



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA



**MODULO DE ASIGNATURAS OPTATIVAS SOBRE
DISEÑO DE EQUIPO ELECTRICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N:

JUSTO LOPEZ REYES

JAVIER RAMIREZ SANTA FE

ANAFELYS SISO MATA

DIRECTOR DE TESIS: ING. VICTOR PEREZ AMADOR

MEXICO, D. F.

1985.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

- I.- SITUACION NACIONAL SOBRE EL DISEÑO DE EQUIPO ELECTRICO.**
- II.- REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE EQUIPO ELECTRICO.**
- III.- ESTRUCTURACION DE MATERIAS**
- IV.- ESTRUCTURACION DE PROGRAMAS**
- V.- LA IMPORTANCIA DE LOS LABORATORIOS EN LAS ASIGNATURAS SOBRE DISEÑO DE EQUIPO ELECTRICO.**

- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- BIBLIOGRAFIA**

C O N T E N I D O

Página

I.- SITUACION NACIONAL SOBRE EL DISEÑO DE EQUIPO ELECTRICO	3
1.- LA INDUSTRIA ELECTRICA EN MEXICO	3
1.1. Comentario	3
1.2. Diseño y Fabricación de Equipo Eléctrico en México	8
2.- TRANSFORMADORES	9
2.1. Antecedentes	9
2.2. Nivel Tecnológico	12
2.3. Competitividad	14
2.4. Aspectos Diversos	15
2.5. Empresas Fabricantes	20
3.- MOTORES	22
3.1. Antecedentes	22
3.2. Nivel Tecnológico	24
3.3. Competitividad	24
3.4. Clasificación de Motores Eléctricos	24
3.5. Clasificación y empresas fabricantes	25
3.6. Motores de Inducción tipo Jaula de Ardilla	30
3.7. Empresas Fabricantes	33
4.- GENERADORES	48
4.1. Comentario	48
4.2. Empresas Fabricantes	49
4.3. Generación de Energía Eléctrica en algunos países .	50
4.4. Consumo de Energía Eléctrica en algunos países . .	51
II.- REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE EQUIPO ELECTRICO . . .	52
1.- REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO	52
1.1. Definición	52
1.2. Necesidad	52
1.3. Planteamiento del Problema	52
1.4. Análisis del problema	54

	Página
1.5. Especificación	56
1.6. Normalización	56
1.7. Materiales	61
1.8. Diseño	63
1.9. Proceso de Manufactura	69
1.10. Pruebas	70
2.- TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION Y DE POTENCIA . . .	70
2.1. Teoría Básica	70
2.2. Clasificación	76
2.3. Partes constitutivas del Transformador	79
2.4. Diseño	87
2.5. Proceso de Manufactura	89
2.6. Pruebas	90
3.- MOTORES DE INDUCCION TIPO JAULA DE ARDILLA	99
3.1. Teoría Básica	99
3.2. Clasificación	116
3.3. Características de Operación	119
3.4. Diseño	137
3.5. Proceso de Manufactura	153
3.6. Pruebas	153
III.- ESTRUCTURACION DE MATERIAS	155
1.- Antecedentes Básicos	155
2.- Asignaturas Propuestas	158
2.1. Ferromagnetismo	158
2.2. Normalización	159
2.3. Diseño de Transformadores de Distribución y de Potencia	161
2.4. Diseño de Motores de Inducción Tipo Jaula de Ar- dilla	162
2.5. Enfriamiento de Equipo Eléctrico	163

	Página
IV.- ESTRUCTURACION DE PROGRAMAS	164
1.- Asignatura de Ferrromagnetismo	165
2.- Asignatura de Normalización	170
3.- Asignatura de Diseño de Transformadores de Distri- bución y de Potencia	177
4.- Asignatura de Diseño de Motores de Inducción Tipo Jaula de Ardilla	184
V.- LA IMPORTANCIA DE LOS LABORATORIOS EN LAS ASIGNATURAS SOBRE DISEÑO DE EQUIPO ELECTRICO	190
1.- Comentario	190
2.- Laboratorio de Ferrromagnetismo	192
3.- Laboratorio de Diseño de Transformadores de Dis- tribución y de Potencia	193
4.- Laboratorio de Diseño de Motores de Inducción Tipo Jaula de Ardilla	197
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	198
- BIBLIOGRAFIA	201

I N T R O D U C C I O N

Es evidente que en todo país subdesarrollado o del "tercer mundo", como se ha dado en llamarles, no existe una investigación científica abundante, casi parece ser un axioma de nuestros días el hecho de que todo país altamente desarrollado, base su auge industrial y económico sobre una intensa actividad científica.

El caso contrario no se detecta, es decir, no existe ningún país con fuertes gastos y programas de investigación científica que al mismo tiempo pertenezca a la órbita del tercer mundo.

Cierto es que el tercer mundo no puede distraer muchos recursos hacia la investigación científica. México destina unicamente el 0.08 por ciento de su producto nacional bruto hacia el impulso de este tipo de actividades.

Del control de la ciencia y la tecnología por nosotros mismos dependerá en gran parte nuestra libertad. Actualmente, todos los pueblos están interesados en realizar sus propios avances; los que lo hagan mejor decidirán prioridades en el contexto mundial, por lo menos mientras se mantenga el status actual. Este panorama obliga a acelerar nuestro desarrollo, pero tal desarrollo no es factible si se carece de la habilidad para percibir en forma crítica los fenómenos naturales y sociales.

La situación económica por la que atraviesa el país, hace necesario concentrar la atención en el diseño y fabricación nacional de equipos. Este imperativo cobra especial importancia en la industria eléctrica, en la que el suministro del exterior es todavía alto en lo que respecta a equipo y materiales.

Esta realidad, costosa desde el punto de vista económico, significa un reto para las tareas de investigación y desarrollo que deben producir resultados congruentes con las necesidades de la industria. El 95% del equipo eléctrico existente en el país es de origen extranjero, lo que implica que se tengan que pagar regalías a las empresas transnacionales por el derecho a usar sus patentes o licen-

cia para la fabricación de equipo; además de que se aumenta la dependencia tecnológica hacia los países industrializados.

El objetivo del presente trabajo es colaborar en el aspecto académico, para hacer posible que el diseño y fabricación de equipo eléctrico sea de origen nacional, proponiendo la creación de un nuevo módulo de asignaturas optativas sobre "Diseño de Equipo Eléctrico" en el plan de estudios de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, que se imparte en la facultad de Ingeniería de la U.N.A.M.

El Ingeniero, dada la característica de su formación, tiene que estar sujeto siempre al campo tecnológico en el desarrollo del país, sin embargo, se le da poca o nula importancia a su formación científica, olvidando que si se desea un profesional crítico, capaz de transformar un estado dependiente en el aspecto tecnológico, debe contar dentro de su curriculum con un alto porcentaje de material científico, pues de lo contrario no será capaz de realizar ningún cambio ni proponer nuevos patrones tecnológicos que puedan ayudar al país a liberarse de uno de los factores que más le perjudican: la dependencia tecnológica, pagada a un precio excesivamente alto para nuestro pueblo.

La enseñanza histórica debe considerarse, dado que la ingeniería mecánica y eléctrica no ha tenido necesidad de enfrentar una situación general de crisis en la que tenga que recurrir a sus propios recursos. Es más fácil y cómodo recurrir a manuales tecnológicos extranjeros, que tratar de crear algo nuevo. Con base en esto, se hace necesaria una acción política mínima dentro de los sistemas educativos; es decir, no basta incrementar el contenido científico del curriculum, debe también hacerse ver a los alumnos las dificultades que tendrán que encarar, una vez que se enfrenten al medio.

El amplio campo de acción de la ingeniería mecánica y eléctrica, la necesidad más aguda de conocimientos científicos y sobre todo la característica cada vez más compleja de los problemas tecnológicos de nuestros días, hacen evidente el hecho de que si los defectos de nuestros sistemas de enseñanza no se atacan con toda valentía, y desde luego, con metodología científica, no será posible crear las -

condiciones y los nombres para el cambio, ya no se diga de sistema social, sino simplemente de dependencia tecnológica y científica.

Los alumnos que cursen dicho módulo estarán capacitados para diseñar y supervisar la fabricación de equipo eléctrico, fundamentados en conocimientos teóricos y complementados con bases experimentales sólidas, para lograr diseños óptimos desde los puntos de vista técnico y económico; también estarán capacitados para efectuar pruebas normalizadas al equipo, así como de su operación y mantenimiento.

El presente trabajo primeramente se analiza la situación nacional sobre el diseño de equipo eléctrico, para conocer qué equipo es el más utilizado, así como que sea factible, técnica y económicamente de diseñar y fabricar en México; teniendo como resultado que este equipo eléctrico lo constituyen los transformadores de distribución y de potencia, y de los motores de inducción tipo jaula de ardilla, que es el equipo que se va a analizar.

Se mencionan los aspectos más relevantes para el diseño de equipo eléctrico, así como los antecedentes académicos necesarios para poder cursar satisfactoriamente el módulo y finalmente proponer los programas de asignatura para Ferromagnetismo, Normalización, Diseño de Transformadores de Distribución y de Potencia, Diseño de Motores de Inducción Tipo Jaula de Ardilla, con sus respectivos laboratorios.

ACTIVIDADES DE EGRESADOS DE INGENIERIA
MECANICA Y ELECTRICA

PRODUCCION	55.3%
MANTENIMIENTO	11.2%
INVESTIGACION Y DISEÑO	13.1%
ADMINISTRACION	12.5%
VENTAS	7.9%

Desearnos expresar los más sinceros agradecimientos a la División de Equipos del I.I.E. (Instituto de Investigaciones Eléctricas), y en particular al Ing. Fernando Ciprian Avila, por todas las facilidades brindadas para la elaboración del presente trabajo; así como - al Ing. Eduardo Sánchez Michaca por permitirnos escribir el programa de la asignatura de Normalización de su tesis profesional para la elaboración del programa de Normalización.

Fabricación y ensamble de maquinaria, equipo, accesorios
y artículos eléctricos y sus partes

<u>PRODUCTO</u>	<u>CANTIDAD</u> (piezas)	<u>VALOR</u> (miles de pesos)
Transformadores eléctricos	32 699	467 944
Motores eléctricos	64 142	358 023
Subestaciones eléctricas	1 934	220 273
Transformadores de distribución	6 106	185 523
Reguladores	390 499	119 673
Reactores de energía eléctrica	1 121 000	113 601
Tableros de control	524	113 260
Tableros de Alta y Baja tensión	1 554	80 455
Motores eléctricos subfraccionarios	235 108	75 343
Transformadores para alta tensión	583	69 019
Interruptores de fusibles	64 210	67 243
Motores eléctricos para pulir metales	65 143	65 545
Transformadores diversos tipos	280 845	55 825
Condensadores	2 791 000	53 758
Centros de control	1 104	52 977
Transformadores de Potencia	179	50 935
Interruptores	1 016	45 503
Centros de control y carga	288 454	43 702
Máquinas para soldar	2 639	26 825
Transformadores de control	13 318	25 292
Hornos para fundición de metales	5	18 740
Tableros eléctricos	654	18 155
Tableros de alumbrado	4 712	17 674
Accesorios eléctricos	150 628	16 292
Embobinados de motores	1 005	14 785
Hornos industriales	44	14 633
Tableros de distribución eléctrica	157 000	12 689
Interruptores termomagnéticos	13 742	10 193
Eliminadores de baterías	46 182	9 755

CAPITULO I

SITUACION NACIONAL SOBRE EL DISEÑO DE EQUIPO ELECTRNICO

1.- LA INDUSTRIA ELECTRICA EN MEXICO

1.1. COMENTARIO

Los procesos industriales normalmente requieren de la conversión de energía de una forma ya disponible a otra más adecuada -- para su utilización, a los aparatos encargados de realizar tal conversión de energía se les denomina transductores, los tipos más comunes de transductores son:

- a) Electromagnetos
- b) Transformadores
- c) Motores Eléctricos
- d) Generadores Eléctricos

Los motores eléctricos así como los generadores de uso comercial son posiblemente en su totalidad aparatos electromagnéticos que efectúan una conversión de energía utilizando el campo magnético como el medio acoplador entre su elemento estacionario y un elemento en movimiento.

Actualmente el diseño en México de estos transductores se encuentra en franco desarrollo, ya que apenas se investiga sobre la posibilidad de materiales sustitutos que permitan la implementación de dichos transductores en el país sin recurrir a la importación de materiales, dichas investigaciones se llevan a cabo en centros de investigación auspiciados tanto por el gobierno como por empresas particulares dedicadas a la producción de máquinas eléctricas.

Para tener una visión más clara de la producción de dispositivos eléctricos veamos una muestra de el censo industrial levantado en 1979, por la Secretaría de Programación y Presupuesto. En el cual se observa el número de aparatos construidos así como el costo de los mismos y basados en la producción de los mismos detallaremos los principales centros de producción. Distribuidos en el país.

Inductores	446	9 153
Bobinas electrónicas para motores	192 032	9 107
Fusibles	8 721	8 157
Interruptores en aire	804	8 055
Polipastos eléctricos	340	5 803
Embragues electromagnéticos	3 514	4 808
Autotransformadores eléctricos	3 256	4 680
Elementos electrotérmicos	15 913	4 650
Conmutadores	541 207	4 405
Motor y embobinado	10 700	4 155
Reguladores de voltaje para Locomotora	391	3 829
Capacitores de uso industrial	2 055	3 768
Relevadores	9 640	3 437
Cuchillas de alta tensión	352	2 857
Cargadores de baterías	1 630	2 817
Gabinetes para alumbrado	5 354	2 811
Electroimán	5 149	2 687
Magnetos	229 000	2 651
Motoveriadores eléctricos	456	2 420
Barra de ferrita	30 000 kg.	2 415
Interruptores de seguridad	95	1 935
Gabinetes de control	123	1 918
Núcleos de hierro para bobinas	104 000 Kg.	1 910
Controles eléctricos	425	1 832
Resistencias para frenos	158	1 733
Terminales monofásicas y trifásicas	1 991	1 706
Reguladores trifásicos	52	1 503
Convertidores de corriente	7	1 197
Accesorios para transformador	972	1 039
Rectificadores de corriente	204	822
Cuchillas tripolares	1 897	678
Transformadores de vacío	11	590

Distribución de centros de construcción de maquinaria eléctrica en los diferentes Estados del país. (las cantidades son por mil).

