DE POLOS(CAMBIOS DE VELOCIDAD)***

#### **Densidades**

Siempre que un rediseño este hecho para un cambio de número de polos, es fuertemente recomendado que las densidades en el diente, el núcleo y el entrehierro sean calculadas. La tabla A da los rangos recomendados de los valores que deberán mantener el aumento de la temperatura dentro de los límites de el sistema de aislamiento clase A para frames o armazones tipo "U" y anteriores y dentro de los límites de sistema de aislamiento clase "B" para motores con frame o armazones tipo "T". Los motores antiguos deberán ser rediseñados hacia los valores inferiores del rango mientras que los nuevos motores pueden ser rediseñados hacia los lados superiores o mayores. Estos valores son para motores con un servicio continuo. Para motores con un servicio de 30 minutos en operación servicio intermitente las densidades pueden ser incrementadas aprox. un 22%.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CONVIRTIENDO EMBOBINADOS IMBRICADOS O A TRASLAPE A EMBOBINADOS CONCÉNTRICOS.

Con el fin de reparar pequeños motores más económicamente muchos centros de servicio han empezado a convertir Embobinados Imbricados o a traslape a Embobinados concéntricos.

Con el embobinado concéntrico es necesario embobinar solamente la mitad de la cantidad de bobinas, por lo tanto el tiempo de embobinado es grandemente reducido. Cuando los embobinadores pueden manejar bobinas concéntricas, el tiempo del embobinado del estrator es también reducido.

Los embobinados concéntricos no son tan eficientes como los embobinados Imbricados o a traslape. Sin embargo pequeños motores usualmente trabajan más frescos que la temperatura a la que son nominados. Por lo tanto una ligera pérdida en su eficiencia no causara que ellos se sobrecalienten. Motores medianos y largos (10 HP y mayores) originalmente diseñados con embobinados imbricados no deberían de ser convertidos a embobinados concéntricos a menos de que la aplicación pueda soportar un motor con un incremento de temperatura mayor. Esto necesitara usar un sistema de aislamiento con una capacidad de temperatura y una clasificación superior que el sistema original.

El primer paso es convertir las vueltas actuales por bobina hasta las vueltas efectivas por bobina. Esto es hecho multiplicando las vueltas por el factor de distribución y el factor de paso.

$$\text{Vueltas efectivas por bobina} = \text{A las vueltas actuales por bobina} \times K_d \times K_p$$

Dónde:

$K_d$  = A el factor de distribución.

$K_p$  = Factor de paso.

Las vueltas efectivas por bobina son a continuación multiplicadas por el numero de bobinas en cada grupo del embobinado Imbricado y por 2 para obtener las vueltas efectivas por polo del embobinado concéntrico. El numero 2 es usado para cambiar el Embobinado de 2 a un solo lado par ranura.

Esto corta el numero total de bobinas a la mitad.

Vueltas efectivas por polo = Las vueltas efectivas por bobina por el numero de bobinas por grupo y por 2

Las bobinas de un embobinado concéntrico tendrán el mismo numero de vueltas y serán conectadas para operación de un polo consecuente. Habrá solamente la mitad de



diferentes grupos como había en el embobinador Imbricado. Por lo tanto habrá tantas bobinas con un paso mayor que el paso completo como las hay para bobinas con un paso menor que el paso completo. Un número fraccionario de bobinas por grupo el paso de la bobina en medio deberá ser tal que el factor de paso es 1 ( paso completo ). Las vueltas actuales por bobinas son calculadas dividiendo las vueltas efectivas por polo por la suma de todos los factores de paso de las bobinas en el embobinador concéntrico.

$$\text{Vueltas por bobina actuales} = \frac{\text{Vueltas efectivas por polo}}{Kp1 + Kp2 + Kp3 + \dots}$$

Dónde:  $Kp1$  ,  $Kp2$  ,  $Kp3$  --- = Los factores de paso de las bobinas individuales en el embobinado concéntrico.

#### Ejemplo de Rediseño

Datos del motor - 1 HP, 1800 R.P.M., 230/460 volts.

Datos del embobinado - 36 ranuras y bobinas, 41 vueltas por bobina, Un calibre # 22 paso 1-8, conectado 2 estrellas y una estrella.

Rediseñar para convertir Embobinado Concéntrico

el factor de distribución es  $Kd = .960$ .

el factor de paso es  $Kp = .940$

Las vueltas efectivas por bobina son  $= 41 * .960 * .940 = 37.0$

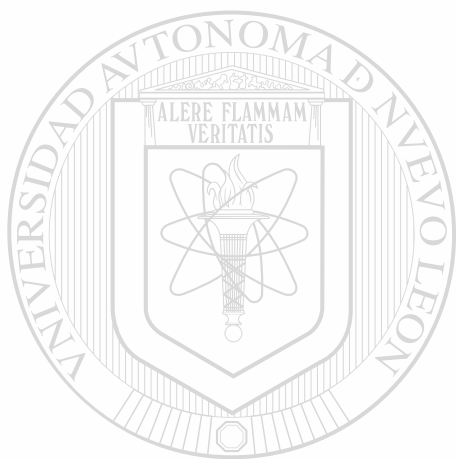
Las vueltas efectivas por polo  $= 37 * 3 * 2 = 222$

Habrà 6 grupos de 3 bobinas en el embobinado concéntrico. Los tres pasos para un motor de 36 ranuras 4 polos necesitan ser 1-8, 1-10, y 1-12. En la página 99 los factores de paso son .940, 1.0 y .940.

$$\text{Vueltas por bobina actuales} = \frac{222}{.940 + 1.0 + .940} = 77.$$

Puesto que hay pocas o menores vueltas por ranura que las que había en el embobinado imbricado el calibre de alambre permanecerá el mismo.

Nuevos datos: 36 ranuras, 18 bobinas, 77 vueltas por bobina, Un calibre 22, pasos de 1-8, 1-10, y 1-12, conectados 2 estrellas y una estrella.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## CAPITULO 11.

### ANÁLISIS, DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE MOTORES ELÉCTRICOS CA POR COMPUTADORA

#### DIAGNOSTICO, REDISEÑO Y DISEÑO DE MOTORES ELECTRICOS

#### POLIFASICOS DE RANURAS SEMICERRADA

ESTE PROGRAMA ES SUMINISTRADO PARA LA MICROCOMPUTADORAS IBM PC O COMPATIBLES, CON OPCIONES TALES COMO IMPRESORA, ETC. Y CONSISTE DE UN MANUAL DE OPERACION CON LAS INSTRUCCIONES COMPLETAS DE COMO USAR ESTE PROGRAMA EN FORMA EFECTIVA Y RAPIDA, PARA DISEÑAR EN FORMA PRECISA EMOBINADOS DE ESTADORES DE MOTORES POLIFASICOS DE INDUCCION. favor de leer las instruccioes basicas de su computadora y accesorios antes de operarlos:



fig.1

#### Instrucciones basicas (ver fig. 1 )

- 1.-Encendido:para encender su computadora presione el boton ON (ENCENDIDO) Introduzca el diskett con el sistema operativo
- 2.-Para usar su programa introduzca el disco en el drive A o B conecte el activador en el puerto paralelo (si este no esta conectado el programa no funcionara)

#### Ejemplo de operacion:

- 1.- seleccione la forma titulada "Rediseño de Motores de Electricos Trifasicos" y llene los datos generales.

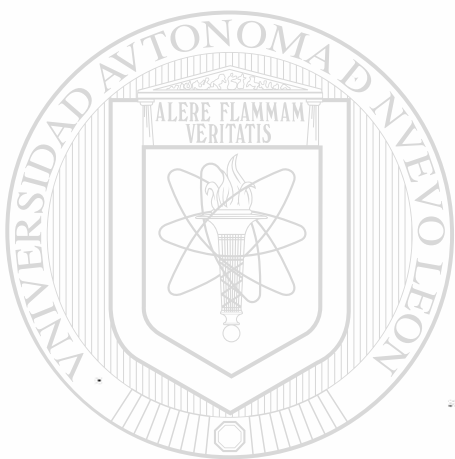
En la parte izquierda de la forma se indican lasabreviaciones de la pantalla de la computadora.

NOTA: Si ud. tiene la impresora (Consulte el manual de operacion) Conectela junto con el activador en el puerto paralelo

Las formas estan totalmente explicadas en detalle para que usted las siga paso a paso. ejemplos con explicaciones adicionales en detalle, es aconsejable que usted los realice antes

*antes de introducir un caso particular.*

*En Este ejemplo se tiene un motor de 125 HP'S; 1800 RPM 440 Volts. trifasico. Los datos completos aparecen en la pag.siguiente, recuerde que cuando aparece el signo =? la computadora pide un dato, por ejemplo HP (1) =? usted presione las teclas numericas 1 2 5, 125 aparecera en la pantalla, presione la tecla de Enter para que entre el dato en la memoria*



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



# REDISEÑO DE MOTORES ELECTRICOS TRIFASICOS

Datos tomados por \_\_\_\_\_ Firma \_\_\_\_\_

## DATOS DE PLACA ORIGINALES

HP \_\_\_\_\_ RPM \_\_\_\_\_ FRAME \_\_\_\_\_ FABRIC \_\_\_\_\_  
 No. DE SERIE = \_\_\_\_\_ FRECUENCIA \_\_\_\_\_ TEMP \_\_\_\_\_  
 VOLTS \_\_\_\_\_ AMPS \_\_\_\_\_ CUBIERTA \_\_\_\_\_ DISEÑO NEMA \_\_\_\_\_  
 VOLTS ROT. \_\_\_\_\_ AMPS ROT. \_\_\_\_\_ CONEXION ROT. \_\_\_\_\_

## DATOS EMBOBINADO ORIGINAL

# DE BOBINAS \_\_\_\_\_ VUELTAS/BOBINA \_\_\_\_\_ CALIBRE ALAMS \_\_\_\_\_  
 PASO 1 A \_\_\_\_\_ CONEXION \_\_\_\_\_ BOBINAS/GRUPO \_\_\_\_\_  
 POLOS \_\_\_\_\_ CIRCUITOS EN PARALELO \_\_\_\_\_

## DATOS NUCLEO

# RANURAS ESTATOR \_\_\_\_\_ SBI PROF. DEL NUCLEO \_\_\_\_\_  
 LONGITUD DEL NUCLEO \_\_\_\_\_ ANCHO DEL DIENTE \_\_\_\_\_  
 MENOS DUCTOS \_\_\_\_\_ DIAMETRO INTERNO \_\_\_\_\_  
 # DUCTOS DE AIRE \_\_\_\_\_  
 ANCHO DE DUCTOS \_\_\_\_\_  
 # DE RANURAS ROTOR \_\_\_\_\_

## REDISEÑAR PARA LA SIGUIENTE CAPACIDAD

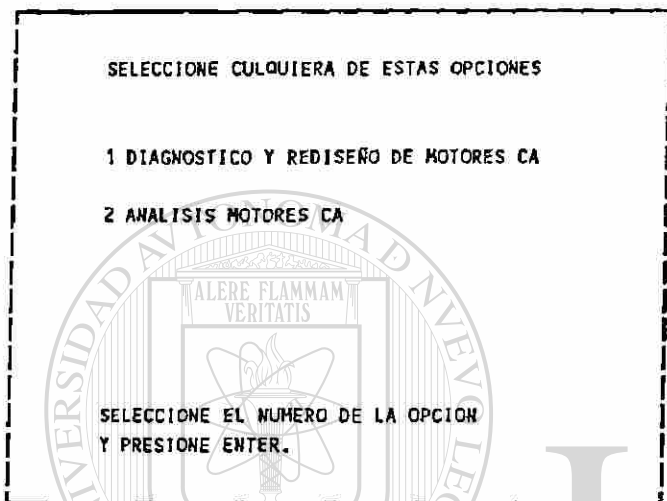
HP = \_\_\_\_\_ RPM \_\_\_\_\_ FASES \_\_\_\_\_ HERTZ \_\_\_\_\_  
 VOLTS \_\_\_\_\_ AMPS \_\_\_\_\_ POLOS \_\_\_\_\_ TEMP \_\_\_\_\_

## DATOS EMBOBINADO NUEVO

# BOBINAS \_\_\_\_\_ VUELTAS/BOBINA \_\_\_\_\_ CALIBRE/ALAM \_\_\_\_\_  
 PASO 1 A \_\_\_\_\_ CONEXION \_\_\_\_\_ BOBINAS/SGPO. \_\_\_\_\_ POLOS \_\_\_\_\_  
 DEN. FLUJO DIENTE \_\_\_\_\_ DEN FLUJO NUCLEO \_\_\_\_\_  
 CIR. MILS/AMP \_\_\_\_\_ DEN.FLUJO ENTRE HIERRO \_\_\_\_\_

ESTO APARECE EN LA PANTALLA AL CORRER EL PROGRAMA

<--- EN EL DRIVE A o B ESCRIBA "RED" LUEGO PRESIONE "<---|Enter|"



<--- SOLO EN DISCO DE 3.5

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

UN MOMENTO POR FAVOR



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

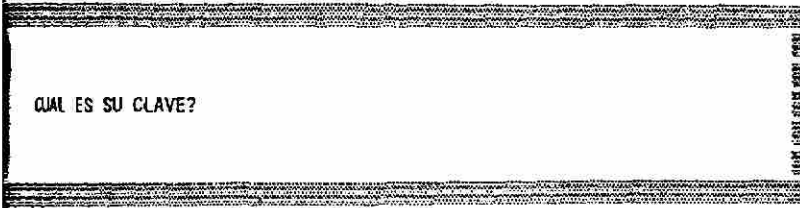
NOTA:

EL PROGRAMA ALMACENA DATOS EN EL DISKETT, POR LO TANTO NO DEBERÁ ESTAR PROTEGIDO CONTRA ESCRITURA, SI TIENE PROTECCIÓN CONTRA ESCRITURA EL PROGRAMA SE DETENDRÁ.

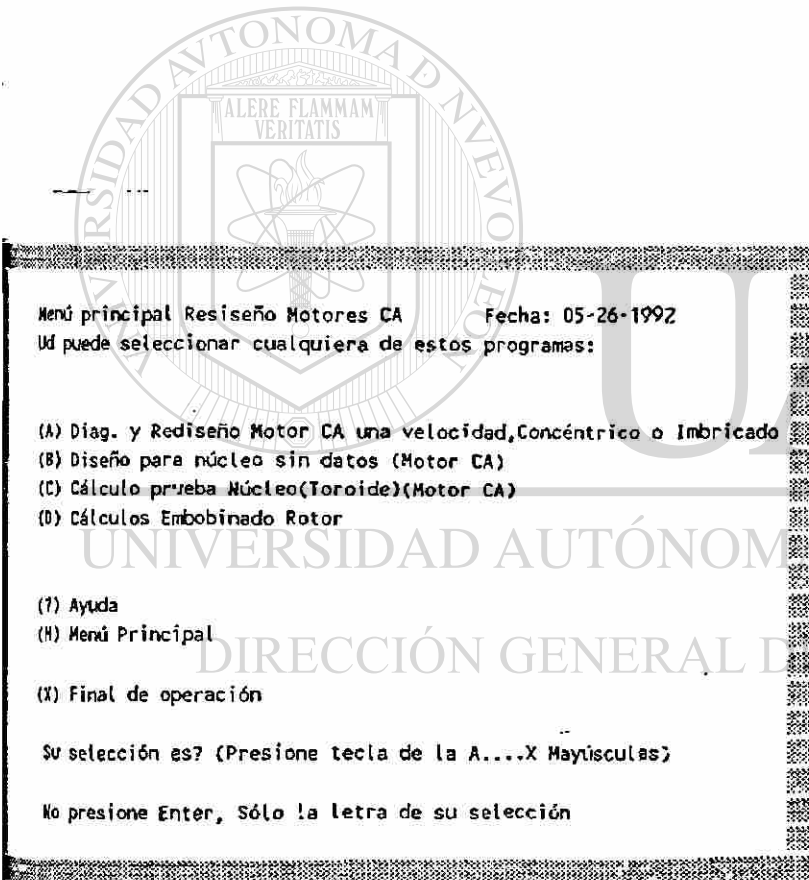
ANÁLISIS, DIAGNÓSTICO, REDISEÑO Y DISEÑO DE MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES

DR 1981, 1986, 1990

CUANDO TODAS LAS PRECAUCIONES EN LA PREPARACION DE ESTOS PROGRAMAS, SIN NO SE ASUME NINGUNA RESPONSABILIDAD POR ERRORES, OMISIONES, NI DAÑOS PRO POR EL USO DE LOS MISMOS.