<u>ESTADO</u>	<u>No.de estab.</u>	<u>Capital inv.</u>	<u>Prod.bruta total</u>	<u>Mat.Prim. Consum.</u>	<u>Otros Insumos</u>
Aguaescalientes	-	-	-	-	-
Baja Calif.Nte.	11	3 760	13 861	1 100	2 553
Baja Calif.Sur	-	-	-	-	-
Campeche	-	-	-	-	-
Coahuila	7	7 143	34 386	20 763	2 818
Chiapas	-	-	-	-	-
Chihuahua	13	87 710	226 303	10 114	28 226
D.F.	213	845 376	2052 232	860 622	321 222
Durango	4	6 535	2 549	997	54
Edo. de Méx.	39	439 158	1105 054	457 335	113 884
Guanajuato	12	31 416	38 861	17 355	5 476
Guerrero	-	-	-	-	-
Hidalgo	3	1 609	4 849	2 653	783
Jalisco	18	86 819	197 732	71 682	63 365
Michoacán	4	5 239	4 052	1 363	34
Morelos	3	21 848	45 568	23 505	2 736
Nayarit	-	-	-	-	-
Nuevo León	31	172 465	335 838	115 807	28 206
Oaxaca	3	245	708	88	85
Puebla	12	11 848	29 131	15 106	1 419
Querétaro	4	6 535	2 549	997	54
S.L.P.	4	6 535	2 549	997	54
Sinaloa	3	163	820	137	24
Sonora	3	1 281	14 857	408	1 516
Tabasco	3	245	708	88	85
Tamaulipas	4	1 743	16 759	2 057	2 430
Tlaxcala	3	245	708	88	85
Veracruz	7	3 250	7 261	3 150	227

El resumen total de la industria eléctrica en 1979 es:

Número de establecimientos	393
Producción bruta	4 128 393 000
Insumos totales	2 179 386 000
Salarios	965 232 000
Intereses s/préstamos	70 905 000
Gastos de asesoría técnica y transferencia de tecnología	67 392 000
Alquiler de equipo	5 719 000
Otros	35 621 000
Depreciación	46 839 000
Gastos diversos	757 299 000
Total	1 949 007 000

De acuerdo a la creciente demanda de energía eléctrica podemos deducir el consecuente aumento de la industria eléctrica.

Capacidad instalada en operación. (Megawatts):

	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>
Total Nacional	11 210	11 978	13 766	16 033	16 382	16
Sector público	9 830	11 460	12 092	13 992	14 298	14
Sector privado	1 218	1 356	1 546	1 918	1 960	2
Sector Mixto	162	162	128	123	123	

De las tablas anteriores observamos la creciente necesidad de aumentar la capacidad de generación de energía eléctrica la cual es una característica de evaluación de los países industrializados o los que están en vías de desarrollo industrial; para justificar mejor esto, analizaremos la situación sobre el diseño y fabricación de equipo eléctrico en México, en donde no solamente se contemplará el equipo eléctrico para la generación de energía eléctrica, también para el consumo de energía eléctrica que obviamente acarrea las actividades fundamentales del país en donde se requiere de energía eléctrica.

ca.

1.2. DISEÑO Y FABRICACION DE EQUIPO ELECTRNICO EN MEXICO.

El diseño y fabricación de equipo eléctrico en México ha tenido una rápida evolución asociada a la demanda del sector productivo principalmente. Esta evolución se ha caracterizado por impulsar la diversificación de equipo eléctrico utilizado en el país

Como también se puede observar de las tablas anteriores sobre el "productos eléctricos en México", estos son muy variados; por lo que dedicarnos a analizar su diseño y fabricación nos llevaría bastante tiempo de acuerdo a la magnitud del presente trabajo, además de que gran parte de éstos productos no son producidos totalmente en el país (aquí únicamente se fabrican partes auxiliares y ensamblan) y no es porque no son factibles de poder fabricarlo, sino porque las compañías fabricantes son sucursales de compañías transnacionales de los países desarrollados, los cuales no admiten sugerencias con respecto al diseño y fabricación de sus productos por parte del ingeniero mexicano. Por las razones expuestas anteriormente nos dedicaremos a analizar únicamente a aquel equipo eléctrico que sea de gran demanda en el país y que sea factible de diseñar y fabricar en México.

La demanda de transformadores es principalmente por parte del sector público para electrificar al país. Los transformadores son un componente básico de las instalaciones de la C.F.E. por cada MW de capacidad de generación, se necesitan 4 MW en transformadores, antes de que el usuario pueda utilizar la energía eléctrica. Como en el país existe una capacidad de generación de cerca de 17,000 MW, la capacidad de los transformadores instalados debe ser más de 68,000 MW. De acuerdo con el Plan Nacional de Energía, el sistema eléctrico nacional tendrá una tasa media anual de crecimiento superior al 11%, hasta el año 2000. Esto significa que se necesitará instalar transformadores entre los años de 1982 - 2000, equivalentes a más de 400,000 MW; esta cifra es mayor en más de cinco veces a la cantidad de transformadores instalados actualmen

te.

En toda actividad que implique la realización de un trabajo mecánico se requiere de un elemento motriz y éste es un conversor de una cualquiera de las formas de energía, en energía mecánica. Entre los conversores económicamente justificables, el motor eléctrico se ha convertido en el dispositivo idóneo como fuente de -- fuerza motriz en casi todas las necesidades cotidianas de la sociedad y del individuo, y sería obvio el describir todas sus aplicaciones. Por otra parte, la gran cantidad de energía consumida por los motores eléctricos, que constantemente están operando para producir los servicios que requiere el país, implica la responsabilidad de minimizar el consumo de energéticos y esto sólo puede lograrse con motores de la máxima eficiencia rentable.

Un área de equipo eléctrico de gran importancia tanto para -- los países industrializados, como para los en desarrollo, es la -- constituida por los generadores eléctricos, debido a que éstos son los encargados de generar la energía eléctrica demandada. En México los generadores eléctricos, son una de las áreas tecnológicas -- que no se encuentra en vía de desarrollo; por la escasez de centros tanto de diseño como de fabricación, razón por la cual no profundizaremos en este tema, únicamente se dará información elemental a -- manera de nota.

2.- TRANSFORMADORES

2.1. ANTECEDENTES.

Se inicia la fabricación de transformadores en México en la -- década de los cuarenta, estimulada principalmente por las carencias a que obligó la segunda guerra mundial. Inmediatamente después, en 1948, se inicia la fabricación de transformadores en la primera industria de manufacturas eléctricas "grande" que se estableció en el país. La planta industrial crece gradualmente en número y en la -- complejidad de los productos. Actualmente existen más de 25 empre-

sas fabricantes y desde el punto de vista de complejidad del producto, pueden fabricarse en México practicamente todos los tipos de transformadores que requiere el sector público y la industria manufacturera. Son indicación del alcance de este "hecho" la fabricación de transformadores de potencia y de medición para 400 KW la tensión más alta con la que opera C.F.E., que se realiza por tres empresas o bien la fabricación de transformadores para hornos eléctricos y otros equipos especializados para la industria manufacturera.

La evolución tecnológica de este renglón industrial en el mundo ha sido relativamente lenta. Desde su inicio, a fines del siglo pasado, la fabricación de transformadores ha evolucionado buscando incrementar eficiencia (disminuir pérdidas en la transformación) atender a las necesidades de mayores tensiones y disminuir los costos de los aparatos, principalmente mediante el uso de mejores materiales. En paralelo se han desarrollado algunos conceptos constructivos y de manufactura que han significado mejoras en los costos de producción y en la confiabilidad de los aparatos. Sin embargo, los transformadores continuan siendo el mismo diseño "conceptual" que el utilizado desde el inicio de la industria.

En México, la manufactura se inicia utilizando la técnica convencional de fabricación de núcleos formados con el apilamiento de laminas de acero magnético, conductores de cobre y sistemas aislantes a base de papel-aceite o papel-algodón-aceite. Gradualmente, conforme avanzan los requerimientos se avanza desde transformadores de distribución (de tensiones y capacidad reducidas), menores de 500 kVA (500 KVA) y de 69 kV (69 KV) hacia los transformadores de potencia, mayores de 500 KVA (500 kVA) y de 69 kV (69 KV).

Para 1960 ya se fabrican en México aparatos de 100,000 KVA y para servicio de tensiones de 230 kV. En 1973 se inicia la fabricación de transformadores de medición para 400 KV y en 1980 se entregan los primeros transformadores de potencia para redes de esta tensión.

Son los materiales el agente de cambio más activo, si bien influye relativamente poco en la tecnología de manufactura. Destacan en la industria en México la utilización de aislamientos -- termoestabilizados que permiten la operación del transformador a temperaturas más altas, sin demérito de su vida útil y consecuentemente una reducción en el costo de los aparatos, al ser factibles obtener más capacidad del mismo conjunto núcleo-bobinas. Así mismo la adopción de materiales magnéticos de pérdidas menores, - hace factible la construcción de aparatos eficientes. Cabe mencionar que estos materiales no se producen en el país. Desde el punto de vista de la tecnología de manufactura pueden destacarse la fabricación de núcleos arrollados, la manufactura de grandes - transformadores con el esquema de construcción "acorazada" y como avance en la construcción de transformadores secos, la fabricación de transformadores encapsulados. La fabricación de núcleos arrollados significa aumentar la inversión en maquinaria y equipo con respecto a la fabricación "convencional" de núcleo apilado, pero significando ahorros sustanciales en mano de obra y en materiales.

Esta tecnología ha sido de adopción relativamente lenta en México.

Los transformadores encapsulados también requieren de tecnología de manufactura especializada que se justifica por la confiabilidad y economía alcanzada en el producto final. En este panorama cabe mencionar, el desarrollo de aceites aislantes nacionales, - llevado a cabo por PEMEX y la CFE.

Por las características de los crudos mexicanos, durante mucho tiempo se consideró que la fabricación de aceites aislantes en México no sería factible. Sin embargo, se lograron resolver los - problemas de producción y actualmente el aceite natural es comparable en calidad, para las aplicaciones nacionales en las que no se tienen temperaturas ambiente excesivamente bajas, con el producto extranjero. De hecho esta experiencia mexicana despertó el interés de otros países con problemas similares y se han realizado, --

por parte de CFE, intercambios de experiencia en este desarrollo tecnológico.

La tecnología extranjera ha tenido un papel significativo, puede decirse que los avances en la rama, por cambio en materiales, en tecnología de diseño o de manufactura o por el crecimiento a capacidades y tensiones mayores, han sido iniciados con base en tecnología extranjera. Actualmente seis de las diez empresas fabricantes en México trabajan con tecnología extranjera.

2.2. NIVEL TECNOLÓGICO.

El nivel tecnológico de la industria de transformadores en México en general presenta varias deficiencias en relación con la tecnología de las empresas líderes a nivel mundial. Las comparaciones que se hacen desde el punto de vista tecnológico, de la situación de la rama de transformadores eléctricos en México se refieren principalmente al Japón y a los Estados Unidos, países que representan la relación comercial o tecnológica más importante, para esta familia de producto en México.

2.2.1. Transformadores de Distribución.

En esta familia de transformadores el bajo nivel tecnológico se nota por la relación peso/potencia, la cual presenta una gran dispersión y es mucho mayor que la de los transformadores extranjeros. Esto es causado por una tecnología poco avanzada en el diseño del transformador. Para diseñar un transformador se deben tomar en cuenta los costos de los materiales implicados y el costo de las pérdidas. Una buena tecnología de diseño permite fabricar transformadores de bajo peso, bajo costo y bajas pérdidas.

Las empresas más importantes fabricantes de transformadores las que tienen mayor acceso a la tecnología, han ido abandonando la fabricación de los transformadores de distribución para dedicarse a transformadores más sofisticados. Esto ha ocasionado que

la fabricación de transformadores de distribución haya recaído en compañías con tecnología poco sofisticada, que están fabricando - por lo general, productos cuyo diseño es deficiente relativamente. Aparte de la tecnología de diseño existen otros aspectos tecnológicos que han sido descuidados por los fabricantes nacionales:

- Uso de conductores de aluminio
- Uso de papales aislantes con resinas
- Núcleo enrollado en vez de núcleo apilado
- Tratamiento incorrecto de los núcleos que producen un alto "factor de destrucción".

El hecho de que el sector privado no se muestre exigente -- respecto a las "pérdidas" en el transformador, ha ocasionado que los fabricantes descuiden este punto, ya que los transformadores con altas pérdidas, siempre tendrán salida en el sector privado.

El hecho de que la fabricación de los transformadores de -- distribución esté en manos de muchas empresas, cada una con poca inversión, pocos recursos, con escasos de mano de obra calificada trabajando a bajos volúmenes, también ha contribuido para que la tecnología que se usa sea poco avanzada, incluyendo la tecnología de manufactura.

2.2.2. Transformadores de Potencia.

Lo mismo que se ha señalado de los transformadores de dis-- tribución puede decirse de los de potencia: ha faltado innovación y propósito de eliminar la brecha tecnológica. Las pequeñas em-- presas no tienen recursos para innovar en tecnología, diseño o -- procesos. Sin embargo son competitivas con respecto a las mayores las cuales tienen que dedicarse a producir la gama de productos - de mayor complejidad.

Han sido las empresas grandes las que han introducido las - innovaciones tecnológicas; la innovación tecnológica suele hacerse por copia o adaptación de las tecnologías extranjeras, al adap

terse tecnologías no competitivas.

2.2.3. Transformadores de Medición.

En esta familia prácticamente existe una sola compañía que surte más del 95% del mercado nacional, el cual a su vez está - constituido en más del 90% por la C.F.E.; esta compañía es filial de una empresa que es considerada líder mundial en transformadores de medición. La tecnología de diseño de esta compañía es lo suficientemente avanzada para que se pueda competir en los mercados internacionales y exporte alrededor del 15% de su producción.

2.3. COMPETITIVIDAD.

En términos generales la industria de transformadores en México no tiene competitividad a nivel exportación, con la excepción de la empresa fabricante de transformadores de medición. Tanto los transformadores de distribución como los de potencia, se ofrecen en el país a un precio superior (en promedio) en 60% a los mismos artículos en el mercado internacional.

Las causas de esta diferencia de precios, son las siguientes:

- Diseños deficientes que producen artículos con exceso de materiales (20 a 30 %) respecto a los diseños optimizados.
- Diseños atrezados, que no hacen uso de ciertas mejoras que permiten fabricar a menor costo; uso de conductores de aluminio, fabricación con núcleos enrollados, uso de papeles aislantes con resinas, etc.
- Procesos de manufactura y métodos de trabajo deficientes - que requieren más mano de obra y reducen la capacidad de producción de las instalaciones. En otras palabras, baja productividad.
- Falta de control de calidad, lo cual ocasiona que se incurra en costos cuantiosos, por concepto de desperdicios, re

trabajos, reparaciones y fallas en el campo.

- Altos costos de administración que gravan el producto y lo vuelven poco competitivo.
- Dependencia de ciertos insumos de importación (acero al ciclo) que representa un porcentaje considerable del costo y que se adquieren ya encarecidos con respecto a los países que sí los producen.
- Condiciones del mercado internacional de transformadores, sobre todo de potencia en el que supuestamente se venden a precios "dumping".

La forma en que se cotizan las empresas nacionales fabricantes de transformadores es sintomática de su competitividad.

2.4. ASPECTOS DIVERSOS.

La manufactura de transformadores en México tiene gran importancia puesto que representa el 35% del mercado de manufacturas -- eléctricas de bienes de capital. Considerando cuatro aspectos básicos de evaluación, como son:

2.4.1. Organización Empresarial.

De los seis fabricantes principales de transformadores que atienden el 60% del mercado nacional, se puede decir que cuentan con una organización adecuada para atender las necesidades del producto. Seis compañías que atienden el 20% de las necesidades del mercado cuentan con una organización que va de lo suficiente a lo insuficiente.

2.4.2. Investigación y Desarrollo.

En este campo se puede decir que ninguna de las empresas nacionales cuenta con programas de investigación y desarrollo tendientes a obtener innovaciones en el producto. Las innovaciones tecnológicas que han adoptado algunas compañías son copiadas o licenciadas.

das de alguna manera de grandes empresas del extranjero que sí -- cuentan con programas y recursos formales de investigación y desarrollo, en consecuencia los diseños mecánicos, los diseños eléctricos, nuevos materiales y nuevos procesos de manufactura con -- que cuentan los fabricantes nacionales son de procedencia extranjera en su mayor parte, por lo que desde el punto de vista tecnológico el estado de la investigación y desarrollo de procedencia nacional se encuentra en mala situación, con respecto al extranjero.

2.4.2.1. Diseño Mecánico.

En general, en el país se usan como referencia, diseños mecánicos de procedencia extranjera, la mayoría de las veces, éstos -- se adaptan a las condiciones particulares de la demanda en nuestro país. Las adaptaciones por lo general son buenas, sin embargo es notorio que se usa más materia prima que la óptima posible debido principalmente a las siguientes razones:

- Falta de ingeniería de manufactura
- Falta de diseños eléctricos de costo optimizado
- Obsolescencia de diseños
- Falta de materia prima que permita obtener optimizaciones -- de costo en los diseños.
- Falta de calidad en los materiales.

En cuanto a prototipos y dibujos su ejecución es una práctica normalmente aceptada de buena calidad, pero como consecuencia -- del diseño los sitúa en una situación regular.

2.4. .2. Diseño Eléctrico.

La situación en este campo resulta semejante al presentado -- en Diseño Mecánico, y es más grave aún, ya que la falta de diseños eléctricos optimizados es la causa de los efectos en el diseño mecánico (uso de más material de lo debido). Esto se debe a las -- causas siguientes:

- falta de preparación y facilidades para implementar los últimos avances en diseño.
- falta de programas mecanizados para optimización de costos de diseño.
- falta de equipo apropiado para manejar la manufactura de partes con diseños modernos.
- falta de conceptos de ingeniería de manufactura.
- No se dispone de materia prima suficiente para igualar optimizaciones de costo como las logradas en los países más avanzados.
- falta de calidad en materiales producidos en el país.

La adaptación y manufactura de prototipos al igual que en el diseño mecánico es adecuada, pero como consecuencia de lo expuesto anteriormente se sitúa en una posición "regular".

2.4.2.3. Nuevos Materiales.

Como consecuencia de la falta de investigación y desarrollo, el uso de nuevos materiales en los diseños es prácticamente nulo. Esta situación es palpable, en cuanto a que los proveedores nacionales de materia prima básica, no manufacturan o sacan al mercado ningún material que no haya sido probado antes en los países más avanzados en tecnología y hasta que su comercialización en nuestro país sea económicamente factible.

2.4.3. Manufactura.

Para su análisis se dividió en tres grupos básicos: materia prima, productividad y procesos de manufactura.

2.4.3.1. Materia Prima.

- a) Acero al Silicio. - No se fabrica en nuestro país, es de importación, por lo que su calidad se encuentra en igualdad de condiciones (excepto en precio) al que se usa en países con tecnología avanzada.

- b) Lámina de Aluminio.-- Se fabrica en el país, pero no con la suficiente gama de espesores que permitan al diseñador llegar a una igualdad de optimización de diseño eléctrico con respecto a los líderes mundiales.
- c) Alambre Magneto.-- Su producción y calidad es bastante buena, comparable a la utilizada en los países líderes, sin embargo su costo es mayor y no se fabrica en todas las gamas ofrecidas en los países industrializados. Esto limita también, la flexibilidad de diseño eléctrico -- dificultando al mismo tiempo la optimización de costo -- del transformador.
- d) Boquillas.-- Estos componentes se fabrican en México hasta 34.5 KV con una calidad regularmente aceptable, pero a un costo más alto que los producidos en el extranjero. Las boquillas importadas son por consecuencia de la misma calidad que las usadas en los países industrializados pero el fabricante nacional las consigue a un costo mayor por los consiguientes gastos de importación e impuestos.
- e) Aislante.-- Sólo se fabrican algunos tipos en nuestro país, siendo de calidad aceptable, pero a un costo mayor que los producidos en el extranjero. Se importa más del 25% de las necesidades de la industria nacional.
- f) Fluidos Aislantes.-- Se utiliza solamente aceite para transformadores producidos por PEMEX del cual su producción es limitada y existen por lo tanto, algunos problemas de disponibilidad inmediata, la calidad de este aceite es aceptable, pero ligeramente inferior al usado por países líderes, se tienen que importar cuando el diseño de algunos transformadores los justifique por necesidad estricta del diseño.
- g) Accesorios Eléctricos y Mecánicos.-- Se comparan con el caso de los aislantes y boquillas. Se importa más del --

25% y lo que se produce en el país es de calidad aceptable pero a mayor costo.

- h) Lámina Estructural.-- Se produce en el país, pero al igual que en el caso del aluminio, la cinta y el alambre magneto, no se producen en la gama de tamaños suficientes para permitir una mejor optimización de costos de diseño, en cuanto calidad, no es muy aceptable debido a -- que adolece de uniformidad en su consistencia. El precio es muy semejante al del mercado internacional (ligemente más bajo).

2.4.3.2. Productividad.

2.4.3.3. Procesos de manufactura.

2.4.4. Calidad.

Para su análisis se dividió en tres conceptos de calidad: - Inspección, control de calidad y aseguramiento de calidad.

2.4.4.1. Inspección.-- Es el recurso más socorrido por la industria nacional, su filosofía es separar lo bueno de lo malo. Sin embargo, no permite llevar un control adecuado de costos de calidad debido a que con este sistema no se previenen las fallas.

2.4.4.2. Control de calidad.-- Este sistema lo utiliza la mayoría de compañías fuertes que cuentan con más de 1000 empleados y obreros. Aquí se trata de prever las fallas en el proceso productivo únicamente sin tomar en cuenta aquellos factores externos a la producción que de alguna manera afectan a la calidad.

2.4.4.3. Aseguramiento de la calidad.-- Solamente una compañía nacional (IEM) cuenta con un programa de aseguramiento de calidad en marcha y tres compañías lo están iniciando. Aquí la filosofía de calidad radica en prevenir y corregir todos aquellos aspectos de baja calidad y confiabilidad del producto aún cuando no se originen del proceso de producción. Este sistema se ha estado promoviendo a través de programas de evaluación a proveedo--

res por parte de la CFE y como asesoramiento de la misma, o de -- instituciones privadas y públicas como el IIE. La razón de esto se debe a la mala calidad de los transformadores producidos en México comparados con la calidad de productos de países líderes. Para que los resultados deseados por CFE fueran llevados a la realidad, hace falta que se promueva este sistema, no solamente en los productores de equipo, sino también en los proveedores de materia prima, por ejemplo: CONDUMEX, adoptó este sistema inicialmente para suministrar material a la planta núcleo-eléctrica de Laguna -- Verde.

2.5. PRINCIPALES EMPRESAS POR ORDEN DE IMPORTANCIA.

1.- Industrial IEM, S.A. de C.V.- Produce transformadores de distribución y subestaciones, pequeña y mediana potencia, y extra alta tensión, además de motores eléctricos y una extensa línea de productos industriales y domésticos. Su participación en el mercado total de transformadores se estima en un 22%, pero en la línea de alta potencia y extra alta tensión, se estima que cubre cerca del 60% del mercado nacional. En cambio en transformadores de distribución su participación es menor, estimándose alrededor del 12%.

2.- Productos Industriales C.M.S.A.- Produce transformadores de distribución, subestaciones, pequeña, y media potencia, de potencia, y extra alta tensión. Su participación en el mercado nacional de transformadores, se estima en un 17% global y en un 20% de la familia de transformadores de media potencia.

3.- Electrotécnica Balteau, S.A. de C.V.- Producción especializada de transformadores de medición tanto de corriente como de potencial. Cubre más de 90% del mercado nacional y además exporta a precios competitivos.

4.- General Eléctric de México, S.A. de C.V.- Produce -- transformadores en las familias de distribución y pequeña poten--

cia. El porcentaje del mercado que cubre se estima en un 80%. Además de transformadores produce una amplia línea de productos industriales y electrodomésticos.

5.- Industrial Eléctrica, S.A.- Fabrica transformadores para subestaciones y de pequeña y media potencia. Cubre aproximadamente un 7% del mercado de transformadores. Fabrica accesorios para transformadores y transformadores con bobinas encapsuladas.

6.- Transformadores Parsons Peebles de México, S.A. de C.V. Empresa de reciente creación, su objetivo es producir transformadores de media potencia y de potencia y extra alta tensión. Cubrirá inicialmente un 41% del mercado total de transformadores, - equivalentes a alrededor del 10% de las líneas mencionadas.

7.- CIA. Manufacturera de Artefactos Eléctricos, S.A. de R.L. Produce transformadores de distribución y de media potencia. Cubre aproximadamente el 4% del mercado total de transformadores.

8.- Manufacturas Eléctricas Camarena, S.A.- Produce en -- las familias de transformadores de distribución pequeña y media potencia, el mercado que cubre es aproximadamente del 4%.

9.- Electrotécnica, S. A.- Produce en las familias de -- transformadores de distribución (cerca del 12%) del mercado y de pequeña y media potencia. En total cubre alrededor del 4% del -- mercado global de transformadores.

10.- Electromanufactures, S.A.- Produce en las familias de transformadores de distribución de pequeña, y de media potencia. Tiene capacidad para cubrir aproximadamente el 4% del mercado nacional.

11.- Manufacturera Fairbanks Morse, S.A. de C.V.- Produce transformadores de distribución. Además tiene una extensa línea de productos: motores eléctricos y de combustión interna, bombas

de diferentes tipos y básculas.

Existen además otras 24 empresas registradas en la CANAME - "Sección de Transformadores". De éstas, 7 pueden considerarse como medianas y el resto pequeñas, dedicadas a la fabricación de diferentes tipos de transformadores y algunas de ellas a la reparación y reconstrucción.

3.- M O T O R E S .

3.1. ANTECEDENTES.

La fabricación de motores eléctricos en México se inicia -- formalmente en 1948, pero es en la década de los cincuenta, cuando se formaliza la producción nacional, que ha continuado creciendo y expandiéndose para alcanzar el nivel actual, en el cual participan más de veinte empresas conocidas como fabricantes de motores. Además de éstas, se encuentran otras diez empresas, aproximadamente, que fabrican motores para incorporarlos directamente a otros dispositivos como, por ejemplo: motocompresores para refrigeración, algunos tipos especiales de bombas, herramientas portátiles, etc. Existe un tercer renglón que cubre aplicaciones de tipo automotriz. Desde el inicio de la industrialización de los motores eléctricos de C.A., prácticamente a principios de siglo, la rama de motores eléctricos ha evolucionado en forma relativamente lenta. Se trata esencialmente de innovaciones referidas a la normalización dimensional y a la utilización de mejores materiales y técnicas de diseño. Una línea considerable de esfuerzo se encamina al desarrollo de motores para aplicaciones específicas, buscando adecuadamente el motor al servicio solicitado en términos dimensionales, de características de la carga (par-velocidad), etc.

Desde la creación de NEMA (National Electrical Manufacturers Association) hasta el año 1952, se llevan a cabo revisiones en la normalización de motores eléctricos en los años 1930, 1940 y 1952, fundamentalmente orientadas a la normalización dimensional y a tipificar los diferentes motores. La revisión recta más significa-

tiva se presenta en 1964 con la implantación del nuevo "NEMA" mediante la utilización de materiales aislantes mejorados, que permiten la opción del motor a temperaturas más altas sin demérito - de su vida útil, fué posible reducir los volúmenes y consecuentemente, los pesos por unidad de potencia.

La fabricación en México ha seguido estos cambios. Actualmente se fabrica los motores de acuerdo a las normas "Nueva NEMA" vigentes en otros países. De la fabricación de motores de inducción de uso general y pequeña potencia, renglones cada vez más -- complejos para atender a las necesidades del país; en los cincuenta se inicia la fabricación de motores sumergibles para la misma aplicación y continúa evolucionando hacia los motores a prueba de explosión, motor devanado, de mayor potencia y en alta tensión y recientemente, a los motores que tienen requerimientos técnicos -- más altos por el tipo de trabajo al que son sometidos y/o destinados y por las exigencias dimensionales y de comportamiento.

También merece la pena mencionarse, como hecho significativo, la existencia en México hasta 1976 de dos regímenes de frecuencia: 50 y 60 Hertz. Las normas mexicanas durante algún tiempo -- permitieron la fabricación indistinta de motores para una u otra frecuencia, hasta la publicación del decreto que establecía el -- programa de unificación de frecuencia que obligó a fabricar motores que pudieran operar (dentro de especificaciones) tanto bajo -- régimen de 50 Hz, como en el de 60 Hz, o solamente 60 Hz. La unificación de frecuencia alcanzada en 1976, permitió a la industria de motores eléctricos simplificar sus líneas de producción, fabricando sólo motores para 60 Hz. Además de este ahorro indirecto -- fué posible rediseñar los motores, ahora para servicio sólo a 60 Hz, con ahorro significativo en el costo de materiales.

Desde su origen, la industria de motores eléctricos en México ha descansado en tecnología de origen extranjero. Hay algunas empresas en sus propios recursos técnicos, sin embargo la gran mayoría del volumen producido es llevada a cabo bajo licencia de -

tecnología extranjera.