2 espacios en blanco  
 ESCRIBA "SIETE" <--Enter  
 no aparece en pantalla



DE UN MOMENTO POR FAVOR

AQUI "NO" PRESIONE <---ENTER  
 SOLO LA LETRA SELECCIONADA

Monitor a Color Si(S) o No(N)? Entre (S) o (N) ? s

Cuál es su clave?

Menú principal Resiseño Motores CA Fecha: 11-16-1997

Ud puede seleccionar cualquiera de estos programas:

- REDISEÑO DE MOTORES TRIFASICOS CA Imbricado  
(A) DR. 1980, 1990, 1997 ING. ARMANDO PAEZ O.  
(B)  
(C)  
(D)

(?) Ayuda

(M) Menú Principal

(X) Final de operación

Su selección es? (Presione tecla de la A...X Mayúsculas)

No presione Enter, Sólo la letra de su selección



DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA  
TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 16:58:37

AYUDA -->?

Desea ud. ver Ejemplos 1,2,3,4, (No Ejemplo, Introduzca su caso)

- 1).- MOTOR 125 HPS, 440 V, 1800 RPM      4).-MOTOR 75 HPS, 460 V, 1175 RPM  
2).- MOTOR 60 HPS, 440V, 1800 RPM  
3).-Datos del último Motor Rediseñado

Presione solo ( ENTER ) Para su caso particular

Su selección es? 1

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA  
TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 16:58:55

(A) HPS Originales=..... 125      AYUDA -->?

(B) RPM Sincrónicas=..... 1800

(C) AYUDA REDISEÑO UNA VELOCIDAD

(D) Al hacer un rediseño tomar en cuenta lo siguiente:

- (E) 1.-La velocidad sincrónica no siempre es la que viene en la  
Da placa del motor, si la placa dice 1750 rpm la sincrónica  
(F) será 1800 rpm.  
(G) 2.-Las dimensiones del núcleo deberán medirse en forma precisa  
(H) en especial la de los dientes.  
(I) 3.-Las fracciones de pulgada deberán estar en decimal, por  
(J) ejemplo 1/4 es 0.250  
(K)

MO \_\_\_\_\_ Presione Enter o Esc. para continuar. \_\_\_\_\_

Presione Enter si el dato esta correcto o la letra de dato a corregir? ?

Si desea imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc

(A) HPS Originales=..... 125  
 (B) RPM Sincrónicas=..... 1800  
 (C) Voltaje nominal?(Si dual Sel.uno) VL(1)= 440  
 (D) Amperaje de línea=..... 144  
 (E) Frecuencia HZ=..... 60

Datos del Núcleo (del Estator) en pulgadas

(F) Diámetro Interior del Núcleo=..... 10.25  
 (G) Ancho del Diente=..... .25  
 (H) Longitud Núcleo Estator(menos ductos)=.. 9.5  
 (I) Profundidad del Núcleo SBI=..... 1.375  
 (J) Número de Ranuras del Estator..... 60  
 (K) Número de Ranuras del Rotor =..... 61

RPM = 1800 POLOS = 4 RANS. ESTATOR - ROTOR = -1 CHECAR TABLA 2  
 MOTOR CON RUIDO POR ARMONICAS DE RELACION DE RANURAS

Presione ENTER si el dato está correcto o la letra de dato a corregir?  
 Si desea Imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA  
 TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
 HORA : 16:59:14

Embobinado Original

(A) Vueltas por Bobina Originales = ..... 7  
 (B) Bobinas totales Originales =..... 60  
 (C) Paso 1 a ..... 13  
 (D) Conexión? Estrella(E) o Delta(D).....D  
 (E) Circuitos en paralelo al voltaje Selc. 2

Presione Enter si el dato esta correcto o la letra de dato a corregir?

Si desea imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA  
TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 16:59:27

- (1) Diferentes calibres =..... 2 Ayuda -->?  
 (2) El Calibre de Alamb. : 3 DE # 16.5  
 (3) AYUDA REDISEÑO UNA VELOCIDAD

Al hacer un rediseño tomar en cuenta lo siguiente:

El Diagnóstico se hará con los datos originales  
calculando las densidades y CM/AMP a partir de estos datos

El rediseño se puede hacer para cambios de:  
Velocidad(RPM), HPS, Frecuencia, Voltaje, etc.

Presione Enter o Esc. para continuar.

Presione Enter si el dato esta correcto o el Número de dato a corregir?

(D) diagnóstico de verificación o (R) ediseño Entre D o R? ?

Si desea imprimir estos datos presione SHIFT+Prt Sc

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA  
TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 16:59:27

- (1) Diferentes calibres =..... 2 Ayuda -->?  
 (2) El Calibre de Alamb. : 3 DE # 16.5  
 (3) El Calibre de Alamb. : 3 DE # 17

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Presione Enter si el dato esta correcto o el Número de dato a corregir?

(D) diagnóstico de verificación o (R) ediseño Entre D o R? D

Si desea imprimir estos datos presione SHIFT+Prt Sc

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA  
TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 17:00:31

Circular Mils Totales= 13047.78  
 Grupos =..... 12  
 Volts por bobina = .. 44  
 VOLTS POR BOBINA DEBEN SER MENORES DE 40 VOLTS, PARA MOTORES 220/440  
 Bobinas por grupo = .. 5  
 El máximo número de circuitos en paralelo es 4  
 Paso reco. mínimas armónicas 1 a 13.5 (5ta y 7ma), 11 (3era)  
 Factor de distribución Kd = .9566934

Barra Espaciadora para continuar

Si desea imprimir presione Shift+Prt Sc

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA  
 RIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
 HORA : 17:00:58

tos para 440 Volts y conexión 2 Circuito(s) en paralelo Ayuda -->?

AYUDA REDISEÑO UNA VELOCIDAD

- el Si se esta verificando deberá seleccionarse el número de
- 3. vueltas originales a un número entero, junto con la
- 3. correspondiente conexión y paso.
- 3.
- 4. Si se está rediseñando deberá seleccionarse el número de
- 4. vueltas mas cercanas a un número entero, junto con la
- 4. correspondiente conexión y paso.

Para mínimo efecto armónicas de preferencia debe seleccionarse el paso recomendado. (para 2 polos deberá ser menor) N? ?

Presione Enter o Esc. para continuar.

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA  
 RIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
 HORA : 17:00:58

tos para 440 Volts y conexión 2 Circuito(s) en paralelo Ayuda -->?

Altas, 2 Estrella(S)	Paso 1 a	Fac. Paso	Vueltas, 2 Delta(S)
3.86	16	1.000	6.69
3.88	15	0.994	6.72
3.95	14	0.978	6.84
4.06	-MIN. 5A Y 7A ARMONS-> 13	0.951	7.03
4.23	12	0.913	7.32

4.46 -MIN.3RA ARMONICAS--> 11 ----- 0.866 -- 7.72

Cambio de vueltas cambiando el No. de circuitos en paralelo? Entre S o N? N  
Seleccione el dato más cercano a un número entero de Vueltas

CONEXION (E)strella o (D)elta ? D Vueltas? 7 Paso 1 a ? 13  
Análisis de Armónicas (S) o (N)? S  
Imprimir presione Shift+Prt Sc Barra Espaciadora para continuar

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA  
TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 17:00:58

Datos para 440 Volts y conexión 2 Circuito(s) en paralelo Ayuda -->?

AYUDA REDISEÑO UNA VELOCIDAD

- 1. El análisis de armónicas cácula el factor de paso (Kph),
- 3. el factor de distribución (Kdh) de las componentes armónicas-
- 3. del embobinado de acuerdo al paso y el número de polos.
- 3.
- 4. También cácula Kdph/h que es el producto de (Kph x kdh)/h
- 4. dónde h es el orden de la armónica.
- 4.

Presione Enter o Esc. para continuar.

Cambio de vueltas cambiando el No. de circuitos en paralelo? Entre S o N? N  
Seleccione el dato más cercano a un número entero de Vueltas

CONEXION (E)strella o (D)elta ? D Vueltas? 7 Paso 1 a ? 13  
Análisis de Armónicas (S) o (N)? ?  
Imprimir presione Shift+Prt Sc Barra Espaciadora para continuar



DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA  
TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 17:00:58

Datos para 440 Volts y conexión 2 Circuito(s) en paralelo Ayuda -->?

Vueltas, 2 Estrella(S)	Paso 1 a	Fac. Paso	Vueltas, 2 Delta(S)
3.86 -----	16 -----	1.000 --	6.69
3.88 -----	15 -----	0.994 --	6.72
3.95 -----	14 -----	0.978 --	6.84
4.06 -MIN.5A Y 7A ARMONS-->	13 -----	0.951 --	7.03
4.23 -----	12 -----	0.913 --	7.32
4.46 -MIN.3RA ARMONICAS-->	11 -----	0.866 --	7.72

Cambio de vueltas cambiando el No. de circuitos en paralelo? Entre S o N? N  
Seleccione el dato más cercano a un número entero de Vueltas

CONEXION (E)strella o (D)elta ? D Vueltas? 7 Paso 1 a ? 13

análisis de Armónicas (S) o (N)? S

a Imprimir presione Shift+Prt Sc ~~=====~~ Barra Espaciadora para continuar ~~=====~~

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997				FECHA: 11-16-1997 HORA : 17:02:34	
Análisis de Armónicas h = Orden de la Armónica, Paso 1 a 13					
Armónica h	Kp(h)	Ká(h)	Kdp(h)/h	CONEX. DELTA	AYUDA -->?
-----> Paso 1 a 14					
1	0.978	0.957	0.936		
3	-.809	0.647	-.175		
5	0.500	0.200	0.020		
7	-.105	-.149	0.002		
-----> Paso 1 a 13					
1	0.951	0.957	0.910		
3	-.588	0.647	-.127		
5	0.000	0.200	0.000		
7	0.588	-.149	-.013		
-----> Paso 1 a 12					
1	0.914	0.957	0.874		
3	-.309	0.647	-.067		
5	-.500	0.200	-.020		
7	0.978	-.149	-.021		
sea cambiar a otro Paso (S) o (N)?				Para Imprimir presione Shift+Prt Sc	

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997				FECHA: 11-16-1997 HORA : 17:02:50		
DENSIDADES DE FLUJO EN LIN/PLG <sup>2</sup> , COMPARAR CON TABLA 1						AYUDA -->?
ZONA	CALCULADO	RAN.ABIER	PRE.NEMA	ORI.NEMA	NEMA U	NEMA T
GAP	53,245.16	36,000	40,000	42,000	45,000	60,000
MIENTE	120,324.06	75,000	75,000	90,000	100,000	120,000
NUCLEO	104,508.45	75,000	75,000	80,000	85,000	115,000
NEMA U = CLASE <A> 115°C, NEMA T = CLASE <B> 130°C , DATOS PARA 60 HZ						
sea cambiar los HPS?, Entre S o N? N						

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997				FECHA: 11-16-1997 HORA : 17:03:02		
--	--	--	--	--------------------------------------	--	--

El Embobinado tendrá 7 Vueltas CM/AMP= 312.4282  
 Aprox.... 13047 Circular Mils  
 El paso será de 1 a.. 13  
 Calibre= 9 , Alambres en Paralelo = 1 (O COMBINACION EQIV.)

MOTOR TOTALMENTE CERRADO ALAMBRE MAGNETO <B>				ABIERTO <B>	ABIERTO <A>
900 RPM	1200 RPM	1800 RPM	3600 RPM	GRAL	GRAL
800 CM/AMP	575 CM/AMP	470 CM/AMP	390 CM/AMP	330 CM/AMP	430 CM/A
2.5 A/mm <sup>2</sup>	3.4 A/mm <sup>2</sup>	4.2 A/mm <sup>2</sup>	5.0 A/mm <sup>2</sup>		

La conexión para 440 Volts será de 2 Deltas  
 Nueva capacidad es 125 HPS, 4 Polos, 60 HERTZ, 440 Volts, 1800 RPM  
 Desea ver tabla de calibres si(S) o no(N)? S

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA  
 TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
 HORA : 17:03:02

El Embobinado tendrá 7 Vueltas CM/AMP= 312.4282  
 Aprox.... 13047 Circular Mils  
 El paso será de 1 a.. 13  
 Calibre= 9 , Alambres en Paralelo = 1 (O COMBINACION EQIV.)

TABLA DE CALIBRES AWG

1.-DESEA VER TABLA DE CALIBRES MEDIOS ½

Cal.	DIAM.	Circ.	Cal.	DIAM.	Circ.	Cal.	DIAM.	Circ.
AWG	Mils	Mils	AWG	Mils	Mils	AWG	Mils	Mils
7	144.3	20820	17	45.3	2050	27	14.2	202
8	128.5	16510	18	40.3	1620	28	12.6	159.0
9	114.4	13090	19	35.9	1290	29	11.3	128
10	101.9	10380	20	32.0	1020	30	10.0	100
11	90.7	8230	21	28.5	812	31	8.9	79.2
12	80.8	6530	22	25.3	640	32	8.0	64.0
13	72.0	5180	23	22.6	511	33	7.1	50.4
14	64.1	4110	24	20.1	404	34	6.3	39.7
15	57.1	3260	25	17.9	320	35	5.6	31.4
16	50.8	2580	26	15.9	253	36	5.0	25.0

↑ ↓ ← o Esc Para CONTINUAR

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA  
 TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
 HORA : 17:03:02

El Embobinado tendrá 7 Vueltas CM/AMP= 312.4282  
 Aprox.... 13047 Circular Mils  
 El paso será de 1 a.. 13  
 Calibre= 9 , Alambres en Paralelo = 1 (O COMBINACION EQIV.)

TABLA DE CALIBRES AWG

TABLA DE CALIBRES AWG ½

Cal.	DIAM.	Circ.	Cal.	DIAM.	Circ.	Cal.	DIAM.	Circ.
AWG	Mils	Mils	AWG	Mils	Mils	AWG	Mils	Mils
4½	193.1	37288	15½	54.0	2916	26½	15.0	225
5½	172.0	29584	16½	48.1	2314	27½	13.4	180
6½	153.2	23470	17½	42.8	1832	28½	12.0	144
7½	136.4	18605	18½	38.1	1452	29½	10.7	115
8½	121.5	14762	19½	34.0	1156	30½	9.5	90.3
9½	108.2	11707	20½	30.3	918	31	8.9	79.2
10½	96.3	9274	21½	26.9	724	32	8.0	64.0
11½	85.8	7362	22½	24.0	576	33	7.1	50.4
12½	76.4	5837	23½	21.4	458	34	6.3	39.7
13½	68.1	4638	24½	19.0	361	35	5.6	31.4
14½	60.6	3672	25½	16.9	286	36	5.0	25.0

Presione Enter o Esc. para continuar.

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 17:05:50

Análisis de Armónicas h = Orden de la Armónica, Paso 1 a 13  
Armónica h Kp(h) Kd(h) Kdp(h)/h CONEX. DELTA AYUDA -->?  
AYUDA REDISEÑO UNA VELOCIDAD

El análisis de armónicas calcula el factor de paso (Kph), el factor de distribución (Kdh) de las componentes armónicas del embobinado de acuerdo al paso y el número de polos.

También calcula Kdph/h que es el producto de (Kph x kdh)/h donde h es el orden de la armónica.

Kdph/h deberá ser lo más pequeño posible

Si la conexión es delta las 3eras armónicas deberán ser lo más bajo posible.

Presione Enter o Esc. para continuar.