3.2. NIVEL TECNOLÓGICO.

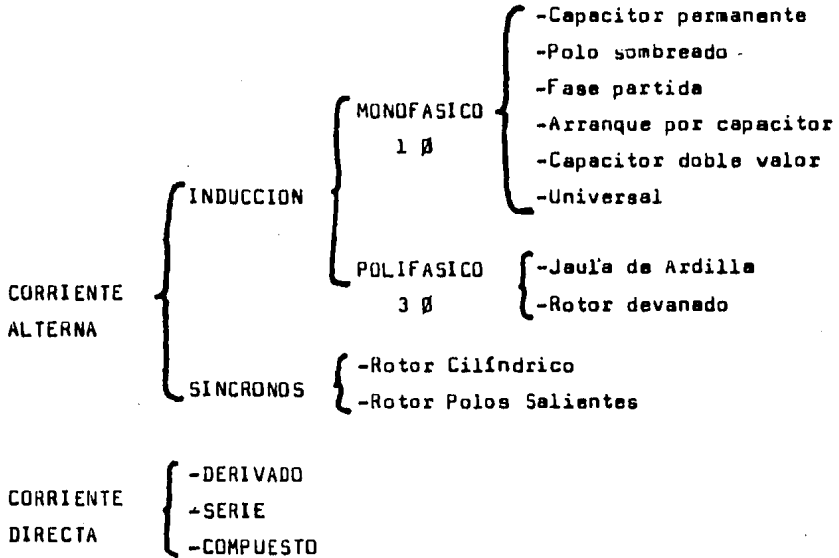
El nivel tecnológico de los motores producidos en el país es sensiblemente más bajo que el de países con gran desarrollo, superior al nuestro. Para solamente mencionar los aspectos más determinantes, basta decir que en promedio las eficiencias de los motores mexicanos son un 3% menores que las de los correspondientes extranjeros (U.S.A. y Japón); que los precios nacionales promedio venta al distribuidor son mayores, desde un 30% hasta 200%, que los precios extranjeros promedio; que las productividades en unidades o potencias, por hombre en México, son del orden del 50% de las de E.U. y que los factores de potencia son en promedio también mejores en los motores mexicanos que en los E.U.

3.3. COMPETITIVIDAD.

De lo asentado en el punto anterior, puede concluirse que el motor nacional no tiene actualmente posibilidades de competir con éxito en el mercado internacional y esta situación persistirá mientras no se optimicen los diseños, se minimicen los costos de producción y se establezcan sistemas de control de calidad que garanticen razonablemente los resultados preestablecidos.

3.4. CLASIFICACION DE MOTORES ELECTRICOS.

En el siguiente cuadro se presenta una clasificación general de los motores eléctricos.



3.5. CLASIFICACION DE MOTORES Y EMPRESAS QUE LOS FABRICAN.

3.5.1. MONOFASICOS.

3.5.1.1. Motores Monofásicos fraccionarios de Corriente Alterna.
 (mayores a 1/20 c.p. 37 watts y menores a 1 c.p.746 watts)

<u>ABIERTOS O CERRADOS</u>	<u>FABRICANTE</u>
Polo Sombreado _ _ _ _ _	Motores McMillan S.A. de C.V.
Fase Dividida _ _ _ _ _	General Electric de México S.A. Koblenz Eléctrica S.A. Motores McMillan S.A. de C.V. Motores US de México S.A. Siemens S.A.
Capacitor Permanente _ _ _ _ _	General Electric de México S.A. Koblenz Eléctrica S.A. Motores McMillan S.A. de C.V.
Capacitor de Arranque _ _ _ _ _	General Electric de México S.A. Koblenz Eléctrica S.A. Motores US de México S.A.
A prueba de explosión _ _ _ _ _	General Electric de México S.A. Power Eléctrica S.A.

3.5.1.2. Motores Monofásicos Subfraccionarios de Corriente Alterna. (de 1/20 c.p. 37 watts y menores).

<u>ABIERTOS O CERRADOS</u>	<u>FABRICANTE</u>
Polo Sombreado_____	Motores McMillan S.A. de C.V.
Capacitor Permanente_____	Motores McMillan S.A. de C.V.
Universales_____	Motores McMillan S.A. de C.V.

3.5.1.3. Motores Monofásicos Integrales de Corriente Alternada. (de 1 c.p. 746 watts y mayores).

<u>ABIERTOS O CERRADOS</u>	<u>FABRICANTE</u>
Abiertos	General Electric de México S.A.
o	Koblenz Eléctrica S.A.
Cerrados	Motores US de México S.A.
	Siemens S.A.
A Prueba de Explosión_____	General Electric de México S.A.

3.5.2. TRIFÁSICOS

3.5.2.1. Motores Trifásicos Fraccionarios de Corriente Alternada de Inducción Tipo Jaula (menores a 1 c.p. 746 watts).

<u>TIPO</u>	<u>FABRICANTE</u>
Abiertos_____	Industrial IEM S.A. de C.V.
	Reliance de México S.A.
	General Electric de México S.A.
	Koblenz Eléctrica S.A.
	Motores McMillan S.A.
Cerrados_____	Asea S.A.
	General Electric de México S.A.
	Industrias IEM S.A. de C.V.
	Motores McMillan S.A. de C.V.
	Motores US de México S.A.
	Reliance de México S.A.
	Siemens S.A.
A Prueba de Explosión_____	Industrias IEM S.A. de C.V.
	General Electric de México S.A.

TIPO

FABRICANTE

A Prueba de Explosión _ _ _ _ _ Reliance de México S.A.
_ _ _ _ _ Motores McMillan S.A. de C.V.
_ _ _ _ _ Motores US de México S.A.

3.5.2.2. Motores Trifásicos Integrales de Corriente Alterna Asíncronos de Inducción Tipo Jaula (mayores - de 1 c.p. 0.746 kw y menores 200 c.p. 149.2 kw).

TIPO

FABRICANTE

ABIERTOS

Ejecución Normal _ _ _ _ _ General Electric de México S.A.
_ _ _ _ _ Industrias IEM S.A. de C.V.
_ _ _ _ _ Manufacturas Fairbanks Morse S.A.
_ _ _ _ _ Koblenz Eléctrica S.A.
_ _ _ _ _ Motores McMillan S.A. de C.V.
_ _ _ _ _ Motores US de México S.A.
_ _ _ _ _ Reliance de México S.A.

Para Grúas _ _ _ _ _ Industrias IEM S.A. de C.V.
Verticales para Bomba de
Eje Hueco _ _ _ _ _ Industrias IEM S.A. de C.V.
_ _ _ _ _ Manufacturera Fairbanks Morse S.A.
_ _ _ _ _ Motores US de México S.A.
_ _ _ _ _ Reliance de México S.A.

CERRADOS

Ejecución Normal _ _ _ _ _ Asea S.A.
_ _ _ _ _ General Electric de México S.A.
_ _ _ _ _ Industrias IEM S.A. de C.V.
_ _ _ _ _ Manufacturera Fairbanks Morse S.A.
_ _ _ _ _ Motores McMillan S.A. de C.V.
_ _ _ _ _ Motores US de México S.A.
_ _ _ _ _ Motores US de México S.A.
_ _ _ _ _ Reliance de México S.A.
_ _ _ _ _ Siemens S.A.
_ _ _ _ _ Asea S.A.

Para Grúas _ _ _ _ _ Industrias IEM S.A. de C.V.

Verticales para Bomba de _ _ _ _ _ Industrias IEM S.A. de C.V.
(Eje Hueco) Motores US de México S.A.
Reliance de México S.A.

A Prueba de Explosión _ _ _ _ _ General Electric de México S.A.
Motores McMillan S.A. de C.V.
Reliance de México S.A.
Industrias IEM S.A. de C.V.
Manufacturera Fairbanks Morse S.A.
Motores US de México S.A.

3.5.2.3. Motores Trifásicos Grandes de Corriente Alterna
(de 200 c.p. 149.2 kw; hasta 12000 c.p. 8952 kw.)

TIPO

FABRICANTE

ABIERTOS

Ejecución Normal _ _ _ _ _ Industrias IEM S.A. de C.V.
Reliance de México S.A.
Manufacturera Fairbanks Morse S.A.
Motores US de México S.A.
Megatek S.A.

Para Grúas _ _ _ _ _ Industrias IEM S.A. de C.V.
Industrias IEM S.A. de C.V.

Verticales para Bomba de _ _ _ _ _ Manufacturera Fairbanks Morse S.A.
(Eje Hueco) Motores US de México S.A.
Reliance de México S.A.
Megatek S.A.

CERRADOS

Ejecución Normal _ _ _ _ _ Industrias IEM S.A. de C.V.
Reliance de México S.A.
Motores US de México S.A.
Megatek S.A.
Siemens S.A.

Para Grúas _ _ _ _ _ Industrias IEM S.A. de C.V.

Verticales para Bomba de _ _ _ _ _ Industrias IEM S.A. de C.V.
(eje Hueco) Reliance de México S.A.
Megatek S.A.

A prueba de Explosión — — — General Electric de México S.A.
Motores McMillan S.A. de C.V.
Reliance de México S.A.
Industrias IEM S.A. de C.V.
Manufacturera Fairbanks Morse S.A.
Motores US de México S.A.

3.5.2.4. Motores Trifásicos de Rotor Devanado

<u>TIPO</u>	<u>FABRICANTE</u>
Abiertos — — — — —	Industrias IEM S.A. de C.V.
Cerrados — — — — —	Industrias IEM S.A. de C.V.

3.5.2.5. Motores Trifásicos de Media Tensión
(arriba de 1000 volts).

<u>TIPO</u>	<u>FABRICANTE</u>
Abiertos — — — — —	Industrias IEM S.A. de C.V. Manufacturera Fairbanks Morse S.A. Reliance de México S.A. Megatek S.A. Motores US de México S.A.
Cerrados — — — — —	Industrias IEM S.A. de C.V. Motores US de México S.A. Megatek S.A. Reliance de México S.A.

Especiales

3.5.3. DE CORRIENTE DIRECTA
Reliance de México S.A.
Reliance Electric & Engineering Co. de México S.A.
de C.V.
Megatek S.A.

3.5.4. MOTORES SUMERGIBLES
Bombas Garvens S.A.

3.6. MOTORES DE INDUCCION TIPO JAULA DE ARDILLA.

Entre los motores eléctricos los de mayor aplicación en la industria son los de Corriente Alterna de Inducción y de Rotor - de Jaula de Ardilla. Por lo que es necesario realizar un estudio más profundo a dichos motores, para conocer su situación de diseño en el país y poder compararlos con los motores fabricados principalmente en E.U.; otra de las razones fundamentales por la cual se hará este análisis a los motores de inducción tipo jaula, es porque su estructura de diseño y fabricación son más factibles de poder realizar dichas operaciones en el país.

3.6.1. POTENCIAL PRODUCTIVO Y TECNOLOGICO

Sin un estudio detallado de todas las instalaciones es difícil cuantificar la capacidad actual de producción de motores, - CANAME estima que durante 1980 se tuvo un 77% de utilización de dicha capacidad, y por otra parte en el "perfil económico" antes citado se reconoce que la demanda del país solo está satisfecha en un 65% por el producto nacional. Tan sólo de éstas dos cifras puede inferirse que el aumento de los volúmenes de producción no sólo es factible sino necesario, sobre todo cuando las necesidades en la industria de los hidrocarburos, siderúrgica, petroquímica, cementera y las de servicios públicos, etc., están aumentando la demanda, no sólo de producción normal en el país, sino de motores de mayor capacidad, motores de tracción y para otras aplicaciones especiales.

El crecimiento en volumen debe lograrse con base en:

- Un mejor conocimiento del mercado.
- Una selección de productos cuya demanda permita los mayores volúmenes de producción.
- La optimización del diseño del producto.
- La optimización del diseño de los procesos productivos y su grado de utilización.
- El ajuste de la calidad a las normas y un mejor control de la calidad.

- La reducción de los costos de operación, tanto en materiales como del personal directo e indirecto.
- En la evaluación periódica de resultados, que permita la toma oportuna de decisiones.

3.6.2. METODOLOGIA.

a) Definir los principales factores tecnológicos que determinan la calidad del motor, así como las dimensiones tecnológicas que integran a dichos factores.

b) Obtener información técnica sobre los productos nacionales y los extranjeros que se utilicen como modelo, para hacer el análisis y comparación correspondientes.

3.6.3. DESARROLLO.

3.6.3.1. FACTORES SELECCIONADOS.

A) Diseño del Producto

- Eficiencia
- Factor de Potencia
- Peso de Materiales
- Costo de Materiales
- Método de Diseño

B) Procesos de fabricación

- Grado de mecanización o automatización del proceso
- Grado de adecuación del equipo al producto

C) Utilización del Proceso

- Productividad
- Control y aseguramiento de la calidad

D) Costo de Materiales

E) Sistemas de Información

- Control de costos
- Análisis de resultados
- Planeación

3.6.3.2. FUENTES DE INFORMACION

- A) Fabricantes Nacionales
- B) Fabricantes Extranjeros
- C) CANAME
- D) Usuarios Nacionales
- E) Bibliografía

3.7. EMPRESAS FABRICANTES.

NOMBRE	CLAVE
MOTORES MCMILLAN Y PARAMOUNT S.A.	- - - - - A
FRACCIMOTORES S.A.	- - - - - B
A.S.E.A. S.A.	- - - - - C
GENERAL ELECTRIC DE MEXICO S.A.	- - - - - D
INDUSTRIAS IEM S.A. DE C.V.	- - - - - E
REMSA	- - - - - F
FAIRBANKS MORSE S.A.	- - - - - G
KOBLENZ S.A.	- - - - - H
MEGATEK S.A.	- - - - - I
U.S. MOTORES	- - - - - J
MOTOREX	- - - - - K
POWER ELECTRIC S.A.	- - - - - L

DOCUMENTO DE TRABAJO (D.T.) # 1

INFORMACION PROPORCIONADA POR LA CAMARA DE MANUFACTURAS ELECTRICAS
PERFIL ECONOMICO 1980 DE LA RAMA DE MOTORES ELECTRICOS.