5	-.500	0.200	-.020
7	0.978	-.149	-.021

¿Desea cambiar a otro Paso (S) o (N)? ? Para Imprimir presione Shift+Prt Sc

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 17:09:07

Datos Rediseño

- (1) Nuevos HPS HP(2)=..... 75
- (2) Nuevo voltaje (para dos circ. en para.) 440
- Ampers.....= 86.4
- (3) Nueva Frecuencia..... 60
- (4) RPM Sincrónicas de Nuevo Diseño..... 1200

POLOS = 6 RANS. ESTATOR - ROTOR = -24 CHECAR TABLA 2

El Rediseño será de 75 HPS, 440 Volts, 60 HZ, 6 Polos, 86.4 AMPS

Presione Enter si el dato esta correcto o el número de dato a corregir?



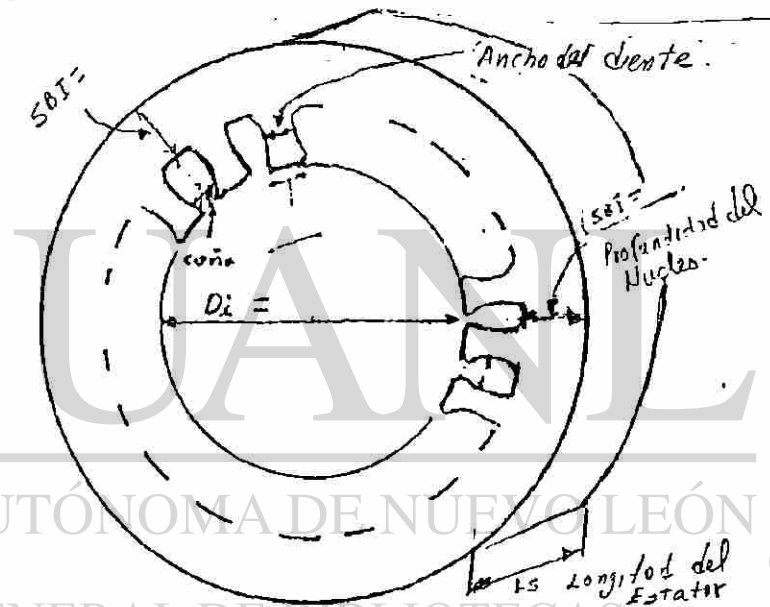
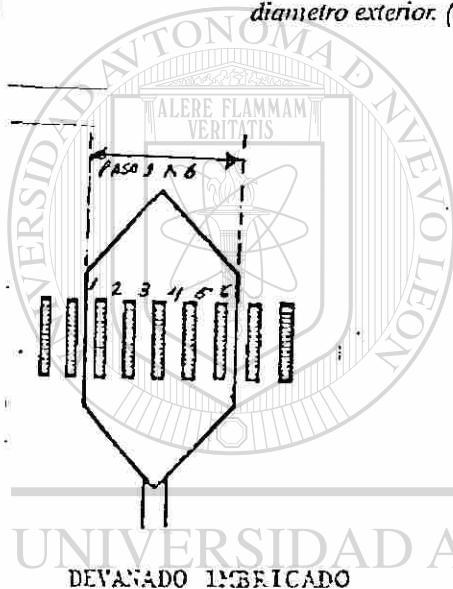
Los siguientes datos del nucleo (dimensiones en pulgadas) deben ser cuidadosamente medidas.

a) DIAMETRO INTERNO (PLG.)  $DI = ?$  Diametro interior del nucleo en pulgadas, las fracciones deben estar en decimal, por ejemplo 10.25 "por 10 1/4".

b) ANCHO DEL DIENTE = ? Ancho del diente medido en la parte mas angosta de este (en pulgadas) las fracciones deben estar en decimal, por ejemplo 0.25 en lugar de 1/4"

c) LONG. NUCLEO ESTATOR (MENOS DUCTOS) = ? Longitud del estator restando cualquier longitud de separadores de laminacion (ductos de aire)

d) PRF. NUCLEO. = ? (SBI) Profundidad del nucleo la distancia del final de la ranura al diametro exterior. (ver figura)



d) # RANURAS ESTATOR = ....? Cuente el numero de ranuras e introduzca este dato en la computadora.

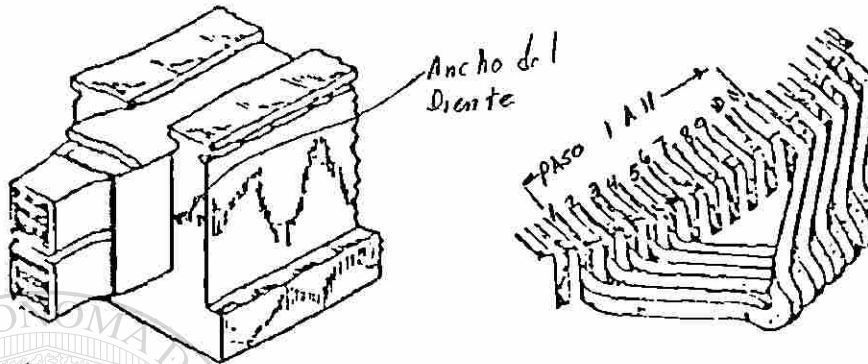
Quando la computadora da un resultado aparece el concepto seguido del signo de igual (=) por ejemplo CIRCULAR MILS TOTALES = .....13,047.78 Y SIGNIFICA QUE LOS CIRCULAR MILS TOTALES SON 13,047.78 En los datos del embobinado el programa podra recibir cualquier numero diferente de calibres el cual se especificara

cuando aparesca "CUANTOS CALIBRES DIFERENTES DE ALAMBRES?", posteriormente la computadora solicitara cada calibre

(CUAL ES EL CALIBRE DEL PRIMER ALAMBRE = ?),

pedira el numero de alambres en paralelo de cu (CUANTOS ALAMBRES EN PARALELO?) y calculara los circular mils

totales de todos los calibres y alambres en paralelo



\*El paso de bobina distancia en ranuras de un extremo de la bobina al otro (ver fig. paso de 1 a 11)

**\*Paso 1 A:**

Es el paso de bobina calculado por la computadora, para motores de más de 2 polos, esto es para motores de 4, 6, 8, o más polos.

El valor calculado será el más recomendado, pero si con este valor las DENSIDADES DE FLUJO Y CMIAMP NO ESTAN DENTRO DE LOS RECOMENDADOS POR LA TABLA DE DATOS DE DISEÑO DE MOTORES, UD. PUEDE PROBAR VALORES ALREDEDOR DEL DADO, desde PP (paso polar completo), hasta  $(.72 \times PP)$ .

Si su caso es de 2 polos la computadora da un rango de valores recomendados, usted deberá probar algunos de estos valores hasta obtener las mejores densidades de flujo y circular milts por amper de acuerdo a los recomendados en la tabla de datos de diseño de motores.

\*El factor de paso  $k_p$  para 4 polos o más debe ser entre 0.924 y 1.00 (el mejor es 0.966). para 2 polos el factor de paso  $k_p$  debe ser entre 0.707 y 0.866

Para diagnosticar si el motor está correcto, compare los valores de densidad de flujo en el diente, Gap (entre hierro) y el núcleo y la densidad del cobre, con los valores dados en la hoja de "Datos de diseño de motores." (TABLA 1)

Si desea diagnosticar o checar para otro valor diferente de claro de bobina seleccione la línea de la tabla de diferentes pasos y conexiones delta o estrella

SI LAS DENSIDADES DE FLUJO ESTAN DENTRO DE LOS LIMITES RECOMENDADOS EL MOTOR FUNCIONARA SATISFACTORIAMENTE SI LAS DENSIDADES ESTAN ARRIBA DE LOS LIMITES RECOMENDADOS EL EMBOBINADO DEBERA SER DEBILITADO AUMENTANDO EL NUMERO DE VUELTAS O DEBERA USARSE UN SISTEMA DE AISLAMIENTO PARA MAS ALTA TEMPERATURA.

# DATOS DE DISEÑO DE MOTORES DE INDUCCION TRIFASICOS DE PROPOSITOS GENERALES, RANURA SEMICERRADA.

## DENSIDADES DE FLUJO (LINEAS/PLG.)

ZONA	PRE NEMA FRAMES	ORIGINAL NEMA FRAMES	NEMA "U"FRAMES"	NEMA T"FRAMES"
GAP	40,000	42,000	45,000	55,000 60,000
DIENTE	75,000	90,000	100,000	120,000
NUCLEO	75,000	80,000	85,000	115,000

## DENSIDADES DEL COBRE (CM/AMP)

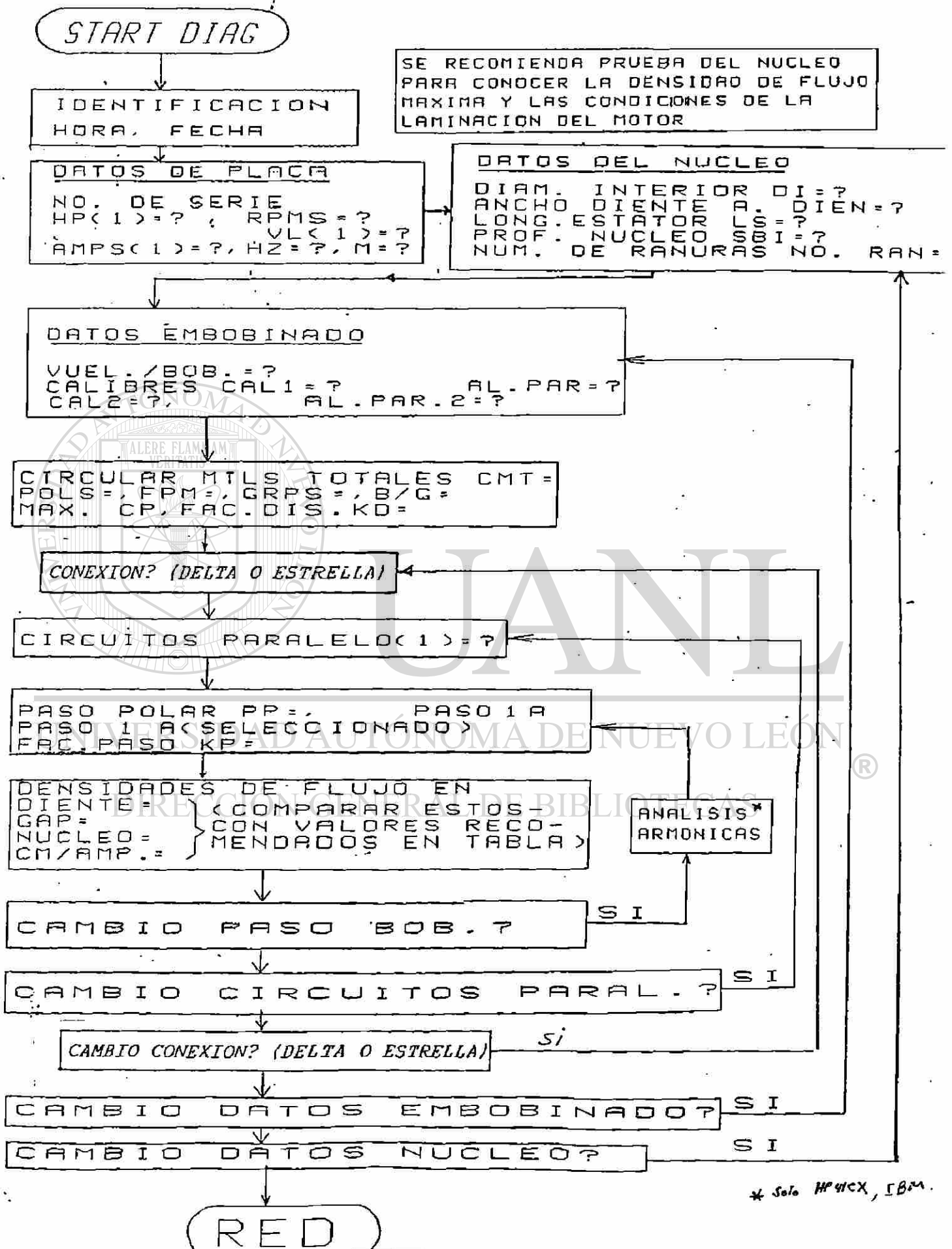
MOTOR	ISL				
DPFC	B,F	350	350	350	275
TEFC	B,F	600	600	600	600

LOS VALORES CALCULADOS DE LAS DENSIDADES PREFERENTEMENTE DEBERAN ESTAR DENTRO DE + 0 - 5% DE LOS VALORES DE LA TABLA

(EN MOTORES DE PROPOSITOS ESPECIALES LAS DENSIDADES PUEDEN VARIAR DE +, - 10-20%)

LOS VALORES CALCULADOS DE LA VELOCIDAD PERIFERICA DEL ROTOR DEBERA SER MENOR DE 10,000 PIES/MIN.

# DIAGRAMA DE FLUJO DIAGNOSTICO



## REDISEÑO DEL MOTOR DE INDUCCION

### REDISEÑO DEL MOTOR DE INDUCCION:

*El programa hace los calculos "necesarios" para el rediseño de motores donde usted puede hacer cualquiera de los sig.cambios:*

- a) Cambio de potencias HP'S
- b) Cambio de voltaje (Volts)
- c) Cambio de conexion delta o estrella (Estre)
- d) Frecuencia (Hz) ciclos por segundo.
- e) Velocidad (RPM) por lo tanto numero de polos.
- f) Numero de circuitos en paralelo.
- g) Cambio del paso de la bobina, calibres etc.

*Es recomendable leer la bibliografía Sobre el tema puesto que la computadora hace todos los calculos pero el criterio final sera del diseñador (La bibliografía aparece al final de este instructivo).*

*Al hacer un rediseño tomar en cuenta los siguientes aspectos:*

- 1.- *Hacer un diagnostico con los datos originales*
- 2.- *Checar que la relacion de ranuras del estator al rotor no causara problemas, para esto reste el numero de ranuras del rotor de el numero de ranuras del estator y ver si la diferencia aparece en la tabla. (pag.2-3) (tabla 12)*
- 3.- *Checar la velocidad periferica del rotor en pies por minuto (FPM) calculada por la computadora debe ser menor de 10,000 pies/minuto en rotores jaula de ardilla y menor de 7,000 pies/min. en rotores embobinados de anillos.*
- 4.- *Checar las condiciones de la laminacion del nucleo y si se tiene duda hacer una prueba toroide de perdidas del nucleo checando las perdidas por libra y zonas calientes en la laminacion.*
- 5.- *Si el numero de bobinas por grupo es un numero fraccionario ver la combinacion de bobinas en la tabla de embobinados no congruentes*
- 6.- *Para motores con servicio de 30 minutos las densidades pueden incrementarse en un 22% aproximadamente.*

7.- Las altas densidades de flujo pueden ser usadas con aislamientos para alta temperatura, Si el motor fue originalmente diseñado con un sistema de aislamiento clas "A", las densidades maximas permisibles para un aislamiento clase "B" deberan ser 15% arriba de los valores de la tabla 25% para aislamiento clase "F" y 35% con aislamiento clase "H".

8.- Tenga cuidado al seleccionar el tipo de conexion (Estrella o delta) y cuantos circuitos en paralelo utilizara, principalmente cuando el embobinado tiene un numero fraccionario de bobinas por grupo (Embobinado no congruente).

9.- Un motor nunca debera ser rediseñado a dos polos (3600 RPM) con un incremento en potencia (HP'S) en relacion inversa a la razon del cambio de polos. En la mayoria de los casos los HP'S no pueden ser incrementados y algunas veces debera disminuir (dependiendo de las densidades de flujo).

#### MAXIMUM ROTOR DIAMETERS

POLES	Inches			Centimetros		
	60 HZ	50 HZ	25 HZ	60 HZ	50 HZ	25 HZ
2	10.6	12.7	25.5	26.9	32.3	64.8
4	21.2	25.5	50.9	53.85	64.8	129
6	31.8	38.2	-	80.8	97.0	-
8	42.4	50.9	-	107.7	129	-

Para hacer un rediseño tome una de las formas tituladas "Rediseño del motor de Induccion." Antes de iniciar el rediseño debera hacerse un diagnostico del motor con su datos originales, esto nos permitira conocer las densidades de flujo en el diente, gap (entre hierro) y nucleo, asi como la densidad del cobre en CM/AMP. Estos valores deberan tomarse en cuenta al hacerse el rediseño. Una vez hecho el diagnostico le ira pidiendo los datos y dando los resultados los cuales vienen explicados en detalle en las formas correspondientes. Aqui haremos algunas observaciones importantes.

#### \* CONEXION :

En el tipo de conexion usted debera decidir entre Delta o Estrella (Segun el tamaño del motor, para HP 40 EN 440 VOLTS se recomienda la conexion Delta.)

#### \* RPM SINCRONICAS DE NUEVO DISEÑO = ?

Las RPM son las revoluciones por minuto sincronicas del rediseño, no las de plena carga, asi por ejemplo 1750 debera usar 1800.

#### \* FPM:

Velocidad periferica del rotor (en pies por minuto) esta debera ser menor de 10,000 pies/min., para rotores jaula de ardilla y menor de 7000 FPM para rotores devanados.

#### \* BOBINAS POR GRUPO =

Bobinas por grupo, este valor generalmente es un valor entero por (ejemplo 3 o 4 tec.), en caso

de ser un valor fraccionario por (ejemplo 3.33), este es un caso especial de un devanado no congruente los grupos de bobina no seran todas iguales (consultar bibliografia y tablas de embobinado).

**\* - GRUPOS DE - BOBINAS, - GRUPOS DE - BOBINAS**

Este solo aparecera cuando el numero de bobinas por grupo sea un numero fraccionario y nos dara cuantas bobinas tiene cada grupo, la forma como se distribuyan puede consultarse en la bibliografia.

**\*DESBALANCE:**

Si aparece este letrero significa que el embobinado estara desbalanceado y **NO SE RECOMIENDA UNA CONEXION EN DELTA POR QUE SE PUEDE TENER CORRIENTES CIRCULARES DENTRO DE LA DELTA, DE RECOMIENDA HACER UNA CONEXION EN ESTRELLA (CONSULTAR BIBLIOGRAFIA)**

**\*MAXIMO NUMERO DE CIRCUITOS EN PARALELO**

Maximo numero de circuitos en paralelo permitido para el rediseño. **DEBERA SER UN NUMERO ENTERO, EN CASO DE SER UN NUMERO FRCCIONARIO (POR EJEMPLO 2.7) EL EMOBINADO ESTA DESBALANCEADO, EL PROGRAMA DARA EL NUMERO DE TABLA DONDE SE ENCUENTRA LA SECUENCIA DE BOBINAS PARA EL MINIMO DESBALANCE Y QUE RANURAS DE DEJARAN VACIAS PARA ENTERO CON MINIMO DESBALANCE, CONSULTAR BIBLIOGRAFIA # 7.**

**\*Kd:**

Factor de distribucion del embobinado, debera ser entre 0.9 y 1 (Consultar bibliografia).

**\*CIRCUITOS EN PARALELO DEL REDISEÑO**

Usted debera seleccionar el numero de circuitos en paralelo segun su experiencia (Puede hacer varios rediseños con diferentes combinaciones y seleccionar la mas adecuada). **PERO DEBERA SER IGUAL O SER UN SUBMULTIPLO DEL MAXIMO NUMERO DE CIRCUITOS EN PARALELO CALCULANDO (MAX. C.P.=)**

**\*VUELTAS (POR BOBINA)**

Estas son las vueltas por bobina calculadas por la computadora para el paso, la potencia en HP'S y datos del rediseño este numero puede ser fraccionario, por ejemplo 6.187.

las vueltas por bobina seleccionadas deberan ser el numero mas cercano a un numero entero, por ejemplo 6.187 se considerara 6.00 vueltas por bobina.

**\*CIRCULAR MILS TOTALES Son los circular mils totales del rediseño.**

**\* CALIBRE =**

La computadora calculara un calibre para los circular mils totales. (Este podra ser un numero fraccionario y debera ser cerrado al numero entero mas cercano).

**\*ALMAMBRES EN PARALELO =**

*La computadora calcula los alambres en paralelo para cumplir con los círculos mils totales, sin embargo no es la única posibilidad, usted podrá seleccionar otras posibilidades de calibres y alambres en paralelo que también cumplan los CM totales.*

*El programa calcula los circular mils totales (CMT =) y los calibres tomando como base los CM/AMP dados y no las dimensiones de la ranura, por lo tanto deberá hacerse una o dos bobinas de prueba y probar si ajusta en la ranura, ajuste el calibre aumentándolo o bajándolo adecuadamente, no cambie el número de vueltas.*

*Para diagnosticar, si el motor está bien rediseñado compare los valores de densidad de flujo en el diente, Gap (entrehierro) y núcleo y la densidad de cobre, con los valores dados en la hoja de "Datos de rediseño de motores" TABLA 1 Y con los valores que tenía en el diseño original).*

**SI LAS DENSIDADES DE FLUJO ESTAN DENTRO DE LOS LIMITES RECOMENDADOS EL MOTOR FUNCIONARA SATISFACTORIAMENTE  
SI LAS DENSIDADES ESTAN ARRIBA DE LOS LIMITES RECOMENDADOS EL ENBOBINADO DEBERA SER DEBILITADO AUMENTANDO EL NUMERO DE VUELTAS O DEBERA USARSE UN SISTEMA DE AISLAMIENTO PARA MAS ALTA TEMPERATURA.**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





Si desea imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 17:09:07

Datos Rediseño

(1) Nuevos HPS HP(2)=..... 75  
 (2) Nuevo voltaje (para dos circ. en para.) 440  
 Ampers.....= 86.4  
 (3) Nueva Frecuencia..... 60  
 (4) RPM Sincrónicas de Nuevo Diseño..... 1200  
 POLOS = 6      RANS. ESTATOR - ROTOR = -24      CHECAR TABLA 2  
 El Rediseño será de 75 HPS, 440 Volts, 60 HZ, 6 Polos, 86.4 AMPS

Presione Enter si el dato esta correcto o el número de dato a corregir?  
Cuántos Circuitos en paralelo desea ud. probar? 2

Si desea imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 17:09:36

Circular Mils Totales= 13047.78  
 Grupos = ..... 18  
 Volts por bobina = .. 44  
 VOLTS POR BOBINA DEBEN SER MENORES DE 40 VOLTS, PARA MOTORES 220/440  
 Bobinas por grupo = .. 3.33333  
 Este Embobinado está desbalanceado, para minimo desbalance, consultar  
 Tabla 5 del Manual, agregar 3 a la secuencia dada en 1 / 3  
 B.P.G= 3 1 / 3

DESEA VER TABLA 5 (S) o (N)? S

1. DESEA VER TABLA DE MAGNITUD DE DESBALANCE.

2. AYUDA DE USO DE ESTAS TABLAS

Frac de b.p.g SECUENCIA DE GRUPOS DE BOBINAS, EMBOBINADOS TRIFASICOS CON NUMERO DE RANURAS DIVISIBLE ENTRE EL NUM.DE FASES. (SUME LA PARTE ENTERA A LA SECUENCIA DE O'S Y 1'S)

1/3	1 0 0 0 0 1 0 1 0
2/3	1 0 1 0 1 1 1 1 0
1/6	1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
5/6	1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 0
1/9	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0
2/9	1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0
4/9	1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0
5/9	1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0
7/9	1 1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0
8/9	1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0
1/12	10000000000001000000000000001000000000
5/12	1010100101001010010100101010101001010100
7/12	110101011010101101011010110101101010
11/12	111111111011111111111110111111111110

use ↑ ↓ Esc para continuar

6-1997  
9:36

20/440

consultar

G= 3 1 / 3

AYUDA TABLA 5

1. DESEA VER TABLA DE MAGNITUD DE DESBALANCE.

2. AYUDA DE USO DE ESTAS TABLAS

Frac de b.p.g SECUENCIA DE GRUPOS DE BOBINAS, EMBOBINADOS TRIFASICOS CON NUMERO DE RANURAS DIVISIBLE ENTRE EL NUM.DE FASES. (SUME LA PARTE ENTERA A LA SECUENCIA DE O'S Y 1'S)

1/3	1 0 0 0 0 1 0 1 0
2/3	1 0 1 0 1 1 1 1 0
1/6	1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0
5/6	1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 0
1/9	1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0
2/9	1 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0
4/9	1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0
5/9	1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0
7/9	1 1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0
8/9	1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0
1/12	10000000000001000000000000001000000000
5/12	1010100101001010010100101010101001010100
7/12	11010101101010110101101011010110101010
11/12	111111111011111111111110111111111110

use ↑ ↓ Esc para continuar

6-1997  
9:36

20/440

consultar

G= 3 1 / 3

AYUDA TABLA 5

1. DESEA VER TABLA DE MAGNITUD DE DESBALANCE.

2. AYUDA DE USO DE ESTAS TABLAS

Frac de b.p.g SECUENCIA DE GRUPOS DE BOBINAS, EMBOBINADOS TRIFASICOS | MAG. DESBALANCE EMBOB. TRIFASICOS

NUMERADOR DE B.P.G	difer. entre magnitudes	Error en angulo
ESCRITO COMO	de fase C y A en % de A	(grad. electr.)
N/d sin comun	(fase A igual a B)	Entre fase A y
divisor		C   B   40

6-1997  
9:36

4	-2.08%	-3°18'	-6°36'	ltar 1 / 3
5	-3.09%	-2°17'	-4°34'	
7	-0.86%	-1°05'	-2°10'	
8	-1.06%	- 52'	-1°44'	
10	-0.45%	- 32'	-1°04'	
11	-0.58%	- 28'	- 56'	
13	-0.28%	- 18'	- 36'	
17	-0.20%	- 12''	- 24'	
19	-0.14%	- 9'	- 18'	
23	-0.10%	- 6'	- 12'	

Presione Enter o Esc. para continuar.

7/12|11010101101010110101101011010110101101010

11/12|11111111011111111111110111111111110

use ↑ ↓ ← Esc para continuar

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 17:09:36

Circular Mils Totales= 13047.78

Grupos =..... 18

Volts por bobina = .. 44

VOLTS POR BOBINA DEBEN SER MENORES DE 40 VOLTS, PARA MOTORES 220/440

Bobinas por grupo = .. 3.333333

Este Embobinado está desbalanceado, para minimo desbalance, consultar

Tabla 5 del Manual, agregar 3 a la secuencia dada en 1 / 3

B.P.G= 3 1 / 3

DESEA VER TABLA 5 (S) o (N)? S

12 Grupos de 3 Bobinas , 6 Grupos de 4

El máximo número de circuitos en paralelo es 2

Paso reco. mínimas armónicas 1 a 9.333333 (5ta y 7ma), 7.666667 (3era)

Factor de distribución Kd = .9588833

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Barra Espaciadora para continuar®

Si desea imprimir presione Shift+Prt Sc

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 17:10:31

Datos para 440 Volts y conexión 2 Circuito(s) en paralelo Ayuda -->?

Vueltas, 2 Estrella(S)	Paso 1 a	Fac. Paso	Vueltas, 2 Delta(S)
6.10 -----	11 -----	1.000 --	10.57
6.18 -----	10 -----	0.988 --	10.71
6.42 -MIN.5A Y 7A ARMONS->	9 -----	0.951 --	11.12
6.85 -----	8 -----	0.891 --	11.87

Cambio de vueltas cambiando el No. de circuitos en paralelo? Entre S o N? N  
Seleccione el dato más cercano a un número entero de Vueltas

CONEXION (E)strella o (D)elta ? D Vueltas? 11 Paso 1 a ? 9  
 Análisis de Armónicas (S) o (N)? S  
 Para Imprimir presione Shift+Prt Sc Barra Espaciadora para continuar

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997				FECHA: 11-16-1997 HORA : 17:11:58	
Análisis de Armónicas h = Orden de la Armónica, Paso 1 a 9					
Armónica h	Kp(h)	Kd(h)	Kdp(h)/h	CONEX. DELTA	AYUDA -->?
-----> Paso 1 a 10					
1	0.988	0.959	0.947		
3	-.891	0.661	-.196		
5	0.707	0.212	0.030		
7	-.454	-.168	0.011		
-----> Paso 1 a 9					
1	0.951	0.959	0.912		
3	-.588	0.661	-.129		
5	0.000	0.212	0.000		
7	0.588	-.168	-.014		
-----> Paso 1 a 8					
1	0.891	0.959	0.854		
3	-.156	0.661	-.034		
5	-.707	0.212	-.030		
7	0.988	-.168	-.024		
Desea cambiar a otro Paso (S) o (N)? N <span style="float: right;">Para Imprimir presione Shift+Prt Sc</span>					

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997				FECHA: 11-16-1997 HORA : 17:12:07		
DENSIDADES DE FLUJO EN LIN/PLG <sup>2</sup> , COMPARAR CON TABLA 1 <span style="float: right;">AYUDA --&gt;?</span>						
ZONA	CALCULADO	RAN.ABIER	PRE.NEMA	ORI.NEMA	NEMA U	NEMA T
GAP .	50,708.85	36,000	40,000	42,000	45,000	60,000
DIENTE	114,592.48	75,000	75,000	90,000	100,000	120,000
NUCLEO	66,353.48	75,000	75,000	80,000	85,000	115,000
NEMA U = CLASE <A> 115°C, NEMA T = CLASE <B> 130°C , DATOS PARA 60 HZ						
Desea cambiar los HPS?, Entre S o N?						

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA  
TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 17:14:26

El Embobinado tendrá 11 Vueltas CM/AMP= 331.3777

Aprox.... 8303 Circular Mils

El paso será de 1 a.. 9

Calibre= 11 , Alambres en Paralelo = 1 (O COMBINACION EQIV.)

MOTOR TOTALMENTE CERRADO ALAMBRE MAGNETO <B>

ABIERTO <B>

ABIERTO <A>

900 RPM	1200 RPM	1800 RPM	3600 RPM	GRAL	GRAL
800 CM/AMP	575 CM/AMP	470 CM/AMP	390 CM/AMP	330 CM/AMP	430 CM/A
2.5 A/mm <sup>2</sup>	3.4 A/mm <sup>2</sup>	4.2 A/mm <sup>2</sup>	5.0 A/mm <sup>2</sup>		

La conexión para 440 Volts será de 2 Deltas

Nueva capacidad es 75 HPS, 6 Polos, 60 HERTZ, 440 Volts, 1200 RPM

¿Desea ver tabla de calibres si(S) o no(N)? S

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA  
TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 17:14:26

El Embobinado tendrá 11 Vueltas CM/AMP= 331.3777

Aprox.... 8303 Circular Mils

El paso será de 1 a.. 9

Calibre= 11 , Alambres en Paralelo = 1 (O COMBINACION EQIV.)

TABLA DE CALIBRES AWG

1.-DESEA VER TABLA DE CALIBRES MEDIOS ½

Cal.	DIAM.	Circ.	Cal.	DIAM.	Circ.	Cal.	DIAM.	Circ.
AWG	Mils	Mils	AWG	Mils	Mils	AWG	Mils	Mils
7	144.3	20820	17	45.3	2050	27	14.2	202
8	128.5	16510	18	40.3	1620	28	12.6	159
9	114.4	13090	19	35.9	1290	29	11.3	128
10	101.9	10380	20	32.0	1020	30	10.0	100
11	90.7	8230	21	28.5	812	31	8.9	79.2
12	80.8	6530	22	25.3	640	32	8.0	64.0
13	72.0	5180	23	22.6	511	33	7.1	50.4
14	64.1	4110	24	20.1	404	34	6.3	39.7
15	57.1	3260	25	17.9	320	35	5.6	31.4
16	50.8	2580	26	15.9	253	36	5.0	25.0

↑ ↓ ← o Esc Para CONTINUAR

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA  
TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 17:14:26

El Embobinado tendrá 11 Vueltas CM/AMP= 331.3777

Aprox.... 8303 Circular Mils

El paso será de 1 a.. 9

Calibre= 11 , Alambres en Paralelo = 1 (O COMBINACION EQIV.)