Inversión Realizada en 1980 Adicional al Capital de Trabajo	436 000
Area Destinada a la Fabricación de Motores - - - - -	143 000m2
% de la Capacidad de Producción Utilizada - - - - -	77%
Personal Utilizado - - - - -	7 229
Obreros - - - - -	5 607
Empleados - - - - -	1 195
Técnicos - - - - -	127
Valor de las Ventas - - - - -	6'745 562
Sector Público - - - - -	25%
Sector Privado - - - - -	73%
Sector Externo - - - - -	2%
Producción Nacional de Motores - - - - -	7'100 592
Importación de Motores - - - - -	964 010
Miles de Pesos del Año - - - - -	

PRODUCCION DE MOTORES ELECTRICOS DE CORRIENTE CONTINUA EN 1980

TIPO DE MOTOR	INDUSTRIAL	No. DE UNIDADES
Hasta 150 CP - - - - -		912
De más de 150 CP hasta 300 CP - - - - -		69
Más de 300 CP - - - - -		45
	TRACCION	
Hasta 200 CP - - - - -		33
Más de 200 CP - - - - -		20
		<hr/>
		1 079

DOCUMENTO DE TRABAJO (D.T.) # 2

PRODUCCION DE MOTORES ELECTRICOS EN 1980 CORRIENTE ALTERNA.

	HORIZONTALES No. DE UNIDADES	VERTICALES No. DE UNIDADES
SUBFRACCIONARIOS HASTA 1/15 CP - - -	1'900 000	
ARMAZON 48 y 56 - - - - -	1'195 000	
ARMAZON 140 - - - - -	53 260	
ARMAZON 180 - - - - -	57 200	
ARMAZON 210 - - - - -	30 434	650
ARMAZON 250 - - - - -	13 283	668
ARMAZON 280 - - - - -	6 538	626
ARMAZON 320 - - - - -	2 538	437
ARMAZON 360 - - - - -	2 003	703
ARMAZON 400 - - - - -	886	992
ARMAZON 440 - - - - -	1 522	680
ARMAZON 449 - - - - -	2 002	598
MOTORES CON POTENCIA SUPERIOR A 500 CP	268	175
TOTAL - - - - -	3'264 934	5 529

DOCUMENTO DE TRABAJO (O.T.I.) #3

INFORMACION SICRE	SISTEMAS DE INFORMACION	CARACTERIS- TICAS DEL PRODUCTO.	METODOLOGIA DEL DISEÑO	PRODUCCION	PERSONAL DIRECTO	PRECIOS PRODUCTO	PROCESOS FABRILES	PRECIOS DE MATERIALES	CALIDAD	ESTADO DEL ARTE EN DI- SEÑO Y PRO- CESOS.	OBSERVACIONES SOBRE LA CO- LUMNA.
FUENTE	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1.-CANAME											D y E CIFRAS NACIONALES.
2.-EMPRESAS NACIONALES											
2.1.PRODUCTO TERMINADO											
A	P	T	P	T	T	P					
B	N	T	P	T	T	T					
C	P	T	P	N	N	T					
D	P	T	P	T	T	T					
E	P	T	T	T	T	T					
F	P	P	P	T	T	T					
G	P	P	P	T	T	T					
H	P	P	P	T	T	T					
I	P	T	P	P	T	N					
J	P	T	P	T	T	N					
K	P	N	P	T	T	N					
L	P	N	P	T	T	N					

CODIGO: T = TOTAL P = PARCIAL N = NINGUNA

DOCUMENTO DE TRABAJO (D.T.) # 4

EFICIENCIA DE MOTORES NACIONALES EN %

H P	E M P R E S A												PROMEDIO
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1/100	d												8
1/70	o	35											21.5
1/60	-	26											26
1/40	8	26											17
1/30	-	27											27
1/15	8												8
1/8				61									61
1/4				47				60					53.5
1/3				59				60					59.5
1/2			70	55	69			60					63.5
3/4			69	61	89	75		60					70.8
1	N	N	N	66	78	77	73	60	N	81.7			70.8
1.5	U	U	O	73	82	78.5	77	60	O	83.2			75.6
2	F	F	P	75	83	81.5	81		F	83.8			80.8
3	A	A	R	75	85	78.5	84.5		A	82			81
5	B	B	O	77	88	83	87		B	82.7			83.5
7.5	R	R	P	80	84	86	87.5		R	85.2			84.5
10	I	I	O	82	86	87	88.1		I	86.1			85.8
15	C	C	R	83	90	86.5	88.5		C	88.8			87.3
20	A	A	I	85	87	86.5	89		A	89.2			87.3
25	U	U	O		87	88.5	88.5		E	88.6			88.1
30	S	S	N		87	90	88.9		S	89.1			88.7
40			U		85	88.5	91		T	89.6			88.5
50			D		86	91	90		A	91.7			89.7
60			A		87	90.2	91.5		S	89.7			89.6
75			T		86	90	91.5		C	90			89.4
100			O		89	93.2	91.5		A	93.5			90.2
125			S		92	90.2	90.5		P	91.1			90.9
150					92	93	90		A	92.8			91.9
200					91	93	95.4		C				93.1
250					92	93	95.1		I				93.3
300					95	94.1	95.2		D				94.7
									A				
									D				
									E				
									S				

MEXJ I.T. #4

H P	E M P R E S A												PROMEDIO	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		
350					94.8									94.8
400					93.6	95				93				93.8
450					94									94
500					94.1	95.4				94.5				94.6
600					94.3	95				93.7				94.3
700					93.6	95.4				94.5				93.5
800					95.2	95.7				94.2				95
900					94.7	95.8								95.2
1000					94.75					95.6				95.2
1250					95.3	96.2				94.7				95.4
1500					96.3	96.1				94.9				95.4
1750														
2000														
2250														
2500														
3000														
3500														
4000														
4500														
5000														

Δ : No se obtuvo dato

• : Se produjeron motores en esta capacidad,
pero no se proporcionó el dato.

DOCUMENTO DE TRABAJO (D.T.) # 5

FACTOR DE POTENCIA DE LA PRODUCCION NACIONAL EN %

H P	E M P R E S A											PROMEDIO	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K		L
1/100	4												4
1/70	4	47											25.5
1/60		50											50
1/40	4	55											29.5
1/30		61											61
1/15	4												4
1/8	75			77									76
1/4	75			62				60					65.6
1/3	75			63				60					66
1/2	75		80	76	77			60					73.6
1/4	75		77	71	67	60		60					68.3
1				63	72	61	79	60		73.7			68.1
1.5				76	80	64.7	80	60		81.2			73.6
2				78	75	74.6	80			81.2			77.7
3				79	65	74	82			83.4			76.7
5				88	63	80	83			85.6			83.9
7.5				87	89	76	86.5			83.6			84.4
10				87	83	82.5	82.5			85.7			84.1
15				87	80	83	83			85.1			83.6
20				87	87	83.5	83.5			85.9			85.4
25					83	85	85			88.8			85.4
30					85	85	85			88.9			86
40					88	89	89			88.2			88.5
50					88	87	87			86.8			87.2
60					86	89.5	89.5			85.7			87.6
75					90	91	91			85.2			89.3
100					91	90	90			85.6			89.1
125					90	89	89			85.9			88.5
150					93	91	91			84.7			90
200					92	90	90						90.6
250					92	93.2	93.2						92.8
300					92	93.2	93.2						92.8

ANEXO U.T. # 5

h P	E M P R E S A												PROMEDIO	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		
350					94				80					87
400					94.1	85			81					86.7
450					94.2									94.2
500					92.9	88			85.5					88.8
600					86.8	85			82					84.6
700					87.7	86			84.2					85.9
800					92.5	86			82.6					87
900					88.8	86								87.4
1000					90									87.6
1250					93.5	88			83.4					88.3
1500					89.7	84			83.6					85.7
1750									80					80
2000									87					87
2250														
2500														
3000														
3530									82					82
4000									88.5					88.5
4500														
5000														

§ : Se produjeron motores en esta capacidad,
pero no se proporcionó el dato.

EFICIENCIA Y FACTOR DE POTENCIA DE MOTORES EXTRANJEROS
 G.E.- GENERAL ELÉCTRIC; W.- WESTINGHOUSE; U.S.- MOTORS; TOSH.- TOSHIBA;
 MAR.- MARATHON.

H P	ARMA ZON.	E F I C I E N C I A E N %					PROME DIO.	F A C T O R D E P O T E N C I A E N %					PROME DIO.
		G.E.	W	U.S.	TOSH	MAR		G.E.	W	U.S.	TOSH	MAR	
1	143	74	73.5	78	79.4	78.4	7.7	74.5	-	69	71.5	75	72.5
1.5	143	77	70.6	77.5	77.2	82.6	77	80.5	73	70.5	76.6	78.6	75.8
2	145	81	76	80.5	79.4	83.6	80.1	75.5	79	76.5	81	79.2	78.2
3	182	80.5	-	84.5	84.8	84	83.45	75.5	-	81	80.3	79.9	79.2
5	184	83	86.5	81.5	84.2	85.3	84.1	81.5	86.7	82.5	86.4	83.5	84.1
7.5	213	82.5	83	83.5	86.4	86.7	84.4	84.5	83.5	85.5	85	83	84.3
10	215	82.5	84.6	86.5	86.1	84.5	84.8	89	83.3	85	83.8	85.5	85.3
15	254	86.5	86.5	85	88.6	88	86.9	82	8.5	84	81.4	84	83.2
20	256	87.5	87.6	87	89.4	89.5	88.2	85	86.5	85.5	85.9	86	85.8
25	284	88	87	87.5	88	90	87.5	86	86	85.5	83.2	84	84.9
30	286	89.5	86.5	90	87.5	89.5	88.6	88	86.5	87	83.5	84	85.8
40	324	90.5	89	89.5	91.6	89.5	90	85	85	87	83.6	82	84.5
50	326	91.5	90.5	90.5	89.5	91	90.6	86	86	87.5	88	84.5	86.4
60	364	91	91.5	91.5	90.0	90.5	91	83.5	85.5	85.5	87	83.5	85
75	365	93	90.5	91.5	92.8	92	92	84.5	82.5	86	86.7	83.5	84.6
100	405	93	92	92	93	92.5	92.5	85.5	89.5	89.5	84.5	87.5	87.3
125	444	91.5	92	91	91.3	92.5	91.6	87	88	86.5	87.6	88.5	87.5
150	445	93	92.5	91.5	92.8	94	92.7	87	89	87	87	88.5	87.5

- 91 -

ANEXO U.T. # 6

H P	ARMA ZON.	E F I C I E N C I A E N %					PRO- MEDIO	FACTOR DE POTENCIA EN %					PRO- ME- DIO.
		G.E.	W	U.S.	TOSH	MAR		G.E.	W	U.S.	TOSH	MAR	
200	447	93	93.5	92.5	94.5		93.4	89	91	85.5	88.6		88.5
250	449	92.5	93.5		94.8		93.2	90	89.5		88.4		89.3
300	449	93.5	93.8		94.1		93.8	88	92.5		92.5		91

NOTA: NO SE OBTUVO INFORMACION DE LOS E.E.U.U. PARA MOTORES DE
300 HP - 5000 HP

DOCUMENTO DE TRABAJO (D.T.) #7

PESO TOTAL DEL MOTOR NACIONAL EN kg

H P	E M P R E S A												PROMEDIO	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		
1/100	&													
1/70	&	&												
1/60	-	&												
1/40	&	&												
1/30	-	&												
1/15	&													
1/8	&			&								&		
1/4	&			7.5					&			&		
1/3	&			9.3					&			&		
1/2	&		7.5	11.7	12.5				&			&		
3/4	&		11.5	13.8	13.5	&			&					
1			(1) 13	15.7	21.6	(2) 20	(2) 31				27	(2) 17		(3) 21.45
1.5			16	26	22.8	21	31				28	36		25.6
2			16	29	24.5	21	35				28	21		27.16
3			23	33.5	35.3	30	55				40	32		36.26
5			30	46	47.4	35	63				43	40		45.46
7.5			43	58	62.2	35	97				66	55		62.06
10			52	79.5	81.4	64	110				75	70		78.63
15			88	119	122.5	91	147				125	120		122.16
20			105	141	128	105	171				134	140		134.33
25			134		167.5	127	190				189	163		173.25
30			155		197	150	217				200	203		198.5
40			159		266	195	310				268			277
50					308	218	365				301			324.5
60					368	295	386				365			366.5
75					419	318	434				393			436
100					571	681	500				525			543
125					809.3	681	583				1130			979.65

& : NO SE PROPORCIONA DATO

NOTA: SE TOMARON LOS MOTORES A PRUEBA DE LOTEO

ANEXO D.T. # 7

H P	E M P R E S A												PROMEDIO
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
150					861.7	681	580			1077			969.35
200					1050	681	840			1450			1250
250					1200	1250	840			1450			1325
300					1200	1250	860			1450			132.5
NOTAS: (1) USA CARCASA DE ALUMINIO (2) EL FABRICANTE INDICO QUE LOS DATOS SON APROXIMADOS (3) CALCULADO TOMANDO LOS DATOS DE LAS EMPRESAS D, E y J													
350					2240					-			
400					3400					2500			
450					3430					-			
500					3600					2550			
600					-					2640			
700					-					3300			
800					4370					3550			
900					-					3720			
1000					4370					4100			
1250					-					4700			
1500					-					6100			

NOTAS: (1) EN ESTE RANGO DE POTENCIAS LA PRODUCCION FUE EN MUY DIVERSOS TIPOS, Y LOS DATOS OBTENIDOS NO SON COMPARABLES.

(2) PARA MOTORES DE 1750 HP - 5000 NO SE OBTUVIERON DATOS.

DOCUMENTO DE TRABAJO (D.T.) # 8

PESO TOTAL DEL MOTOR EXTRANJERO EN kg

NOTA NO SE OBTUVIERON DATOS DE LOS E.E.U.U. PARA MOTORES DE
1/100 HP - 3/4 HP.

ANEXO J.I. # 8

H P	E M P R E S A					PROMEDIO	
	CARCASA DE Fe		CARCASA DE Al			Fe	Al
	W	G.M.	L.S.	U.S.	G.E.		
1	19.54	18.18	10	15	12.27	18.86	12.46
1.5	19.54	20.45	12.27	15.45	12.27	20	13.48
2	21.8	22.27	10.9	13.63	13.63	22	12.72
3	32.7	37.27	23.63	26.36	22.72	35	24.23
5	37.3	43.64	29.09	30.9	25.45	40.45	28.48
7.5	61	65.91	43.18	45.45	38.63	63.45	42.42
10	77	75	62.72	55.9	42.27	76	53.63
15	118	122.73	93.63	90.9	60.9	120.36	81.81
20	148	143.64	110	88.63	71.36	143.32	90
25	172	164.55	130	122.72	100	168.3	117.6
30	191	180.91	140	194.54	113.6	188.82	126.8
40	257	248.18	200	243.18	150	249.45	175
50	284	277.27	220	265.9	175	275.72	197.5
60	356	364.55	275	347.72	240	350.1	257.5
75	398	381.82	310	359.09	240	379.64	275
100	545	532.73	318.83	427.7	375	539	346.5
125	750		609		505	750	557
150	886		690		505	886	597.5
200	1068		850		505	1068	677.5
250	1140					1218	
300	1140					1445	

W.- WESTINGHOUSE; G.M.- GENERAL MOTOR; L.S.- LEROG SOMER; U.S.- EMERSON;
G.E.- GENERAL ELECTRIC.