TABLA DE CALIBRES AWG  
TABLA DE CALIBRES AWG ½

Cal. AWG	DIAM. Mils	Circ. Mils	Cal. AWG	DIAM. Mils	Circ. Mils	Cal. AWG	DIAM. Mils	Circ. Mils
4½	193.1	37288	15½	54.0	2916	26½	15.0	225
5½	172.0	29584	16½	48.1	2314	27½	13.4	180
6½	153.2	23470	17½	42.8	1832	28½	12.0	144
7½	136.4	18605	18½	38.1	1452	29½	10.7	115
8½	121.5	14762	19½	34.0	1156	30½	9.5	90.3
9½	108.2	11707	20½	30.3	918	31	8.9	79.2
10½	96.3	9274	21½	26.9	724	32	8.0	64.0
11½	85.8	7362	22½	24.0	576	33	7.1	50.4
12½	76.4	5837	23½	21.4	458	34	6.3	39.7
13½	68.1	4638	24½	19.0	361	35	5.6	31.4
14½	60.6	3672	25½	16.9	286	36	5.0	25.0

Presione Enter o Esc. para continuar.

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 17:14:26

El Embobinado tendrá 11 Vueltas CM/AMP= 331.3777 AYUDA -->?  
 Aprox.... 8303 Circular Mils  
 El paso será de 1 a.. 9  
 Calibre= 11 , Alambres en Paralelo = 1 (O COMBINACION EQIV.)

MOTOR TOTALMENTE CERRADO ALAMBRE MAGNETO <B>				ABIERTO <B>	ABIERTO <A>
900 RPM	1200 RPM	1800 RPM	3600 RPM	GRAL	GRAL
800 CM/AMP	575 CM/AMP	470 CM/AMP	390 CM/AMP	330 CM/AMP	430 CM/A
2.5 A/mm <sup>2</sup>	3.4 A/mm <sup>2</sup>	4.2 A/mm <sup>2</sup>	5.0 A/mm <sup>2</sup>		

La conexión para 440 Volts será de 2 Deltas  
 Nueva capacidad es 75 HPS, 6 Polos, 60 HERTZ, 440 Volts, 1200 RPM  
 Desea hacer un nuevo Rediseño? Entre S o N? N

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 17:16:08

Entre la letra de la opción a ejecutar

- C - Cambiar los datos de Entrada
- M - Regresar al Menú Principal

?

## DISEÑO PARA NUCLEO SIN DATOS

*En este caso los datos de placa y del nucleo son similares a los casos anteriores, pero no se tienen datos del embobinado.*

*\*ES ESTE DISEÑO PARA FRAME T O U?*

*EL FRAME T ES PARA ALTAS TEMPERATURAS CON ALTAS DENSIDADES DE FLUJO Y EL FRAME U ES PARA BAJAS DENSIDADES DE FLUJO.*

*\*DESEA UD. REFORZAR O DEBILITAR ESTE MOTOR?*

*\*QUE DENSIDAD DEL ENTREHIERRO(GAP) DESEA UD PROBAR?*

*Aquí la computadora solicita la densidad de flujo en el Gap, seleccionada por el usuario (Ver hoja de datos de diseño de motores) (en líneas/plg2)*

*\*VUELTAS (POR BOBINA)*

*Estas son las vueltas por bobina calculadas por la computadora para la densidad de flujo en el gap, seleccionada por el usuario.(a diferentes pasos de bobina)*

*Las densidades de flujo en el diente, Gap y núcleo deberán compararse con los valores de la hoja de datos de rediseño de motores*

*\*CM/AMP = ?*

*Aquí la computadora solicita los circular mils por amper para el rediseño, el usuario deberá dar un valor adecuado según su experiencia o consultando la hoja de datos de rediseño de motores y bibliografía relacionada.*

*Con esto, la computadora calculará los CMT (Circular mils totales) y una posibilidad de calibre y alambre en paralelo que podrá ser modificado por el usuario, además calculará los nuevos CM/AMP para los calibres utilizados.*

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

*El programa calcula los circular mils totales (CMT2=) y los calibres tomando como base los CM/AMP dados y no las dimensiones de la ranura, por lo tanto deberá hacerse una o dos bobinas de prueba y probar si ajusta en la ranura, ajuste el calibre aumentándolo o bajándolo adecuadamente, no cambie el número de vueltas.*

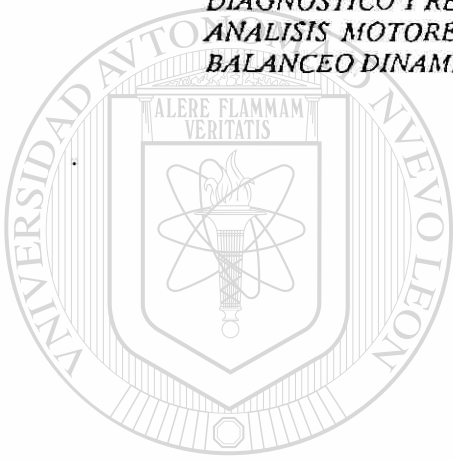
*Siempre que sea posible los cálculos de rediseño debe basarse en los datos del embobinado original. Esto hace posible determinar el nuevo embobinado con el mayor grado de precisión. El devanado original nos dice que fue requerido para producir el par y potencia nominal originales por lo tanto es recomendable hacer un diagnóstico del embobinado con los datos originales, obtener con la computadora las densidades de flujo en el núcleo, diente y gap (entre hierro) así*



*mismo los circular milts por amper; y hacer el rediseño manteniendo estos valores dentro del rango adecuado, es decir las densidades de flujo en el núcleo y en el diente, deberán ser iguales o menores que los valores originales, en el gap (entre hierro) la densidad de flujo debera de ser igual o menor pero recordando que un valor muy bajo indicará bajo par en el motor.*

*Cuando un rediseño es hecho para un cambio en el número de polos (Cambio de velocidad) los rangos de densidad de flujo en el núcleo, diente y gap deberán estar de acuerdo a los valores calculados en el diagnóstico previo dentro de los límites de los rangos recomendados en la tabla de datos pag.(27). los cuales mantendrán el aumento de temperatura para un sistema de aislamiento clase "A" a (115 grados centigrados) para frames "U" o anteriores y dentro de los límites de un aislamiento clase "B" (130 grados centigrados) para motores frame "T". En motores antiguos el diseño deberá hacerse hacia el rango inferior y motores nuevos hacia el superior.*

DIAGNOSTICO Y REDISEÑO DE MOTORES TRIFASICOS  
ANALISIS MOTORES CA/CD  
BALANCEO DINAMICO EN UNO Y DOS PLANOS



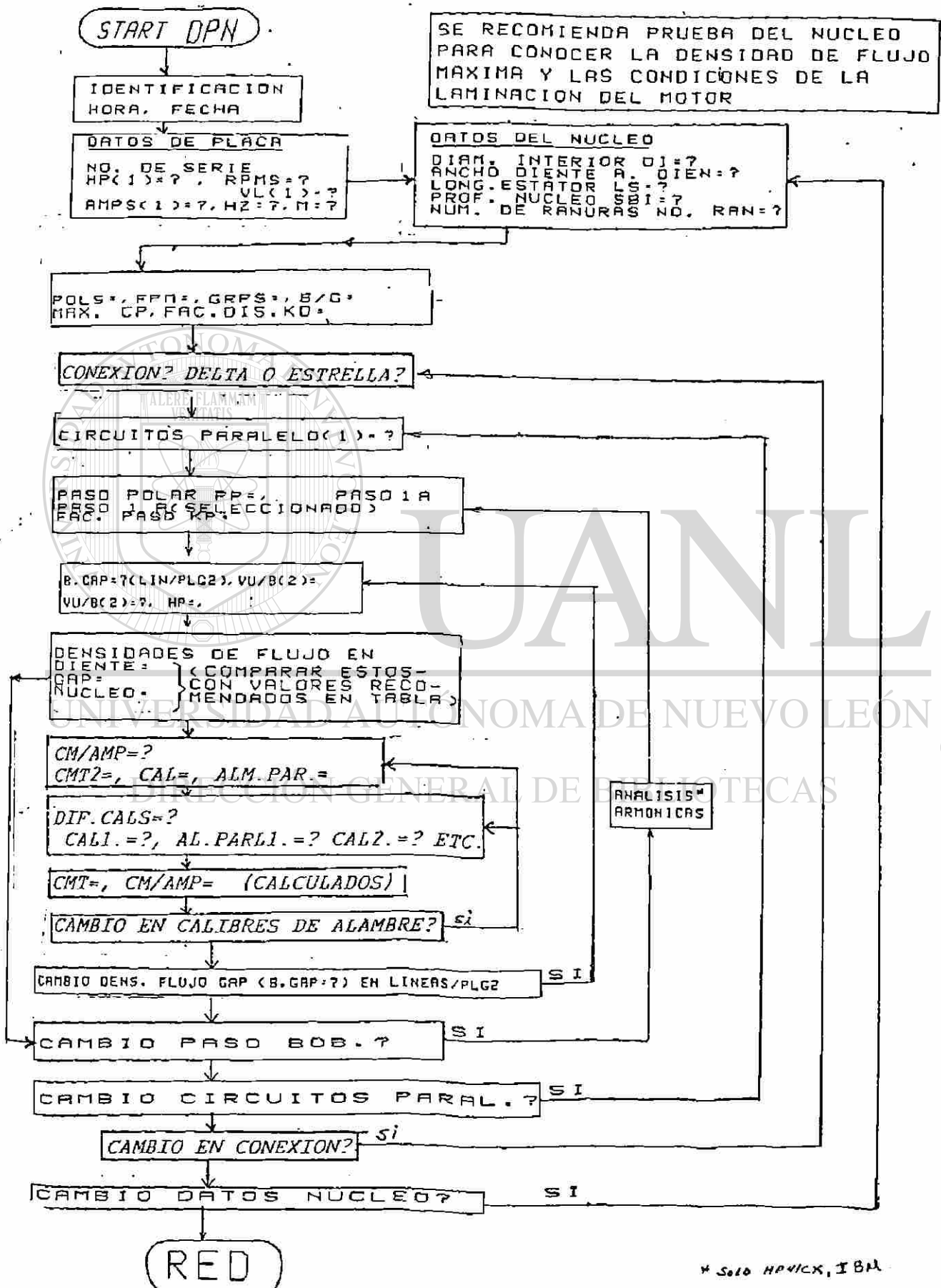
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

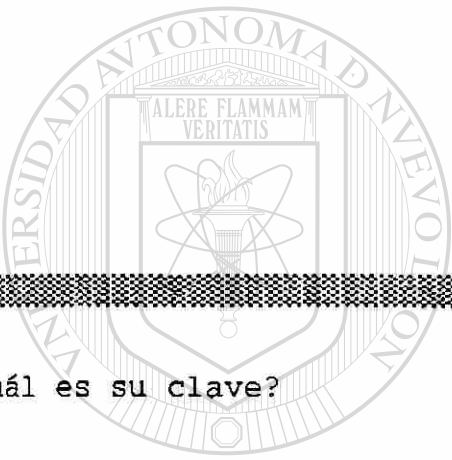
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

# DIAGRAMA DE FLUJO DISEÑO PARA NUCLEO SIN DATOS



Monitor a Color Si(S) o No(N)? Entre (S) o (N) ? s



Cuál es su clave?

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Monitor a Color Si(S) o No(N)? Entre (S) o (N) ? s

Cuál es su clave?

UANL

DISEÑO NUCLEO SIN DATOS DE UN MOTOR DE CA  
TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1994

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 19:03:21

CALCULO DE EMBOBINADO PARA NUCLEO SIN DATOS

AYUDA REDISEÑO UNA VELOCIDAD

Al hacer un rediseño tomar en cuenta lo siguiente:

- 1.-Checar las condiciones de la laminación del núcleo y si se tiene duda, hacer una PRUEBA TOROIDE DE PERDIDAS DEL NUCLEO.
- 2.-Hacer un diagnóstico con los datos originales.
- 3.-El rediseño se hace a partir de los datos originales del motor por lo cual es importante que estén correctos.

NOS  
LO

Presione Enter o Esc. para continuar.

PRESSIONE SOLO ( ENTER ) PARA SU CASO PARTICULAR

DISEÑO NUCLEO SIN DATOS DE UN MOTOR DE CA  
TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1994

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 19:03:21

CALCULO DE EMBOBINADO PARA NUCLEO SIN DATOS

DATOS NECESARIOS DEL NUCLEO: (DIMENCIONES EN PULG.)

NUMERO DE RANURAS, DIAMETRO INTERIOR, LONGITUD DEL NUCLEO MENOS  
CUALQUIER DUCTO DE AIRE, ANCHO DEL DIENTE, PROFUNDIDAD DEL NUCLO

INFORMACION NUEVO MOTOR: VOLTAJE, POLOS Y FRECUENCIA

DESEA UD. VER EJEMPLOS 1,2,3 ( O INTRODUSCA SU CASO)

- 1).- MOTOR 75 HPS, 440 V, 1800 RPM
- 2).- MOTOR 60 HPS, 440V, 1800 RPM
- 3).- DATOS DE ULTIMO MOTOR DISEÑADO

PRESSIONE SOLO ( ENTER ) PARA SU CASO PARTICULAR

Su Selección es ?

1

DISEÑO NUCLEO SIN DATOS DE UN MOTOR DE CA  
TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1994

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 19:03:36

(A) HPS Estimados=.....	75	AYUDA -->?
(B) RPM Sincrónicas=.....	1800	
(C) Voltaje Nominal? VL=.....	440	
(D) Amperaje de Linea=.....	95	
(E) Frecuencia HZ=.....	60	

Datos del Núcleo (del Estator) en pulgadas

(F) Diámetro Interior del núcleo=.....	10	
(G) Ancho del Diente=.....	.25	
(H) Longitud Núcleo Estator (menos ductos)=..	8	
(I) Profundidad del Núcleo SBI=.....	1.5	
(J) Número de Ranuras (Estator)=.....	60	
(K) Número de Ranuras (Rotor)=.....	61	(FRAME U 45,000 -
(L) Densidad de Flujo este Diseño Lin/Plg <sup>2</sup> .	45000	T 55,000 Lin/Plg <sup>2</sup> )

POLOS = 4 RANS. ESTATOR - ROTOR = -1 CHECAR TABLA 2

MOTOR CON RUIDO POR ARMONICAS DE RELACION DE RANURAS

Presione Enter si el Dato está correcto o la letra del dato a corregir?

Si desea imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc

DISEÑO NUCLEO SIN DATOS DE UN MOTOR DE CA  
TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1994

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 19:03:41

POLOS= 4  
GRUPOS= 12  
Bobinas por grupo= 5

El máximo No de circuitos en paralelo es 4  
 Factor de distribución Kd= .9566934  
 # de circuitos en paralelo=? 2

Barra espaciadora para continuar  
 Si desea imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc

DISEÑO NUCLEO SIN DATOS DE UN MOTOR DE CA  
 TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1994

FECHA: 11-16-1997  
 HORA : 19:05:03

Datos para 440 Volts y Conexión 2 Circuito(S) en paralelo. AYUDA -->?  
 RPM.S. = 1800

Vueltas, 2 Estrella(S)	Paso 1 a	Factor de paso	Vueltas, 2 Delta(S)
5.54	16	1.000	9.59
5.57	15	0.994	9.64
5.66	14	0.978	9.81
5.82 -MIN.5A Y 7A ARMONICS-->	13	0.951	10.09
6.06	12	0.913	10.50
6.40 -MIN.3RA ARMONICAS---->	11	0.866	11.08

Cambio de vueltas cambiando en No. de circuitos en paralelo? Entre S o N? N  
 Seleccione un dato cercano a número entero de vueltas

Conexión (E)strella o (D)elta? D , Vueltas calculadas ? 10.09 Paso 1 a ? 13  
 Vueltas cerradas a un número entero =? 10  
 Análisis de Armónicas (S) o (N)? S  
 Para imprimir presione Shift+Prt Sc Barra espaciadora para continuar

DISEÑO NUCLEO SIN DATOS DE UN MOTOR DE CA  
 TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1994

FECHA: 11-16-1997  
 HORA : 19:05:28

Análisis de Armónicas h = Orden de la Armónica, Paso 1 a 13  
 Armónica h Kp(h) Kd(h) Kdp(h)/h CONEX. DELTA AYUDA -->?  
 Paso 1 a 14

1	0.978	0.957	0.936	
3	-.809	0.647	-.175	
5	0.500	0.200	0.020	
7	-.105	-.149	0.002	
> Paso 1 a 13				
1	0.951	0.957	0.910	
3	-.588	0.647	-.127	
5	0.200	0.200	0.000	
7	-.149	-.149	-.013	

> Paso 1 a 12

1	0.914	0.957	0.874
3	-.309	0.647	-.067
5	-.500	0.200	-.020
7	0.978	-.149	-.021

Desea cambiar a otro Paso (S) o (N)? ? Para Imprimir presione Shift+Prt Sc

DISEÑO NUCLEO SIN DATOS DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1994

FECHA: 11-16-1997 HORA : 19:05:28

Análisis de Armónicas h = Orden de la Armónica, Paso 1 a 13  
Armónica h Kp(h) Kd(h) Kdp(h)/h CONEX. DELTA AYUDA -->?