NOTA: NO SE OBTUVO INFORMACION DE LOS E.E.U.U.

PARA MOTORES DE 350 HP - 5000 HP

DOCUMENTO DE TRABAJO (U.T.) # 9

CALIFICACION DE LAS EMPRESAS POR EL GRADO DE MECANIZACION,
AUTOMATIZACION, ETC. DE SUS PROCESOS DE FABRICACION.

PUNTUACION MAXIMA POSIBLE 800 PUNTOS 100%

EM- PRE SA	PUN TUA C I O N D E C A D A E T A P A									CALI- FICA- CION. %
	RECIBO DE MATERIAL	CORTE	TROQUE LADO	MAQUI NADO.	FABRI- CACION	ACA- BADOS	ENSAM- BLE.	PRUE- BAS.	TOTAL	
A	50	65	65	75	75	75	75	75	565	69
B	50	50	50	50	75	60	75	40	450	56
C	50	65	50	65	75	75	75	75	530	66
U	50	65	70	70	80	80	80	75	570	71
E	50	65	65	75	100	100	65	75	615	76
F	50	65	70	75	80	75	85	75	575	72
G	50	55	65	65	75	75	75	50	510	64
H	50	50	70	65	75	75	80	75	540	68
I	50	65	60	65	75	90	85	90	580	72
J	50	60	65	75	75	80	80	75	530	66
K	50	50	60	50	75	75	80	75	525	66
L	50	55	60	60	75	75		75	520	65

4.-GENERADORES.-

4.1. Comentarios

Los generadores eléctricos son transductores que se encargan de convertir energía disponible de alguna fuente en energía eléctrica. Existen generadores de gran capacidad como los empleados en plantas generadoras ya sean Hidroeléctricas, Termoeléctricas o Nucleoeléctricas, la mayoría de estos generadores son traídos al país de importación y son fabricados por Cias. extranjeras tales como:

Westinghouse Electric

ASEA

General Electric

Cummins

Orlikon Engineering

Esher Wyss

Voith

Hitachi

Toshiba

Brown Boveri

Elin

M.Vickers

Alstom Co.

Siemens S.Werke

Morgan Smith

P.WW

ACEC

ACH

SSW

Electrical M.

Estas marcas producen los generadores de acuerdo a las especificaciones del comprador esto es que se diseñan para una capacidad específica, a una frecuencia determinada para trabajar a un factor de potencia y un voltaje de generación específicos.

4.2.- EMPRESAS FABRICANTES:

Los generadores de baja potencia, son generadores que se emplean en plantas o unidades auxiliares o de emergencia, aunque estos si se producen en México, también son también de importación, su capacidad va desde la mínima hasta su Kilowatt. Las principales marcas productoras son:

- Mitsubishi
- Electrical Machinery
- Brown Boveri Mexicana S.A.
- General Electric de México
- Fairbanks Morse
- Siemens
- IEM
- Caterpillar
- Elliot
- Ideal electric
- Electric Motive División
- English Electric
- Watintlonsa

La producción en México en 1979 fue de:

Dispositivo	Cantidad	Costo
Campos P-Generadores	36 130 Juegos	3 771 000
Tapas P/Generadores	57 119	3 199 000
Poleas P/Generadores	15 272	2 444 000
Generadores	1 175	140 160 000

4.1.- Generación de energía eléctrica en plantas de servicio público y privado en países seleccionados. (Gigawatts-hr)

<u>País:</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>
México	44 820	48 820	48 945	57 256
Alemania Democrática	84 505	89 150	91 966	95 952
Alemania Federal	311 807	333 651	335 320	352 100
Argentina	29 468	30 328	32 477	34 150
Australia	73	76 598	82 522	85 981
Austria	35 205	35 331	37 684	38 200
Bolivia	1 300	1 357	1 150	1 200
Brasil	80 293	88 620	99 869	110 600
Canadá	273 392	394 343	316 549	327 380
Colombia	14 325	15 467	15 223	15 500
Cuba	6 583	7 198	7 700	7 750
España	82 365	90 821	93 803	100 300
Estados Unidos	2 003 302	2 123 406	2 211 931	2 328 303
Francia	185 312	203 094	210 845	218 300
India	85 926	95 615	99 096	107 063
Italia	147 333	163 550	166 545	173 407
Japón	475 734	511 776	532 609	565 135
Nicaragua	932	1 357	1 180	1 310
Paraguay	598	605	526	640
Polonia	97 168	104 101	109 364	114 837
Reino Unido	271 387	276 379	293 820	298 933
Suecia	80 573	86 416	93 519	89 300
U.R.S.S.	1 138 675	1 111 477	1 156 374	1 190 552
Uruguay	2 576	2 812	3 046	3 250
Venezuela	19 591	21 352	23 351	24 350

4.4.- Consumo de energía eléctrica de servicio público en países seleccionados. (Megawatts)

País:	1975	1976	1977	1978
México	40 933	44 912	49 000	53 031
Alemania Democrática	60 512	65 381	68 019	70 857
Alemania Federal	246 780	268 970	275 231	289 500
Argentina	24 630	25 333	27 266	28 928
Australia	66 550	69 104	74 502	77 881
Austria	25 861	28 187	28 362	30 600
Bolivia	730	757	830	860
Brasil	75 901	82 968	93 749	104 090
Canadá	230 911	261 321	279 994	281 865
Colombia	12 338	13 739	13 446	13 650
Cuba	5 413	5 393	6 450	6 480
España	76 937	85 867	88 745	94 850
Estados Unidos	1 923 823	2 043 883	2 141 461	2 253 300
Francia	156 155	168 478	182 392	186 456
India	79 213	88 309	99 177	100 132
Italia	119 311	131 734	135 363	138 720
Japón	414 026	448 415	467 993	499 200
Nicaragua	828	957	1 080	1 105
Paraguay	388	345	435	450
Polonia	87 571	94 135	98 986	103 967
Reino Unido	251 338	254 821	262 041	267 565
Suecia	71 730	80 290	78 075	77 000
U.R.S.S.	973 135	1 035 130	1 073 674	1 114 172
Uruguay	2 240	2 587	2 812	3 300
Venezuela	16 978	18 030	20 028	21 225

CAPITULO II

REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE EQUIPO ELECTRICO

1.- REQUERIMIENTOS DEL DISEÑO

1.1. Definición

Aunque la aceptación académica en español de la palabra - diseño sea la delimitación de alguna cosa, su significado se ha extendido en la actualidad a la acción y efecto de idear y planear la ejecución de una obra o crear un objeto determinado, que es el sentido que tiene en inglés la palabra "design".

Para los propósitos del presente trabajo, entenderemos el sentido de la palabra diseño como se utiliza en el idioma inglés ya que es como se maneja actualmente.

El proceso de diseño abarca las actividades y eventos que transcurren entre el reconocimiento de un problema y la especificación de una solución que sea funcional, económica y satisfactoria. El diseño es el proceso general mediante el cual el ingeniero aplica sus conocimientos, aptitudes y puntos de vista a la creación de dispositivos, estructuras y sistemas.

Por tanto, es la actividad primordial de la práctica de la ingeniería, cualquier cosa que sea lo que diseñe un ingeniero, ya sea una máquina de inducción, una planta nucleoelectrónica, un vehículo submarino, un sistema báltico, una presa, una planta procesadora de alimentos, un corazón mecánico o un sistema eléctrico, realizará ese trabajo mediante el mismo proceso básico de diseño. A continuación presentaremos un proceso de diseño general.

1.2. Necesidad

El diseño se inicia desde el momento en que existe la necesidad de utilizar algún satisfactor.

1.3. Planteamiento del problema

En esta fase del proceso de diseño se plantea si verdaderamente tiene sentido conocer tanto el problema que se trata de re-

solver como saber si vale la pena resolverlo, antes de lanzarse a considerar los detalles también es conveniente tener vista panorámica del proceso desde el principio, porque una vez que uno se sumerge en los detalles es materialmente imposible tener una amplia perspectiva. Por lo tanto los objetivos principales del planteamiento son definir en términos generales en que consiste, determinar si merece nuestra atención y obtener una buena perspectiva del problema cuando sea más oportuno y fácil de hacerlo.

Es obvio que estas son cosas que deben conocerse al principio, esta importante fase del proceso de diseño es un hecho cuya importancia no se ve con claridad, que sólo requiere una pequeña parte del tiempo total dedicado al problema.

Pocas veces se le presenta el verdadero problema al ingeniero, mas bien él mismo debe determinar, por las deducciones en que consiste. Esto suele ser difícil porque su naturaleza a menudo es encubierta por mucha información sin importancia, por las soluciones que se emplean corrientemente, por opiniones que originan confusión y por las formas tradicionales y desventajosas de considerar un problema. Tal situación es empeorada por el hecho de que en la escuela se acostumbra presentar los problemas a los estudiantes de manera absolutamente ajena a la realidad, de modo que los ingenieros noveles carecen de la práctica y la aptitud necesarias para definir los problemas.

En vista de tales circunstancias y de las consecuencias de una definición descuidada e ineficaz de un problema, corresponde al estudiante de ingeniería empezar desde ahora a desarrollar su habilidad en el planteamiento de problemas reales.

un problema puede plantearse en forma verbal o esquemática de modo satisfactorio, ya sea en el papel o en la mente. En muchos casos bastarán unas cuantas palabras o quizá sea preferible un esquema. No existen reglas concretas y rápidas para plantear un problema. Ningunas reglas se justifican. No existe cosa mejor que el planteamiento correcto del problema, así como la propia experien

cia.

La solución de un problema no es el problema mismo, lo anterior parece obvio y sin embargo con frecuencia nos confundimos, atacar la solución presente y no el problema. Hay una sutil pero importantísima diferencia entre desmenuzar o examinar la solución tratando de eliminar sus inconvenientes y comenzar con una definición del problema y obtener una solución adecuada mediante el proceso de diseño.

Se ha dicho que un problema bien planteado está prácticamente resuelto aunque esto es exagerado, sirve para destacar la importantísima naturaleza de esta fase del proceso de diseño. Un problema puede plantearse con distintos grados de amplitud, éstos van desde una definición muy amplia que maximiza el número y el alcance de las alternativas que pueden considerarse, hasta una que ofrezca muy poca libertad para elegir las posibles soluciones.

La entrada que interviene en la fase de planteamiento es una información vaga y mezclada con hechos sin importancia y confusos, acerca de lo que se necesite o requiera. La salida un provechoso planteamiento del problema, se convierte en "Entrada" para la siguiente fase del proceso de diseño, el análisis del problema.

1.4. Análisis del Problema

Durante esta fase de diseño se determinan las características cualitativas y cuantitativas del problema. Existen características dinámicas de los estados del proceso en esta fase, que se llaman variables de entrada y variables de salida. Generalmente hay límites para el grado en que pueden fluctuar tales variables, que se denominan, limitación de entrada y limitación de salida. Para que un ingeniero pueda resolver satisfactoriamente un problema, deberá contar con estimaciones de confianza de los valores de las variables y de las limitaciones de entrada y salida. Una característica de solución es la restricción que se fija previamente por una decisión, por la naturaleza, por requisitos legales (normas) o

por cualquier otra disposición que tenga que ampliar el diseñador. Algunas restricciones limitan su elección a un intervalo de valores; otras fijan una característica de la solución, generalmente tales decisiones las hace el usuario.

No todas las restricciones son aceptadas por el ingeniero, él es quien tiene que decidir si acepta o rechaza tal o cual restricción. O bien tratar de que reconsidere y posiblemente modifique su decisión original.

La mayor parte de las decisiones hechas por ejecutivos, ingenieros y otros son subóptimas en cierto grado. Esto resulta del elemento hallar inherente a la búsqueda de posibles caminos de acción, del tiempo relativamente corto disponible para tomar decisiones del papel predominante que desempeña el criterio u opinión personal en la toma de decisiones de la vida real, de las muchas implicaciones y consecuencias futuras que son imprevisibles, del grado en que se subdividen generalmente los problemas y se atacan como subproblemas relativamente independientes, y del hecho de que pocas decisiones se hacen sobre una base completamente objetiva.

Por tanto no hay que aceptar automáticamente todas las restricciones dadas, muchas veces una provechosa innovación debe su existencia a un ingeniero que no acepto a ciegas como sólida e irrevocable toda restricción.

Restricción ficticia es la exclusión injustificada e indeseable de una posibilidad o de un grupo de ellas perfectamente legítimas. Es muy fuerte la tendencia a tomar equivocadamente lo que es por lo que se debe ser. Debido a que todo el mundo tiene tal tendencia y teniendo presente que la eliminación de una restricción ficticia suele hacer que el problema admita soluciones más ventajosas, es muy necesario estar prevenido contra esta equivocación.

Las formas en que se pueden definir las soluciones de un problema se llama variables de solución. La solución final de un problema consiste en un valor especificado para cada una de tales va--

riables: Un cierto tamaño, una determinada forma, determinados materiales, etc.

Es esencial distinguir bien el propósito de la determinación de las restricciones y variables de solución. El objeto no es conocer todas las formas de restricción, sino de darse cuenta de cuáles son las formas en que no hay restricción alguna, y posteriormente aprovechar esta libertad en la búsqueda de soluciones.

Para que un ingeniero pueda resolver inteligentemente un problema, debe determinar primero la utilización o usos esperados, es decir, el grado en el que ha de emplearse la solución, puesto que tal grado afecta fuerte el tipo óptimo de ésta.

El análisis del problema comprende mucho trabajo de reunión y procesamiento de información. El resultado es una especificación del diseño que se espera maximise las probabilidades de hallar una solución óptima.

1.5. Especificación.

Es una declaración consisa de un conjunto de requerimientos para ser satisfechos por un producto, un material o un proceso, indicando donde vaya apropiado el procedimiento por medio del cual puede ser determinado si los requerimientos dados son satisfechos.

Cabe hacer la aclaración que una especificación puede ser una norma, parte de una norma o independiente de una norma. Es recomendable que los requerimientos estén expresados numéricamente en términos de unidades apropiadas, junto con sus límites.

1.6. Normalización.

Es el proceso de formular y aplicar las reglas de acceso ordenando a una actividad específica para su beneficio y con la cooperación de todos los interesados y en particular para la promoción de una economía Total óptima tomando en cuenta las condiciones funcionales y los requerimientos de seguridad; definido el concepto

de normalización se define el concepto de norma.