AYUDA REDISEÑO UNA VELOCIDAD

El análisis de armónicas calcula el factor de paso (Kph), el factor de distribución (Kdh) de las componentes armónicas del embobinado de acuerdo al paso y el número de polos.

También calcula Kdph/h que es el producto de (Kph x kdh)/h donde h es el orden de la armónica.

Kdph/h deberá ser lo más pequeño posible

Si la conexión es delta las 3eras armónicas deberán ser lo más bajo posible.

Presione Enter o Esc. para continuar.

5	-.500	0.200	-.020
7	0.978	-.149	-.021

Desea cambiar a otro Paso (S) o (N)? ? Para Imprimir presione Shift+Prt Sc

DISEÑO NUCLEO SIN DATOS DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1994

FECHA: 11-16-1997 HORA : 19:05:48

DENSIDADES DE FLUJO EN LIN/PLG<sup>2</sup>, COMPARAR CON TABLA 1 AYUDA -->?

ZONA	CALCULADO	RAN. ABIER	PRE. NEMA	ORI. NEMA	NEMA U	NEMA T
GAP	45,366.40	36,000	40,000	42,000	45,000	60,000
DIENTE	100,019.38	75,000	75,000	90,000	100,000	120,000
NUCLEO	79,633.27	75,000	75,000	80,000	85,000	115,000

NEMA U = CLASE <A> 115°C, NEMA T = CLASE <B> 130°C , DATOS PARA 60 HZ

Desea ud. reforzar o debilitar este Motor? Entre S o N? S

Si desea imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc

DISEÑO NUCLEO SIN DATOS DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1994

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 19:05:48

DENSIDADES DE FLUJO EN LIN/PLG<sup>2</sup>, COMPARAR CON TABLA 1

AYUDA -->?

ZONA	CALCULADO	RAN. ABIER	PRE. NEMA	ORI. NEMA	NEMA U	NEMA T
GAP	45,366.40	36,000	40,000	42,000	45,000	60,000
DIENTE	100,019.38	75,000	75,000	90,000	100,000	120,000
NUCLEO	79,633.27	75,000	75,000	80,000	85,000	115,000

NEMA U = CLASE <A> 115°C, NEMA T = CLASE <B> 130°C , DATOS PARA 60 HZ

Desea ud. reforzar o debilitar este Motor? Entre S o N? S  
Que densidad del EntreHierro (GAP) Desea ud. probar?? 44000

Si desea imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc

DISEÑO NUCLEO SIN DATOS DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1994

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 19:06:24

GRUPOS= 12  
Bobinas por grupo= 5

El máximo No de circuitos en paralelo es 4  
Factor de distribución Kd= .9566934  
# de circuitos en paralelo=? 2

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Barra espaciadora para continuar  
Si desea imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc

DISEÑO NUCLEO SIN DATOS DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1994

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 19:06:33

Datos para 440 Volts y Conexión 2 Circuito(S) en paralelo. AYUDA -->?  
RPM.S.= 1800



Vueltas, 2 Estrella(S)	Paso 1 a	Factor de paso	Vueltas, 2 Delta(S)
5.66	16	1.000	9.81
5.69	15	0.994	9.86
5.79	14	0.978	10.03
5.96 -MIN.5A Y 7A ARMONICS->	13	0.951	10.32
6.20	12	0.913	10.74
6.54 -MIN.3RA ARMONICAS---->	11	0.866	11.33

Cambio de vueltas cambiando en No. de circuitos en paralelo? Entre S o N? N  
 Seleccione un dato cercano a número entero de vueltas

Conexión (E)strella o (D)elta? D , Vueltas calculadas ? 10.03 Paso 1 a ? 14  
 Vueltas cerradas a un número entero =? 10

Análisis de Armónicas (S) o (N)? S

Para imprimir presione Shift+Prt Sc=====Barra espaciadora para continuar

DISEÑO NUCLEO SIN DATOS DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1994				FECHA: 11-16-1997 HORA : 19:07:06	
Análisis de Armónicas h = Orden de la Armónica, Paso 1 a 14					
Armónica h	Kp(h)	Kd(h)	Kdp(h)/h	CONEX. DELTA	AYUDA -->?
-----> Paso 1 a 15					
1	0.995	0.957	0.951		
3	-.951	0.647	-.205		
5	0.866	0.200	0.035		
7	-.743	-.149	0.016		
-----> Paso 1 a 14					
1	0.978	0.957	0.936		
3	-.809	0.647	-.175		
5	0.500	0.200	0.020		
7	-.105	-.149	0.002		
-----> Paso 1 a 13					
1	0.951	0.957	0.910		
3	-.588	0.647	-.127		
5	0.000	0.200	0.000		
7	0.588	-.149	-.013		
Desea cambiar a otro Paso (S) o (N)? N Para Imprimir presione Shift+Prt Sc					

DISEÑO NUCLEO SIN DATOS DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1994				FECHA: 11-16-1997 HORA : 19:07:18		
DENSIDADES DE FLUJO EN LIN/PLG <sup>2</sup> , COMPARAR CON TABLA 1						AYUDA -->?
ZONA	CALCULADO	RAN. ABIER	PRE. NEMA	ORI. NEMA	NEMA U	NEMA T
GAP	44,107.26	36,000	40,000	42,000	45,000	60,000
DIENTE	97,243.35	75,000	75,000	90,000	100,000	120,000
NUCLEO	77,423.05	75,000	75,000	80,000	85,000	115,000
NEMA U = CLASE <A> 115°C, NEMA T = CLASE <B> 130°C , DATOS PARA 60 HZ						

Desea ud. reforzar o debilitar este Motor? Entre S o N? N

Si desea imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc

DISEÑO NUCLEO SIN DATOS DE UN MOTOR DE CA  
TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1994

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 19:07:23

Su Embobinado tendrá 10 Vueltas El paso será de 1 a 14  
La conexión para 440 Volts será 2 Delta(S) 1800 RPM  
AMPS= 95.57085 HPS= 75.45067 Por el redondeo de vueltas calculadas  
Después de estimar los HP(S), determine el calibre del Alambre  
del valor estimado de los CM/AMP

MOTOR TOTALMENTE CERRADO ALAMBRE MAGNETO <B>				ABIERTO <B>	ABIERTO <A>
900 RPM	1200 RPM	1800 RPM	3600 RPM	GRAL	GRAL
800 CM/AMP	575 CM/AMP	470 CM/AMP	390 CM/AMP	330 CM/AMP	430 CM/A

CM/AMP=? 470

# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DISEÑO NUCLEO SIN DATOS DE UN MOTOR DE CA  
TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1994

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 19:07:23

Su Embobinado tendrá 10 Vueltas El paso será de 1 a 14  
La conexión para 440 Volts será 2 Delta(S) 1800 RPM  
AMPS= 95.57085 HPS= 75.45067 Por el redondeo de vueltas calculadas  
Después de estimar los HP(S), determine el calibre del Alambre  
del valor estimado de los CM/AMP

MOTOR TOTALMENTE CERRADO ALAMBRE MAGNETO <B>				ABIERTO <B>	ABIERTO <A>
900 RPM	1200 RPM	1800 RPM	3600 RPM	GRAL	GRAL
800 CM/AMP	575 CM/AMP	470 CM/AMP	390 CM/AMP	330 CM/AMP	430 CM/A

CM/AMP=? 470

Circular Mils = 12904 para 75 HPS, 95 AMPS

CALIBRE= 9 , Alambres paralelo = 1 (U OTRA COMBINACION EQIV.)

Haga 1 o 2 Bobinas y pruebe en la Ranura, Ajuste el calibre aumentando o bajandolo adecuadamente, No cambie el Número de vueltas.

Desea ver tabla de calibres si(S) o no(N)?

DISEÑO NUCLEO SIN DATOS DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1994

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 19:07:23

Su Embobinado tendrá 10 Vueltas El paso será de 1 a 14  
La conexión para 440 Volts será 2 Delta(S) 1800 RPM  
AMPS= 95.57085 HPS= 75.45067 Por el redondeo de vueltas calculadas  
Después de estimar los HP(S), determine el calibre del Alambre

CIRCULAR MILS= 12904

1.-DESEA VER TABLA DE CALIBRES MEDIOS 1/2

Cal. AWG	DIAM. Mils	Circ. Mils	Cal. AWG	DIAM. Mils	Circ. Mils	Cal. AWG	DIAM. Mils	Circ. Mils
7	144.3	20820	17	45.3	2050	27	14.2	202
8	128.5	16510	18	40.3	1620	28	12.6	159
9	114.4	13090	19	35.9	1290	29	11.3	128
10	101.9	10380	20	32.0	1020	30	10.0	100
11	90.7	8230	21	28.5	812	31	8.9	79.2
12	80.8	6530	22	25.3	640	32	8.0	64.0
13	72.0	5180	23	22.6	511	33	7.1	50.4
14	64.1	4110	24	20.1	404	34	6.3	39.7
15	57.1	3260	25	17.9	320	35	5.6	31.4
16	50.8	2580	26	15.9	253	36	5.0	25.0

o Esc Para CONTINUAR

DISEÑO NUCLEO SIN DATOS DE UN MOTOR DE CA TRIFASICO UNA VELOCIDAD / REV. ENERO/1994

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 19:07:23

Su Embobinado tendrá 10 Vueltas El paso será de 1 a 14  
La conexión para 440 Volts será 2 Delta(S) 1800 RPM  
AMPS= 95.57085 HPS= 75.45067 Por el redondeo de vueltas calculadas  
Después de estimar los HP(S), determine el calibre del Alambre del valor estimado de los CM/AMP

MOTOR TOTALMENTE CERRADO ALAMBRE MAGNETO <B>				ABIERTO <B>	ABIERTO <A>
900 RPM	1200 RPM	1800 RPM	3600 RPM	GRAL	GRAL
800 CM/AMP	575 CM/AMP	470 CM/AMP	390 CM/AMP	330 CM/AMP	430 CM/A

CM/AMP=? 470

Circular Mils = 12904 para 75 HPS, 95 AMPS

CALIBRE= 9 , Alambres paralelo = 1 (U OTRA COMBINACION EQIV.)

Haga 1 o 2 Bobinas y pruebe en la Ranura, Ajuste el calibre aumentando o bajandolo adecuadamente, No cambie el Número de vueltas.

Desea hacer un nuevo diseño? Entre S o N?

Para Imprimir presione Shift+Prt Sc

# FORMA PARA PRUEBA DEL NÚCLEO DEL ESTATOR

LONGITUD (MENOS DUCTOS)  $L =$

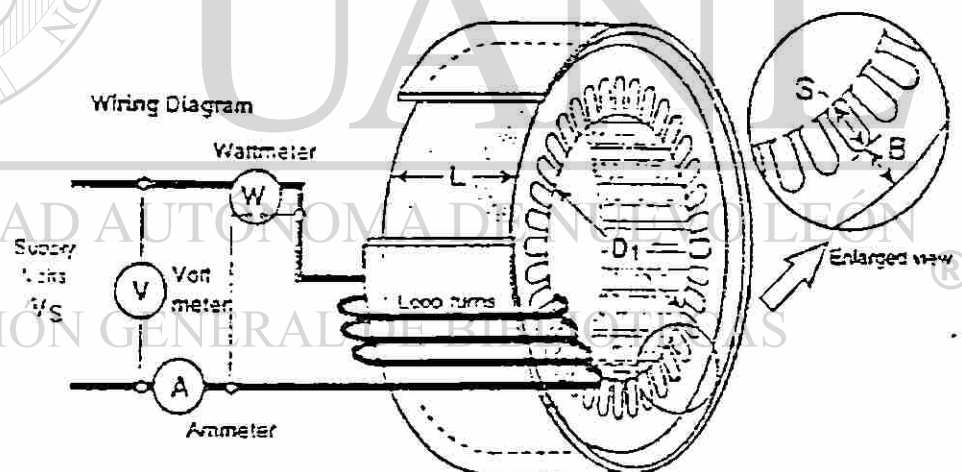
DIÁMETRO INTERNO  $D_1 =$

PROFUNDIDAD DE RANURA  $S =$

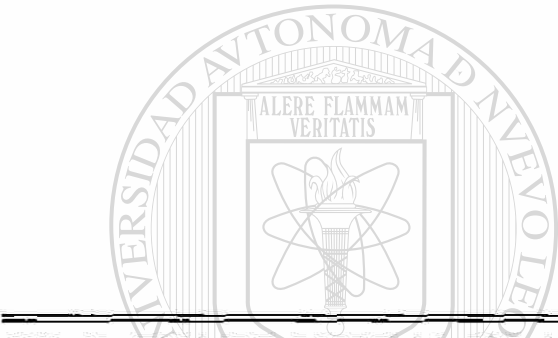
PROFUNDIDAD DEL NÚCLEO  $B =$

VOLTS  $V_s =$

FREC. (Hz)  $f =$



D.R. 1980,1987,1995,1997 ING. ARMANDO PAEZ O.  
Monitor a Color Si(S) o No(N)? Entre (S) o (N) ? S



PRUEBA TOROIDE PERDIDAS DEL NUCLEO  
ESTATOR MOTOR CA / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 15:10:44

Programa prueba de Pérdidas del Núcleo de Estator  
Dimensiones en Pulg. necesarias del Estator:

AYUDA PRUEBA DE NUCLEO

Con este programa ud. puede obtener lo siguiente:

- Des
- 1) 1.- Calcular las vueltas y calibre para la prueba.
  - 2) 2.- Detectar si hay zonas calientes (dañadas) del núcleo.
  - 3) 3.- cálculo de watts/libra, amp-vueltas/plg(reales) y densidad de flujo (real) del núcleo.
  - 4) 4.-El rediseño se hace a partir de los datos originales del motor por lo cual es importante que estén correctos.
- 3) D.R. 1997 ING. ARMANDO PAEZ O.

P Presione Enter o Esc. para continuar.

PRUEBA TOROIDE PERDIDAS DEL NUCLEO  
ESTATOR MOTOR CA / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 15:10:58

Dimensiones en Pulg. necesarias del Estator  
Longitud del Núcleo, profundidad del Núcleo  
Diámetro Interno, profundidad de Ranura

AYUDA -->?

- (A) Cuál es el Diámetro Interno.....? 10  
 (B) Cuál es la Longitud del Núcleo.(menos ductos).....? 8.25  
 (C) Cuál es la Profundidad del Núcleo.....? 1.125  
 (D) Cuál es la Profundidad de la Ranura.....? 1  
 (E) Cuál es el Voltaje de Alimentación.....? 110  
 (F) Densidad de Flujo(85,000 a 100,000 LIN/PLG2).....? 100000  
 (G) Intensidad de Campo Mag. H AMP-VUEL/PLG(de 8 a 15)..? 14.32  
 (H) Factor de Apilamiento de Laminación( de 0.8 a 0.95)?.? .8  
 (I) Frecuencia de la alimentacion.....? 60

Presione Enter si el Dato está correcto o la letra del dato a corregir?

Si desea Imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc

PRUEBA TOROIDE PERDIDAS DEL NUCLEO  
ESTATOR MOTOR CA / REV. ENERO/1997

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 15:11:10

Nº De Vueltas = 55.61116 Voltaje Ind. en una Vuelta= 1.97802  
 Amperaje Aproximado = 10.61772 Alambre de aprox. 5308.859 Cir. Mils  
 Diámetro(de Alambre)= 72.86192 Milsimas de PLG.  
 CALIBRE= 23.95504 , Alambres en paralelo = 13 (O COMBINACION EQUIV.)

De AYUDA PRUEBA DE NUCLEO

Cal. AWG	DIAM. Mils	Circ. Mils	Cal. AWG	DIAM. Mils	Circ. Mils	Cal. AWG	DIAM. Mils	Circ. Mils
1	289.3	83690	12	80.8	6530	23	22.6	511
2	257.6	66360	13	72.0	5180	24	20.1	404
3	229.4	52620	14	64.1	4110	25	17.9	320
4	204.3	41740	15	57.1	3260	26	15.9	253
5	181.9	33090	16	50.8	2580	27	14.2	202
6	162.0	26240	17	45.3	2050	28	12.6	159
7	144.3	20820	18	40.3	1620	29	11.3	128
8	128.5	16510	19	35.9	1290	30	10.0	100
9	114.4	13090	20	32.0	1020	31	08.9	79.2
10	101.9	10380	21	28.5	812	32	08.0	64.0
11	90.7	8230	22	25.3	640	33	07.1	50.4

Presione Enter o Esc. para continuar.

PRUEBA TOROIDE PERDIDAS DEL NUCLEO  
ESTATOR MOTOR CA / REV. ENERO/1997

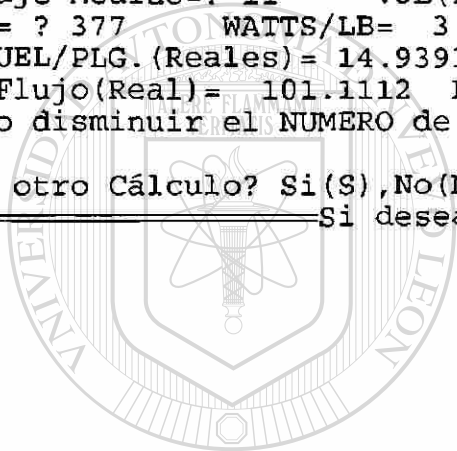
FECHA: 11-16-1997  
HORA : 15:11:10

N° De Vueltas = 55.61116                      Voltaje Ind. en una Vuelta= 1.97802  
Amperaje Aproximado = 10.61772              Alambre de aprox. 5308.859 Cir. Mils  
Diámetro(de Alambre)= 72.86192 Miliesimas de PLG.  
CALIBRE= 23.95504 , Alambres en paralelo = 13    (O COMBINACION EQUIV.)  
Cuántos Calibres diferentes de Alambres? 1  
Calibre del primer Alambre? 24              Alambres en paralelo? 13  
Circular Mils Totales= 5253.795

Con los datos anteriores realizar la prueba

Vueltas durante la Prueba=? 56              Voltaje medido(una vuelta)=? 2  
Amperaje Medido=? 11              VOL(PULG.CU)= 355.9095 , PESO(LBS)= 99.65466  
WATTS= ? 377              WATTS/LB= 3.783064 ,              MARGINAL= 8,              MAX.= 10  
AMP-VUEL/PLG. (Reales)= 14.93931 ,              MARGINAL= 11.5,              MAX.= 26  
Dens.Flujo(Real)= 101.1112 LIN/PLG<sup>2</sup>, Si desea aumentar la densidad de-  
Flujo disminuir el NUMERO de vueltas.

Desea otro Cálculo? Si(S),No(N)?              Detectar si hay zonas calientes núcleo  
Si desea imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS

DR 1981,1986,1990,1991,1997 ING. ARMANDO PAEZ O.  
Monitor a color Si(S) o No(N)? Entre (S) o (N) ? S

DR 1981,1986,1990,1991,1997 ING. ARMANDO PAEZ O.  
 Cuál es su clave?

Rediseño de un Motor Trifásico De dos velocidades. REV.97, ING. A. PAEZ		Fecha: 11-16-1997 Hora : 15:14:56
Datos de Placa necesarios: HP, Voltaje, Polos, Frecuencia	Datos del Núcleo. - en pulgadas- Número de ranuras, diámetro interno, longitud del núcleo menos cualquier- ducto de aire, ancho diente de estator y Back Iron(Profundidad núcleo)	
-----		
Datos del Devanado Original: Vueltas, Paso, Conexión, Calibres en paralelo.		
-----		
Información requerida para el Rediseño Potencia(HPS), Voltaje, Polos, Frecuencia		
-----		
Desea ud. ver ejemplos 1,2 a 9(No ejemplo,Introduzca su caso)		
1).- Motor 125 HPS,440 V,1800 RPM	5).- Motor 0.25HPS, 220 V,1800 RPM	
2).- Motor 60 HPS, 440V, 1800 RPM	6).- Motor 20 HPS, 230V, 1800 RPM	
3).- Datos de último Rediseño	7).- Motor 3 HPS, 220V, 1800 RPM	
4).- Ventana de ayuda de información adicional		
Presione solo ( ENTER ) para su caso particular		
Su selección es? 7		

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

REDISEÑO DE UN MOTOR TRIFASICO DE DOS VELOCIDADES. ING. A. PAEZ	FECHA: 11-16-1997 HORA : 15:18:34	Ayuda-->?
(A) HPS Originales=..... 3		
(B) RPM Sincrónicas=..... 1800		
(C) AYUDA REDISEÑO DOS VELOCIDADES		
(D)		
(E) El rediseño se hace a partir de los datos originales del - motor de una velocidad.		
(F) Los motores de dos velocidades de polo consecuente siempre deberan ser diseñados para un solo voltaje.		
(G)		
(H)		
(I) La relacion de velocidades (polos) sera simple de 2 a 1.		
(J)		
(K) Los datos del ultimo rediseño quedan grabados en disco.		
RP	TABLA 2	
MO Presione Enter o Esc. para continuar.	S	
Presione ENTER si el dato está correcto o la letra de dato a corregir? ? Si desea Imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc		



REDISEÑO DE UN MOTOR TRIFASICO  
DE DOS VELOCIDADES. ING. A. PAEZ

FECHA: 11-28-1997

HORA : 11:16:01

Ayuda-->?

- (A) HPS Originales=..... 3  
 (B) RPM Sincrónicas=..... 1800  
 (C) Voltaje nominal?(Si dual Sel.uno) VL(1)= 220  
 (D) Amperaje de linea=..... 9  
 (E) Frecuencia HZ=..... 60

Datos del Núcleo (del Estator) en pulgadas

- (F) Diámetro Interior del Núcleo=..... 6  
 (G) Ancho del Diente=..... .3125  
 (H) Longitud Núcleo Estator(menos ductos)=.. 2.4375  
 (I) Profundidad del Núcleo SBI=..... .8125  
 (J) Número de Ranuras del Estator..... 36  
 (K) Número de Ranuras del Rotor =..... 48

RPM = 1800 POLOS = 4 RANS. ESTATOR - ROTOR = -12 CHECAR TABLA 2  
 MOTOR CON BAJO PAR DE ARRANQUE POR ARMONICAS DE RELACION DE RANURAS

Presione ENTER si el dato está correcto o la letra de dato a corregir?  
 Si desea Imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc

REDISEÑO DE UN MOTOR TRIFASICO  
DE DOS VELOCIDADES. ING. A. PAEZ

FECHA: 11-28-1997

HORA : 11:16:45

Ayuda-->?

Datos Embobinado Original

- (A) Vueltas por bobina originales = ..... 24  
 (B) Bobinas totales originales =..... 36  
 (C) Paso 1 a ..... 8  
 (D) Conexión? Estrella(S) o Delta(D).....S  
 (E) Circuitos en paralelo al voltaje Selc. 2

Presione ENTER si el dato está correcto o la letra de dato a corregir?  
 Si desea imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc

REDISEÑO DE UN MOTOR TRIFASICO DE DOS VELOCIDADES. ING. A. PAEZ

FECHA: 11-16-1997 HORA : 15:19:46 Ayuda-->?

Datos de calibres de Alambre

- (A) Diferentes calibres =..... 1
- (B) El 1er calibre de Alamb. : 1 DE # 18

Presione ENTER si el dato esta correcto o la letra de dato a corregir?

Si desea imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc

REDISEÑO DE UN MOTOR TRIFASICO DE DOS VELOCIDADES. ING. A. PAEZ

FECHA: 11-16-1997 HORA : 15:23:09 Ayuda-->?

Datos Rediseño

- (A) Nueva Frecuencia (Hz) =..... 60
- (B) Nuevo Voltaje =..... 230
- (C) Nuevo Caballaje (alta velocidad) HP=... 3
- (D) # de polos a alta velocidad=..... 4
- (E) El nuevo diseño es a

El Rediseño deseado será de 3 HPS, 230 Volts, 60 HZ, 4 / 8 POLOS,  
 RPM = 1800 POLOS = 4 RANS. ESTATOR - ROTOR = -12 CHECAR TABLA 2  
 MOTOR CON BAJO PAR DE ARRANQUE POR ARMONICAS DE RELACION DE RANURAS  
 RPM = 900 POLOS = 8 RANS. ESTATOR - ROTOR = -12 CHECAR TABLA 2

- (E) El nuevo diseño es a:
- 1.- Par constante, 2.-HP constante, 3.- Par variable
- Teclee 1,2 o 3 ? 1

Si desea imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc

REDISEÑO DE UN MOTOR TRIFASICO DE DOS VELOCIDADES. ING. A. PAEZ	FECHA: 11-16-1997 HORA : 15:23:32      Ayuda-->?
--	---

Datos Rediseño

(A) AYUDA REDISEÑO DOS VELOCIDADES

(B) Al hacer un rediseño tomar en cuenta lo siguiente:

(C)

	TIPO (AMERICANO)	CONEXIONES*		RELACION DE HPS VELOC. ALTA/BAJA	
		ALTA	BAJA		
EL	HPS CONSTANTE	1D	2Y	1/1	S, TABLA 2
RP	PAR CONSTANTE	2Y	1D	2/1	RAS
MO	PAR VARIABLE	2Y	1Y	4/1	TABLA 2

Y = estrella, D = Delta

\* las conexiones pueden ser múltiples de los mostrados

Presione Enter o Esc. para continuar.

Si desea imprimir estos datos presione Shift+Prt Sc

REDISEÑO DE UN MOTOR TRIFASICO DE DOS VELOCIDADES. ING. A. PAEZ	FECHA: 11-16-1997 HORA : 15:23:46
--	--------------------------------------

Pot.HP	RPM	Polos	Densidad GAP	Densidad dientes	Densidad núcleo
3	1800	4	49941.73	88085.3	97105.3 Lin/Plg <sup>2</sup>
1.5	900	8	64873.51	114421.4	63069.12 Lin/Plg <sup>2</sup>

El embobinado tendrá 37 vueltas, Deberá incluir aprox. 1053.857 Circ. Mils.  
 El PASO de la bobina será de 1 a 5  
 La conexión será 2 Estrella - 1 Delta para 230 Volts

AYUDA REDISEÑO DOS VELOCIDADES

VELOC.	PAR CONSTANTE			ABIERTAS	UNIR	CONEXION
	L1	L2	L3			
BAJA	T1	T2	T3	4, 5, 6	-----	DELTA
ALTA	T6	T4	T5	-----	1, 2, 3	Y DOBLE

Y = ESTRELLA

Presione Enter o Esc. para continuar.

REDISEÑO DE UN MOTOR TRIFASICO  
DE DOS VELOCIDADES. ING. A. PAEZ

FECHA: 11-16-1997  
HORA : 15:23:46 Ayuda-->?

Pot.HP	RPM	Polos	Densidad GAP	Densidad dientes	Densidad núcleo
3	1800	4	49941.73	88085.3	97105.3 Lin/Plg <sup>2</sup>
1.5	900	8	64873.51	114421.4	63069.12 Lin/Plg <sup>2</sup>

El embobinado tendrá 37 vueltas, Deberá incluir aprox. 1053.857 Circ. Mils.  
El PASO de la bobina será de 1 a 5  
La conexión será 2 Estrella - 1 Delta para 230 Volts

Datos originales: 3 HPS, 220 Volts, 4 Polos, 60 HERTZ  
Dimenc.Núcleo: D.I.= 6 ,Long.= 2.4375 ,A.Diente= .3125 ,PROF. Núcleo= .8125  
Datos Orig.Emb.: 36 RANs, 36 BOBs, 24 VUELs, PAS 1 A 8 ,CONEC. 2 Estrella

El Calibre de Alambre fué 1 DE # 18

Otro Rediseño? Entre S o N , Ayuda ? Para Imprimir Shift+Prt Sc

REDISEÑO DE UN MOTOR TRIFASICO  
DE DOS VELOCIDADES. ING. A. PAEZ

FECHA: 11-28-1997  
HORA : 11:27:04

Pot.HP	RPM	Polos	Densidad GAP	Densidad dientes	Densidad núcleo
3	1800	4	49941.73	88085.3	97105.3 Lin/Plg <sup>2</sup>
1.5	900	8	64873.51	114421.4	63069.12 Lin/Plg <sup>2</sup>

CIRCULAR MILS= 1053.857

1.-DESEA VER TABLA DE CALIBRES MEDIOS ½

2.-CONTINUAR

Cal.	DIAM.	Circ.	Cal.	DIAM.	Circ.	Cal.	DIAM.	Circ.
AWG	Mils	Mils	AWG	Mils	Mils	AWG	Mils	Mils
7	144.3	20820	17	45.3	2050	27	14.2	202
8	128.5	16510	18	40.3	1620	28	12.6	159
9	114.4	13090	19	35.9	1290	29	11.3	128
10	101.9	10380	20	32.0	1020	30	10.0	100
11	90.7	8230	21	28.5	812	31	8.9	79.2
12	80.8	6530	22	25.3	640	32	8.0	64.0
13	72.0	5180	23	22.6	511	33	7.1	50.4
14	64.1	4110	24	20.1	404	34	6.3	39.7
15	57.1	3260	25	17.9	320	35	5.6	31.4
16	50.8	2580	26	15.9	253	36	5.0	25.0

o Esc Para CONTINUAR

ls.

25  
a



- 1.- Ejemplos Datos Motores
  - 2.- Entrada De Datos
  - 3.- Modificacion De Datos
  - 4.- Calculos Obtenidos
  - 5.- Caracteristicas Graficas
  - 6.- Salida
- Seleccion ->

( METODO RECOMENDADO PARA MOTORES DE INDUCCION DE PROPOSITOS GENERALES-  
 JALISA SIMPLE o ROTOR EMBOBINADO, NO DOBLE JAULA, NO MOTORES MONOFASICOS)

EJEMPLOS DE MOTORES TRIFASICOS: 11 300 HPS-1800 RPM.  
 12 100 HPS, 600 RPM, 50 HZ. 13 60 HPS, 1800 RPM.  
 14 30 HPS, 3600 RPM. 15 3 HPS, 1800 RPM. 16 174 HP, 1800 RPM  
 SELECCIONE " 1 " 2 " 3 " 4 " 5 " 6 " 1

101 NUMERO DE SERIE Y/O FABRICANTE= HTO04  
 112 HPS DE PLACA= 300.00  
 122 RESISTENCIA DEL EMOBINADO EN OHMS= 0.16  
 132 TEMPERATURA AMBIENTE GRAD. CENT.= 29.40  
 142 FRECUENCIA DE OPERACION EN HZ= 60.00  
 152 NUMERO DE POLOS= 4.00  
 162 Conexion Tipo ? ESTRELLA  
 \*\*\*DATOS DE LA FRUEBA EN VACIO.\*\*\*  
 172 V<sub>o</sub> VOLTAJE VOLTS = 447.66  
 182 I<sub>o</sub> AMPERAJE EN VACIO "AMPS" = 75.00  
 192 W<sub>o</sub> WATTS EN VACIO = 6720.00 FP = 0.12  
 \*\*\*DATOS DE LA FRUEBA A ROTOR BLOQUEADO, VOLTAJE REDUCIDO  
 1102 V<sub>s</sub> VOLTAJE VOLTS = 100.00  
 1112 I<sub>s</sub> AMPERAJE AMPERS = 420.00  
 1122 W<sub>s</sub> WATTS = 8000.00 FP = 0.11  
 PRESIONE "ENTER" PARA CONTINUAR.