Norma.-Es el resultado de un esfuerzo particular de normalización, aprobada por una autoridad reconocida. La norma puede tomar la forma de: i) Un documento conteniendo un conjunto de condiciones que deben ser satisfechas. ii) Una unidad fundamental o constante física por ejemplo el ampere, el metro, el cero absoluto, etc.

1.6.1. Características de la normalización.

a) La normalización es esencialmente un acto de simplificación como un resultado del esfuerzo consiente de la sociedad. Esto hace un llamado para reducir el número, casos que no sólo resultante una reducción de la complejidad presente sino también en los propósitos para prevenir esta complejidad en el futuro.

El conocimiento en las ciencias físicas ha estado aumentando a una velocidad exponencial en los últimos años. Con el advenimiento de la producción en serie, la automatización de la industria, la variedad de artículos se ha hecho mas abundante y compleja. El hombre ansioso por alcanzar una vida mejor, ha tratado conscientemente por reducir la variedad y tipos de mercancías. Este esfuerzo es el comienzo de la normalización.

b) La normalización es una actividad tanto social como económica, y debe fomentarse mediante la cooperación mutua de los interesados. El establecimiento de una norma debe basarse en el consenso general.

La conciencia en la práctica de la normalización es llevada a cabo cuando un acuerdo substancial por los interesados, estan de acuerdo con el juicio de una autoridad debidamente reconocida.

c) La simple publicación de una norma es de poco valor, a menos que se cumpla, su cumplimiento podrá sacrificar algunos en beneficio de muchos, el objetivo final de la normalización es traer a la gente condiciones de vida eficaces y cómodas. El efecto, se aprecia cuando se pone en uso las normas. Por lo tanto es esencial la

cooperación de todos los interesados haciéndolos participes a través de una fuerte propaganda o relaciones públicas.

d) Las medidas a tomarse al establecer una norma, son esencialmente una selección seguida de su fijación.

e) Las normas deben revisarse a intervalos regulares y cuando sea necesario. El intervalo entre revisiones dependerá de las circunstancias particulares de la norma.

f) Cuando se especifica el funcionamiento u otras características del producto, estas especificaciones deben incluir la descripción de los métodos de prueba que deben aplicarse para determinar - si el producto concuerda o no con la norma, y si es necesario las - propiedades de los materiales con los que debe construirse; cuando se adopte el muestreo debe especificarse el método y si es necesario el tamaño y frecuencia de las muestras.

g) La necesidad de la obligatoriedad legal para las normas - debe estudiarse especialmente tomando en cuenta la naturaleza de la norma, el nivel de industrialización, las leyes y condiciones que - prevalecen en la sociedad para la que la norma ha sido preparada.

1.6.2. Propósitos de la normalización.

a) Simplificación.- Un aspecto importante de la simplificación es limitar la variedad de productos manufacturados y sus componentes. Puede aplicarse a todos los niveles de normalización, aunque es particularmente benéfico para la economía en conjunto de una empresa, donde resulta el medio más directo para efectuar un ahorro en el costo durante la etapa de producción.

b) Intercambiabilidad.- La reducción de variedades entraña el principio de intercambiabilidad, es decir, la intercambiabilidad del fabricante para producir un lote de partes que nos indican tamaño, - forma y funcionamiento, permitiendo así sustituir una parte por otra la cual dará el mismo funcionamiento.

c) Norma como medio para comunicarse.- La función principal -

de las normas es proporcionar medios de comunicación entre el fabricante y el cliente para enlistar las cosas que están disponibles, - su tamaño y funcionamiento dando al usuario la confianza de que si pide artículos y concuerdan con normas, puede creer en su calidad y en su confiabilidad.

d) Símbolos y claves.- La comunicación de tecnología se ha superado por medio de símbolos y claves previamente convenidos. Por ejemplo: La Norma J-136-1970 "Norma oficial de abreviaturas, números y símbolos usados en planos y diagramas eléctricos", etc.

e) Economía en conjunto.- Todas las normas deben mostrar claras ventajas económicas, si van a fomentar la producción. En la normalización de productos, el logro de la economía, está propenso a convertirse en un compromiso que no podrá cumplirse si todos los componentes individuales no son entre sí óptimos debido a su interdependencia uno del otro:

f) Seguridad.- Hoy más que nunca puede decirse que la seguridad y protección de la vida humana es uno de los propósitos principales de la normalización.

Los productos deben manufacturarse con sumo cuidado para garantizar un alto grado de confiabilidad e imponer la reinspección y prueba de revisión a intervalos, durante la vida de los artículos.

g) Intereses del consumidor.- La protección de los intereses del consumidor, es un propósito importante de la normalización y -- quizás vital, está claro que el conocimiento de la calidad de los artículos comprenda sus propiedades tanto en el momento de la compra como en su uso subsecuente.

h) Eliminar barreras al comercio internacional.- Aquí el propósito de la normalización es alcanzar acuerdos en un foro de expertos internacionales en el contenido técnico de las normas incluyendo calidad de artículos y métodos para garantizar la misma, y aplicar el principio de "Consultar Normas" al proyectar leyes y reglamentos en países individuales.

1.6.3. Importancia de la normalización.

La normalización es uno de los elementos importantes de la infraestructura requerida para incrementar el ritmo de las actividades industriales. Esto es de considerable importancia tanto para los países desarrollados como para los subdesarrollados; mas para éstos últimos, que se postula un beneficio mayor en aquellas áreas críticas tales como desarrollar la tecnología nacional, utilizando el máximo de los materiales nacionales, modernizando el comercio interno, fomentando la explotación sustituyendo la importación y transferencia de tecnología, etc.

1.6.4. Beneficios de la normalización.

a) La producción en masa (a través de operaciones mecanizadas facilitadas por la normalización de la materia prima y productos terminados).

b) Control de calidad (a través de la normalización de los métodos de prueba).

c) Conservación de material y reducción del costo (a través de la racionalización).

d) Protección al consumidor (a través de la normalización relacionada a la salud y seguridad).

e) Sustitución de la importación y fomentar la exportación (a través de la normalización como una infraestructura para el desarrollo).

La transferencia de tecnología es la adición más importante a los beneficios de la normalización en el contexto de las necesidades de los países en vías de desarrollo.

Tal transferencia de tecnología puede tomar lugar dentro del país o entre países y el receptor, puede absorber la tecnología con o sin modificaciones. En resumen la normalización técnica permite un mejor uso de la tecnología existente, una creciente especialización industrial, la apertura al avance tecnológico y la consideración de las necesidades del consumidor e intereses de los sectores involucrados.

Sin embargo, lo anterior no sería posible sin la existencia de una creciente especialización y capacitación de los profesionales de cada región en esta área y de una programación de los procesos de normalización técnica, control y certificación de la calidad, metrología y difusión en sus diversos aspectos.

Para mayor información consultar Tesis: "Proyecto de Asignatura en Temas Selectos para la Ingeniería Mecánica Eléctrica". - Sánchez Michaca, Eduardo José.- Facultad de Ingeniería.- México, - D.F. 1984.

1.7. Materiales.

Los materiales con los cuales se fabrican los equipos eléctricos, deben ser escogidos tanto por sus propiedades eléctricas como mecánicas el diseñador debe estar seguro de que la resistencia a la tensión del material, es la necesaria para soportar cualquier carga que pudiera aplicársele durante el trabajo, y si es el indicado para todos los procesos de manufactura necesarios para producir el artículo.

En el caso de un metal es necesario saber si puede ser endu~~re~~cido, suavizado o templado mediante tratamientos térmicos. Cuando se necesita un aislante el esfuerzo a la ruptura y la resistencia al impacto son tan importantes como las propiedades aislantes, así mismo la resistencia a los efectos del calor, frío, humedad y condiciones atmosféricas.

Todos estos factores se pueden determinar en un laboratorio especializado, pero tales pruebas son caras, requieren de mucho tiempo y están fuera de la capacidad económica de la mayoría de los fabricantes. La elección de materiales apropiados para equipo eléctrico, estaba limitada hasta hace poco para el diseñador por varias consideraciones, tales como disponibilidad, facilidad de extracción (lo cual afecta el costo), facilidad de trabajo y límites de resistencia. Pero ahora, como resultado de largas investigaciones y experimentos, los metalurgistas y científicos han producido una variedad de materiales, de entre los cuales el diseñador puede selec-

cionar el más conveniente.

Pero es tal el número de productos disponibles que podría - elevarlo a una mala elección, simplemente porque es virtualmente - imposible conocerlos a todos en detalle, afortunadamente todos los materiales disponibles, se encuentran clasificados por organizaciones nacionales e internacionales que operan en la mayoría de los - países.

De esta manera cada material tiene una especificación fija, la cual toma en cuenta todas las propiedades conocidas, y el diseñador puede escoger una (en algunos casos, hechos específicamente para sus necesidades), con sólo mencionar el número de especificación.

1.7.1. Importancia de los materiales en el diseño.

El diseño eficiente de todo equipo eléctrico depende en gran parte de la calidad de los materiales empleados. En general, puede decirse que se encuentran relacionados el diseño con la calidad de los materiales de tal forma, para lograr la combinación óptima que resulta en confiabilidad del producto. Esto puede manifestarse, - por ejemplo en el caso de que el diseño sea adecuado pero que los materiales utilizados sean de mala calidad, esto repercutirá en el producto final, que traerá como consecuencia que el equipo sea ineficiente. Otras causas de que el equipo se ineficiente, son el exceso de material empleado, falta de manejo adecuado de materiales, etc.

Cabe destacar el hecho de que en el diseño y fabricación de equipo eléctrico en forma global no ha cambiado sustancialmente, - ya que se sigue conservando el mismo diseño conceptual, el cambio más significativo ha sido la utilización de nuevos materiales que han permitido la construcción de equipo más eficiente.

En México como consecuencia de la falta de investigación y desarrollo el uso de nuevos materiales es prácticamente nulo. Esta situación es palpable en cuanto a que los proveedores nacionales - de materia prima básica, no manufacturan o sacan al mercado ningún

material que no haya sido aprobado antes, en los países más avanzados y hasta que su comercialización en nuestro país sea económicamente factible.

Con el propósito de eliminar esta dependencia del exterior en el consumo de equipos y componentes el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) con el apoyo decidido de la comisión Federal de Electricidad (CFE) y de la Industria de Manufacturas Eléctricas (CANAME) ha realizado trabajos de desarrollo tecnológico - vinculados con la fabricación nacional de equipos y el proceso de sustitución de importaciones.

De esta manera el IIE realiza estudios sobre: aceros eléctricos nacionales para la fabricación de motores eléctricos, la factibilidad para emplear acero amorfo como un sustituto del acero al silicio que se emplea en el núcleo de los transformadores - de distribución, la fabricación de imanes a base de ferritas duras utilizando materia nacional, y la fabricación nacional de aisladores sintéticos.

1.8. Diseño.

Puede considerarse que la función de ingeniería de diseño constituye una de las actividades básicas en el proceso productivo, ya que sobre ella descanzan todas las demás. Entre las actividades básicas de un ingeniero de diseño podrían mencionarse las siguientes, tomando en consideración el desarrollo de un nuevo -- producto:

- a) Selección del producto
- b) Definición de sus características
- c) Preparación de bosquejos preliminares
- d) Elaboración de modelos
- e) Presentación de modelos
- f) Discusión con otros departamentos
- g) Preparación de especificaciones de diseño que sean válidas, precisas y completas.
- h) Establecimiento de objetivos en cuanto a costo

- i) Evaluación de las diferentes alternativas de diseño
- j) Partes críticas que deben utilizarse
- k) Decisiones sobre integración de partes (compras o fabricar).
- l) Requerimientos de prueba e inspección
- m) Consideraciones sobre empaque, manejo y transporte
- n) Requerimientos de diseño:
 - Diseño eléctrico
 - Diseño mecánico
 - Confiabilidad
 - Seguridad
 - Condiciones ambientales
 - Efectos sobre el medio ambiente
 - Construcción
 - Partes y componentes
 - Materiales
 - Acabados
 - Controles e indicadores
 - Estandarización de partes
- n) Elaboración de dibujos en detalle
- o) Fabricación y prueba de prototipos
- p) Preparación de información para obtener autorizaciones oficiales.
- q) Información para solicitudes de patente
- r) Preparación de instructivos e información técnica
- s) Preparación de información definitiva que incluye:
 - Dibujos
 - Listas de partes
 - Especificaciones completas
- t) Revisión del costo de fabricación

Desde luego que algunas actividades mencionadas anteriormente pueden en ocasiones reducirse cuando el producto a desarrollar es resultado de un convenio de asistencia técnica con un licenciador que ya ha desarrollado muchos de los pasos considerados. Sin

embargo la labor del ingeniero de diseño no es menos importante en este caso puesto que las circunstancias son siempre radicalmente diferentes, y la adaptación de la información recibida debe hacerse con sumo cuidado, y teniendo siempre como objetivo el de lograr una asimilación total de la tecnología, en un tiempo razonable.

Una de las disciplinas que más pueden ayudar al ingeniero de diseño en el desempeño de sus funciones es la formulación del proceso de decisión durante la parte del diseño previamente dicho.

Un ingeniero realiza con frecuencia decisiones que afectan el costo, la programación, el funcionamiento, la seguridad, la confiabilidad y otros elementos importantes que caracterizan un producto, en muchas ocasiones la decisión se basa solamente en un elemento, costo por ejemplo, sin evaluar en que forma ésta decisión afecta a los demás factores. Por otra parte cada persona puede asignar valores relativos diferentes a los distintos elementos que afectan el proceso de decisión.

El objetivo del proceso de decisión durante el diseño de un producto debe ser el de relacionar las alternativas de diseño que contengan la combinación óptima de características. Con frecuencia, esto puede involucrar conflictos entre funciones, o componentes interdependientes que pueden resolverse por medio de un proceso de decisión ordenado. Es decir que para tomar decisiones consistentes que puedan estar debidamente fundamentadas y que tomen en consideración todos los elementos con sus valores relativos, el proceso de selección en un diseño debe ser disciplinado y formalizado, lo cual debe lograrse utilizando técnicas adecuadas para la toma de decisiones tales como la de costos comparativos u otra similar.

Puede decirse que una decisión de diseño es tanto más importante cuando mayor sea el costo involucrado. Esto equivale a decir que puede ser tan importante una decisión que afecte ligeramente el costo de un producto que se fabrica en grandes cantidades, como una decisión que representa una cantidad mucho mayor aplicada al costo de un aparato que se fabrica en bajos volúmenes.