- 1.- Ejemplos Datos Motores
- 2.- Entrada De Datos
- 3.- Modificación De Datos
- 4.- Cálculos Obtenidos
- 5.- Características Gráficas
- 6.- Salida

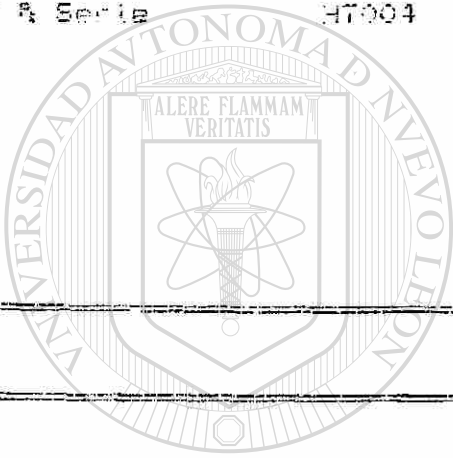
Selección      -      4

(MÉTODO RECOMENDADO PARA MOTORES DE INDUCCIÓN DE PROPOSITOS GENERALES-  
 JAULA SIMPLE o ROTOR EMBOBINADO, NO DOBLE JAULA, NO MOTORES MONOFASICOS)

	AMPS	HP	MÉTODO Pico WATT	TIPO "T" EFIC. %	FF%	DESPL.	PAR LB-FT.
30.00	83.83	1796.68	29139.8	76.80	44.83	0.06	87.75
60.00	101.28	1797.76	51239.9	86.68	65.76	0.12	175.62
90.00	103.86	1796.68	74221.6	90.46	77.28	0.19	263.60
120.00	149.39	1795.47	92886.4	92.40	87.64	0.25	351.69
150.00	176.70	1794.31	119675.1	93.53	87.32	0.32	439.89
180.00	205.22	1793.13	142473.0	94.35	89.54	0.38	528.22
210.00	234.62	1791.93	162592.5	94.72	90.92	0.45	616.67
240.00	264.74	1790.71	182418.9	95.00	91.79	0.52	703.24
270.00	295.49	1789.47	211534.5	95.22	92.33	0.59	791.95
300.00	326.85	1788.20	234750.6	95.34	92.63	0.66	882.77
330.00	358.81	1786.89	252071.8	95.39	92.76	0.73	971.78
360.00	391.38	1785.55	281504.0	95.40	92.76	0.80	1060.92

Cualquier Dato De Entrada Sin Load Producirá Un Aborto

	Metodo Tipo I	PARAMETROS
Corriente (AMPERAJE)	326.853 Amperes	r1= 0.009 ohms
Factor de Potencia (%)	92.629 %	ZS= 0.137 ohms
Eficiencia (%)	95.335 %	RS= 0.015 ohms
Deslizamiento (%)	0.636 %	r2= 0.006 ohms
Par Salida (Kg-m)	122.105 Kg-m	XS= 0.137 ohms
Par Salida (Lb-ft)	882.794 Lb-ft	X1=X2= 0.068 ohms
Potencia Max Salida (%)	281.691 %	*SIN TOMAR EN CUENTA -
Par Max De Salida (%)	291.121 %	SATURACION DE PARAMETROS
Velocidad Sincronica	1800.00 RPM	
Conexion Tipo	ESTRELLA	
Numero & Serie	H7004	



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

1.- Ejemplos Datos Motores

2.- Entrada De Datos

3.- Clasificación De Datos

4.- Calculos Obtenidos

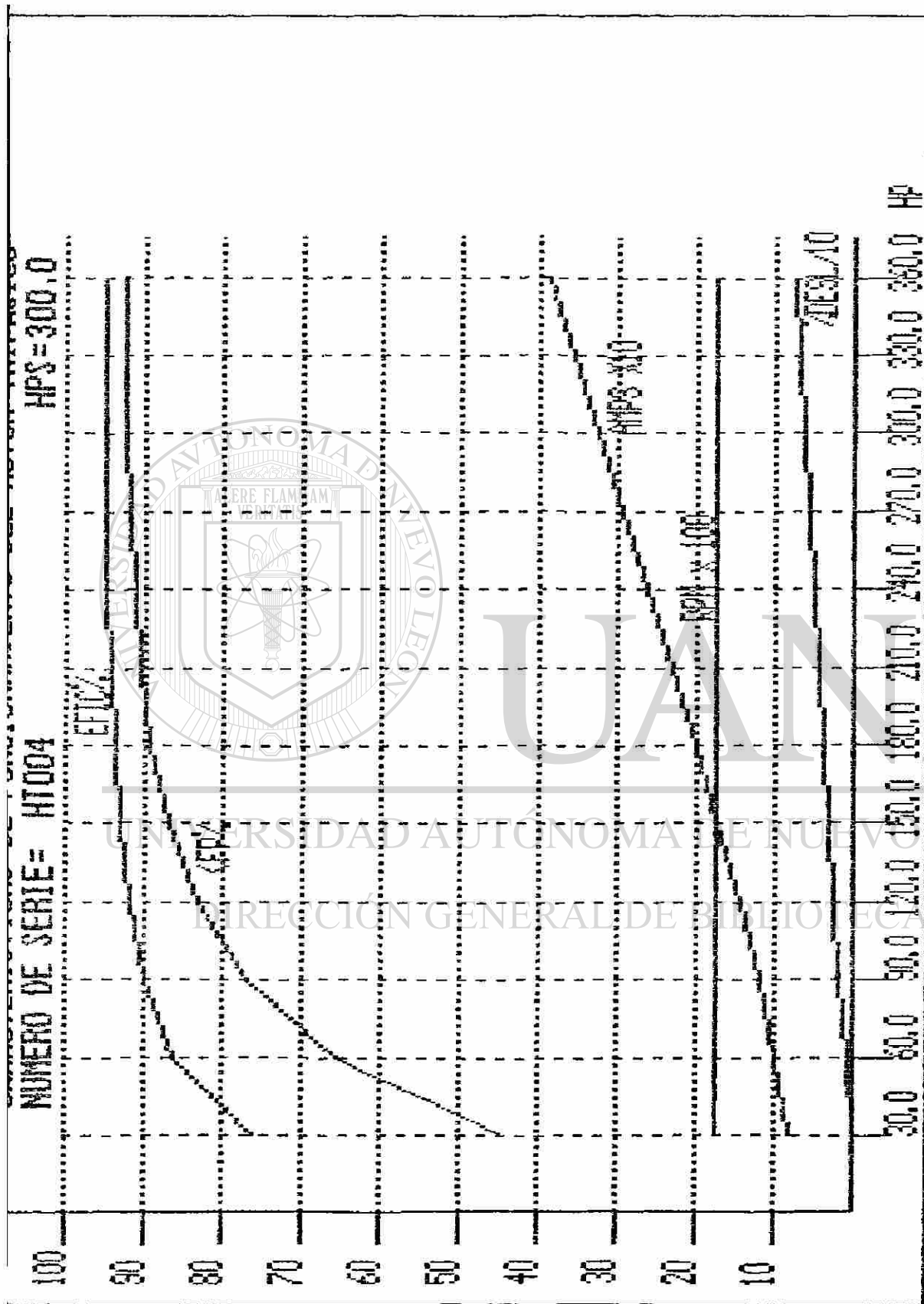
5.- Caracteristicas Graficas

6.- Salida

Seleccion -> 5

(METODO RECOMENDADO PARA MOTORES DE INDUCCION DE PROPOSITOS GENERALES- JAULA SIMPLE o ROTOR ENBOBINADO, NO DOBLE JAULA, NO MOTORES MONOFASICOS)





PROG. ROTOR REV. MAYO 1991

Calculo del Embobinado de un Rotor

Informacion Necesaria

Estator : Ranuras, Vueltas, Paso, Conexion

Rotor : Ranuras, Voltaje Deseado

Voltaje del Estator, Numero de Polos

(PARA INTRODUCIR SU CASO PRESIONE SOLO ENTER)

DESEA UD. VER EJEMPLOS 1,2 O 3(ULTIMO CASO)? 1

- (A) RANURAS EN EL ESTATOR=..... 72
- (B) EMBOBINADO? IMBRICADO(I) O CONCENTRICO(C)...1
- (C) VOLTAJE DEL ESTATOR=..... 220
- (D) CIRCUITOS EN PARALELO EN ESTATOR=..... 6
- (E) CONEXION DE ESTATOR ESTRELLA(E) O DELTA(D)...D
- (F) POLOS=..... 6

PRESIONE ENTER SI EL DATO ESTA CORRECTO O LA LETRA DE DATO A CORREGIR?

SI DESEA IMPRIMIR ESTOS DATOS PRESIONE SHIFT+Prt Sc

EMBOBINADO IMBRICADO O TRASLAPE

- (1) VUELTAS POR BOBINA EN EL ESTATOR = ..... 14
- (2) PASO I A ..... 11

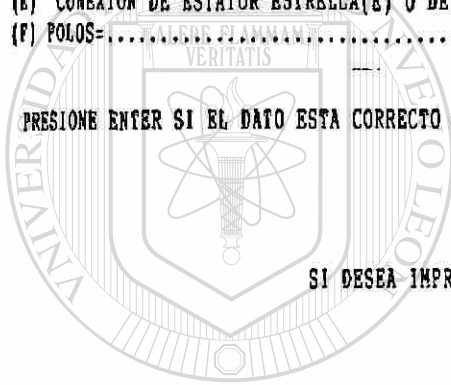
PRESIONE ENTER SI EL DATO ESTA CORRECTO O EL NUMERO DE DATO A CORREGIR?

SI DESEA IMPRIMIR ESTOS DATOS PRESIONE SHIFT+Prt Sc

DATOS ROTOR

- (1) RANURAS DEL ROTOR =..... 90
- (2) EL VOLTAJE DESEADO EN EL SECUNDARIO=..... 350

PRESIONE ENTER SI EL DATO ESTA CORRECTO O EL NUMERO DE DATO A CORREGIR?



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Vueltas 1 Estrella(s)	Paso 1 a	Fac. Paso	Vuelas 1 Delta(s)
1.655087 ----->	16	.9999997	2.868081
1.665139 ----->	15	.994444	2.884105
1.693129 ----->	14	.9780039	2.932586
1.741463 ----->	13	.9508595	3.016303
1.813066 ----->	12	.9133078	3.140322
1.91264 ----->	11	.8657598	3.31279

Deseas cambiar el número de vueltas cambiando el número de circuitos? TECLEE S O

N

? S

EL MAXIMO NUMERO DE CIRCUITOS ES 6

CUANTOS CIRCUITOS DESEAS PROBAR? 3

Vueltas 3 Estrella(s)	Paso 1 a	Fac. Paso	Voelas 3 Delta(s)
4.967662 ----->	16	.9999997	8.604243
4.995416 ----->	15	.994444	8.652314
5.079388 ----->	14	.9780039	8.797757
5.22439 ----->	13	.9508595	9.048909
5.439197 ----->	12	.9133078	9.420965
5.73792 ----->	11	.8657598	9.93837

Deseas cambiar el número de vueltas cambiando el número de circuitos? TECLEE S O

N

? N

SELECCIONA el dato mas cercano a un número entero de vueltas

CONEXION (E)STRELLA O (D)ELTA ? D VUELTAS CALCULADAS? 9.0489 PASO 1 A? 13  
VUELTAS REDONDEADAS A VALOR ENTERO? 9

LOS DATOS DEL ESTATOR ERAN 72 RANURAS 14 VUELTAS, PASO DE 1 A 11  
, CONECTADO 6 DELTA(S) PARA 220 VOLTS

EL ROTOR TIENE 90 RANURAS

EL EMBOBINADO DEL ROTOR TENDRA 9 VUELTAS

EL PASO SERA DE 1 A 13

LA CONEXION ES 3 DELTA(S)

ESTE DEVANADO PRODUCIRA EN EL ROTOR UN VOLTAJE DE 348.1086 VOLTS

ENTRE LA LETRA DE LA OPCION A EJECUTAR

C - CAMBIAR LOS DATOS DE ENTRADA

M - REGRESAR AL MENU PRINCIPAL

?

## ACERVO BIBLIOGRÁFICO Y DE REVISTAS.

### BIBLIOGRAFÍA:

- 1.- C.G. VEINOTT  
COMPUTER-AIDED DESIGN OF ELECTRIC MACHINERY,  
THE MIT PRESS. 1972, 168 pag.
- 2.- ING. ARMANDO PAEZ O.  
MOTORES ELÉCTRICOS DE CA Y SUS SISTEMAS DE CONTROL TOMOS Y, II  
FIME, UANL 200 pag.
- 3.- STANDARD OF JAPANESE ELECTROTECHNICAL COMMITTEE  
INDUCTION MACHINES  
JEC-37-1976 JAPAN, 114 pag.  
THE INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERS OF JAPAN.
- 4.- E. LEVI  
POLIPHASE MOTORS. A DIRECT APPROACH TO THEIR DESIGN,  
WILEY.
- 5.- P.L. ALGER  
THE NATURE OF POLYPHASE INDUCTION MACHINES.  
WILEY
- 6.- MICHAEL LIWSCHITZ-GARIK  
AC MACHINES  
D.VAN NOSTRAND CO. INC.
- 7.- JOHN H. KUHLMANN,  
DESIGN OF ELECTRICAL APPARATUS.  
JOHN WILEY, USA, 559 pag
- 8.- MICHAEL LIWSHITZ-GARIK, CELSO GEBTILINI  
WINDING A.C. MACHINES  
D. VAN NOSTRAN CO. INC. 1975.766 pag. USA
- 9.- E.A.S.A  
A.C. MOTOR REDESIGN MANUAL.  
1990 USA, 130 pag.
- 10.- J.H. WALKER  
LARGE SYNCHRONOUS MACHINES.DESIGN. MANUFACTURE, AND  
OPERATION.  
OXFORD SCIENCE PUBLICATION. 1981, USA .258.pag.
- 11.-M.G. SAY  
PERFORMANCE AND DISIGN OF ALTERNATING CURRENT MACHINERY

PITMAN & SON ,

12.-NORMA OFICIAL MEXICANA, DGN-J-75-1977

“MOTORES DE INDUCCIÓN DE CORRIENTE ALTERNA TIPO DE ROTOR EN  
CIRCUITO CORTO O DE JAULA”

13.- STEVE WOOD. USING TURBO PASCAL. BORLAND-OSBORNE,  
MC GRAW HILL, 1988, USA, 546 pag.

14.-MICROSOFT CORPORATION. QuickBasic. VERSION 4.5, MANUAL DE  
PROGRAMACIÓN USA , 458 paga.

15.- STEFAN DITTRICH. QuickBasic Toolbox, ABACUS,USA, 1991, 260 pag.

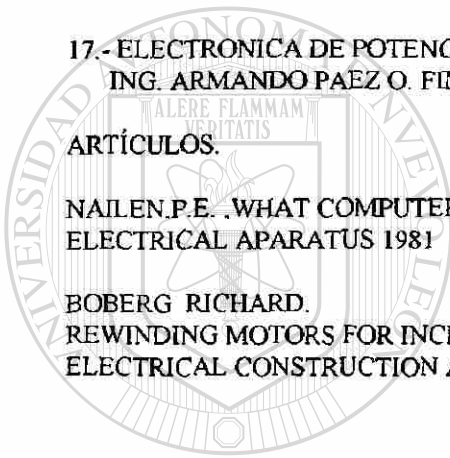
16.- ELECTRONICA DE POTENCIA DEL ESTADO SOLIDO TOMOS I  
ING. ARMANDO PAEZ O. FIME UANL

17.- ELECTRONICA DE POTENCIA DEL ESTADO SOLIDO TOMOS II  
ING. ARMANDO PAEZ O. FIME UANL

#### ARTÍCULOS.

NAILEN.P.E. .WHAT COMPUTERS CAN- AND CANNOT- DO IN MOTOR REDISIGN.  
ELECTRICAL APARATUS 1981

BOBERG RICHARD.  
REWINDING MOTORS FOR INCREASED HP  
ELECTRICAL CONSTRUCTION AND MAINTENINCE.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