Una herramienta de gran utilidad en el proceso de decisión - consiste en la formación de una matriz de valores. Esta matriz deberá nivelarse definiendo la función básica del producto y todas -- las funciones que permitan realizarla, asignando a cada uno de los componentes necesarios para realizar las funciones, cierto valor de acuerdo con sus características, las cuales pueden ser tangibles o intangibles.

El listado de características anteriormente mencionadas permitirá una cuantificación de varias alternativas que pudieran utilizarse para desarrollar cada función, realizando en cada caso los siguientes:

- 1.- Definir la decisión de diseño que debe tomarse
- 2.- Identificar las alternativas de diseño
- 3.- Determinar la mejor alternativa
- 4.- Analizar la alternativa relacionada en cuanto a la posibilidad de consecuencias adversas en el futuro.
- 5.- Tomar la decisión definitiva

Por supuesto que no debe pensarse, que la función del ingeniero de diseño termina una vez recorrido todo el camino que hemos delineado, se entrega toda la información necesaria para la fabricación de un producto, a los distintos departamentos que la utilizarán.

Lo anterior marcaría en realidad el fin de una etapa a la cual seguiría otra que prácticamente no tiene fin, en la cual deben incorporarse continuamente innovaciones o cambios motivados por la adopción de nuevos métodos o nuevos materiales.

No debe perderse tampoco de vista la necesidad de estudiar cada producto en forma continua con miras a mejorar su costo y a lograr incrementos en la productividad.

Otra razón para la revisión periódica de los diseños la constituye la retroalimentación del comportamiento del producto en el -- campo, retroalimentación que debe traducirse en mejoras derivadas de un análisis cuidadoso de las fallas detectadas de acuerdo con su frecuencia y su magnitud.

1.8.1. Características del ingeniero de diseño.

Cuando el estudiante de ingeniería se acerca al umbral de su etapa colegial yendo hacia una profesión que él eligió debe hacer una pausa y meditar un poco. Debe mirar hacia adelante hasta la meta que se ha trazado, pasando por las etapas intermedias.

El propósito fundamental de una escuela profesional es el de recoger, conservar, correlacionar y transmitir el conocimiento, a la vez que enfatizar y promover el desarrollo de las cualidades éticas, teniendo en cuenta como objetivo, el producir ciudadanos inteligentes, capaces de un liderazgo responsable.

En la carrera de ingeniería en particular, uno de los propósitos fundamentales es el de permitir al estudiante en un corto tiempo, aprender a utilizar las experiencias, descubrimientos e interpretaciones de los miles que han pasado antes que él. Para el ingeniero que se encuentra en el umbral de su carrera profesional, debe ser muy claro que su educación apenas ha comenzado. El joven ingeniero debe poseer a medida que se adentra en su profesión algunas cualidades muy específicas que son:

- Coraje e integridad
- Determinación
- Sed de conocimiento
- Imaginación
- Instinto para la economía
- Hábito de pensar retroactivamente sobre causas y efectos
- Aptitud para el liderazgo
- Capacidad para el trabajo arduo
- Ingenio

El coraje y la integridad son los requisitos fundamentales para el ingeniero de éxito. No debe abrazarse la ingeniería si se tiene temor a tomar riesgos calculados o tomar decisiones basadas en la información disponible ya que rara vez se podrá tener una respuesta segura por anticipado.

El ingeniero como cualquier profesional debe tener una incli

nación nata para llegar hasta las verdades fundamentales de las matemáticas, la física y la química.

No puede lograrse un proceso sustancial en la adquisición de conocimientos si no se utiliza un proceso continuo.

No se concibe la ingeniería, sin la habilidad de ver las cosas con los ojos de la mente o visualizarlas como serán en la realidad. Cualquier producto grande o pequeño, es la pintura mental de alguien, hecha realidad. El buen criterio es una cualidad nata que no puede ser creado pero si desarrollado y agudizada en un individuo.

El ingeniero de diseño debe ser capaz de ver todos los aspectos de un problema, debe ser capaz de dar un valor adecuado a cada fase de un proceso y debe ser capaz de prever las consecuencias resultantes.

El instinto para la economía es un requisito primordial para un ingeniero de diseño, quien debe ser capaz de distinguir entre lo barato y lo económico. En un proyecto no es necesariamente la forma más barata de llevarlo a cabo, la mejor, si no la forma en que producirá los resultados más efectivos y el mayor rendimiento por el capital y el esfuerzo empleados.

El hábito de pensar retroactivamente sobre efectos y sus causas, es la cualidad inherente que permite al ingeniero de diseño -- pensar en términos de funciones y explicar en forma simple y precisa, el propósito esencial de cada uno de los varios elementos que integran un producto.

La actitud para el liderazgo es también sumamente importante para el ingeniero de diseño, quien debe poseer la habilidad de trabajar armoniosamente con personas de distintos puntos de vista y vender sus ideas, proyectos o principios sobre las bases de un razonamiento lógico y convincente. La capacidad para el trabajo arduo es el camino más seguro hacia el éxito, ya que este no es un simple accidente sino algo que llega al individuo que ejecuta mejor su trabajo que otro.

El ingenio es otro requisito primario para un ingeniero de diseño, la necesidad y el ingenio van a la par con el logro de los inventos desarrollados y aplicaciones que figuran en el trabajo de un ingeniero. Quien es capaz de tomar situaciones comunes y aplicar su ingenio para producir y mejorar los resultados, puede contribuir con grandes beneficios a la humanidad. Resumiendo, puede decirse que un ingeniero de diseño, debe tener una mente que reco-pile y organice información, una mente analítica, una mente llena de recursos, una mente constructiva.

1.9. Proceso de Manufactura.

Esta fase es de gran importancia para el diseño, ya que junto con los materiales afectan directamente a la eficiencia del producto. Es decir, que si por ejemplo el diseño es adecuado, los materiales empleados son de buena calidad pero la fabricación es mala o inadecuada, traerá consecuencias negativas en el producto final que harán que el equipo sea ineficiente.

En esta fase las características de trabajo son manual y relativamente artesanal, aunque últimamente se ha logrado un grado relativo de automatización o mecanización, pero siempre bajo la responsabilidad y supervisión de un ingeniero, llamado ingeniero de -- proceso o de fabricación, quien durante el proceso puede hacer algunas modificaciones al diseño original.

1.9.1. Tecnología de manufactura.

- a) Procesos de manufactura automatizados
- b) Procesos que mejoren el diseño y lo hagan más compacto
- c) Equipos para la producción mecanizada (semi-automática)
- d) Mano de obra abundante, que especializada y calificada en los nuevos equipos y procedimientos se busca facilitar la manufactura y abatir su costo.

1.9.2. Nuevos procesos de manufactura.

Este es otro campo derivado de la investigación y desarrollo

que en vista de que nuestro país es incipiente, al uso de nuevos procesos de manufactura se adapta varios años después de que han sido probados por los países altamente desarrollados siempre y cuando su uso sea económicamente factible a las condiciones existentes. Esto repercute en las diferencias de productividad entre países altamente industrializados y los que se encuentran en vías de desarrollo.

1.10. Pruebas.

Las pruebas constituyen un aspecto importante en el proceso de diseño ya que sus resultados sirven para comprobar las especificaciones, características, calidad de los materiales empleados y proceso de manufactura del producto. Si no se cumple uno o varios aspectos de los descritos anteriormente el diseño no es aceptado y se envía al departamento de diseño para su revisión y en caso necesario efectuarle alguna modificación, también se verifica la calidad de los materiales y se certifica el proceso de manufactura hasta que el producto cumple con lo descrito anteriormente.

El desarrollo de nuevos materiales obliga a revisar el diseño, continuamente.

2.- TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION Y DE POTENCIA

2.1. TEORIA BASICA.

El transformador es un dispositivo electromagnético que sirve de enlace entre dos partes de un sistema eléctrico que generalmente operan a diferentes valores de tensión y corriente, pero siempre a la misma frecuencia.

Se le puede considerar como un elemento transmisor de potencia eléctrica, aunque en algunos casos especiales desempeña otra función.

Los transformadores de distribución y potencia siempre tendrán como función principal, transmitir una potencia eléctrica, en cambio los transformadores de medición tendrán como objetivo funda-

mental el permitir medir valores elevados de tensión o de corrientes con instrumentos de pequeña capacidad.

Esencialmente constan de:

- a) Un núcleo ferromagnético
- b) Dos embobinados, uno de alta tensión y otro de baja tensión.
- c) Elementos auxiliares como son tanque, sistema de enfriamiento, boquillas de conexión, etc.

En algunos casos el número de devanados es diferente de dos, como los autotransformadores que solamente tienen un devanado con una derivación intermedia, transformadores de más de dos devanados, que enlazan más de dos elementos de un sistema, o transformadores trifásicos que en realidad son tres transformadores (seis devanados) aprovechando un solo núcleo.

Un transformador ideal deberá entregar la misma potencia -- que recibe, por tanto:

$$P = V_H I_H \cos \theta = V_x I_x \cos \theta \text{ (monofásicos)}$$
$$P = \sqrt{3} V_H I_H \cos \theta = \sqrt{3} V_x I_x \cos \theta \text{ (trifásicos)}$$

en donde:

- P = potencia transmitida
- V_H = voltaje en alta tensión
- I_H = corriente en la línea de alta tensión
- V_x = voltaje en baja tensión
- I_x = corriente en la línea de baja tensión
- $\cos \theta$ factor de potencia

De cualquiera de las fórmulas anteriores podemos deducir que:

$$\frac{V_H}{V_x} = \frac{I_x}{I_H}$$

lo que significa que por el devanado de alta tensión circula una corriente pequeña y por el de baja tensión circula una corriente grande.

La relación de alta tensión a baja tensión recibe el nombre de Relación de Transformación, y es la misma relación que el número de vueltas del devanado de alta tensión al número de vueltas del devanado de baja tensión, por tanto:

$$\frac{V_H}{V_x} = \frac{N_H}{N_x} = a$$

en donde V_H y V_x tienen el mismo significado descrito anteriormente.

N_H = Número de vueltas del devanado de alta tensión

N_x = Número de vueltas del devanado de baja tensión

Las condiciones ideales que hemos planteado no se verifican en un transformador real en operación, debido principalmente a las pérdidas asociadas a todo proceso de transformación de energía, y que para el caso del transformador las podríamos clasificar en:

Pérdidas eléctricas.- Dentro de las pérdidas eléctricas podemos considerar:

- a) Pérdidas de energía debidas al calentamiento del conductor de los devanados. El devanado de alta tensión estará formado por un conductor largo y delgado, debido al número elevado de vueltas y a la corriente baja que circula por él, por tanto debe tener una resistencia apreciable, de acuerdo con la fórmula.

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

Esta resistencia según el tamaño del transformador puede estar comprendida entre fracciones de ohm, y algunas decenas de ohms. El devanado de baja tensión es de menor longitud y más grueso que el de alta tensión, de manera que su resistencia es apreciablemen-

te menor.

La combinación de estas resistencias y la corriente que circula por ellas, produce calentamiento en los conductores, de acuerdo con el Efecto de Joule.

$$W = R_1 I^2$$

Este calentamiento se traduce en una pérdida de energía apreciable (aunque muy pequeña comparada con la capacidad del transformador) en el devanado de alta tensión por su resistencia elevada y en el de baja tensión por su gran corriente. Esta pérdida se incrementa aún más debido a efectos indeterminados por corriente alterna.

- b) Pérdidas de tensión por flujo disperso. Aunque el núcleo ferromagnético tiene una permeabilidad elevada, su valor no es tan grande para encerrar el 100% del flujo producido por el bobinado primario de manera que algunas líneas magnéticas se cierran a través del aire, es decir, por fuera del núcleo. Lo mismo sucede con el flujo de oposición motivado por la corriente del devanado secundario. Estos flujos actúan como reactancias incluidas en los circuitos (llamadas reactancias de dispersión) a través de las cuales hay pérdidas de voltaje, pero no de energía. En caso de un factor de potencia adelantado, la pérdida puede ser negativa.

Pérdidas magnéticas.— Las pérdidas magnéticas también se subdividen en dos grupos:

- a) Pérdidas por histéresis. En la siguiente figura se tiene una curva típica de histéresis, en la que se observa que cuando la corriente de excitación es ascendente, el flujo aumenta siguiendo una trayectoria y cuando es descendente el flujo disminuye por otra trayectoria diferente, encerrando un área que de acuerdo con la teoría del ferromagnetismo representa las pérdidas por histéresis. La bobina primaria que funciona además como bobina de excitación

no se comporte bajo esta última condición como reactancia pura, o sea que no solamente maneje potencia reactiva, sino también una pequeña cantidad de potencia real, debida al área de histéresis, y que se transforma en calentamiento del núcleo, y por tanto en pérdida.

- b) Pérdidas por corrientes parásitas. Teniendo en cuenta - que el material ferromagnético de que está constituido - el núcleo es además conductor eléctrico, el flujo magnético variable en el interior del propio núcleo motiva que se constituyen fibras eléctricas en forma de anillos (circuitos cerrados) alrededor de las líneas magnéticas, provocando fuerzas electromotrices inducidas y consecuentemente circulación de corrientes que provoca otro calentamiento adicional al núcleo. Estas corrientes se conocen con los nombres de corrientes parásitas, corrientes de Foucault, o corrientes de Eddy.

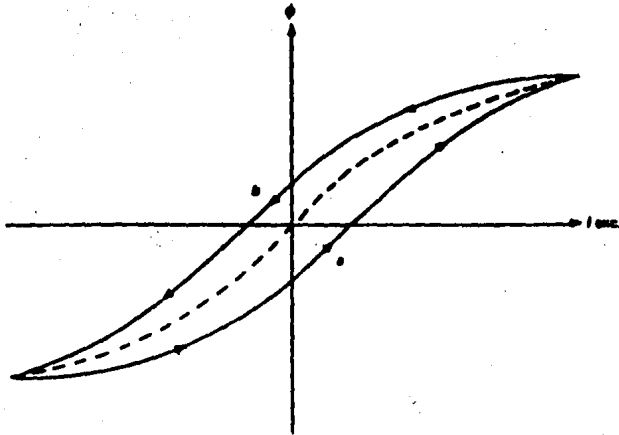
Tanto las pérdidas por histéresis como las pérdidas por corriente parásitas se manifiestan desde el punto de vista puramente eléctrico, como una resistencia incluida en el sistema de transformación.

El conjunto de pérdidas, como mencionábamos al principio, motivan - que un transformador real en operación difiera algo de las condiciones ideales, o sea:

$$\frac{V_H}{V_x} \neq 1 \quad \text{a} \quad \text{debido a las pérdidas en las resistencias de los bobinados y en las reactancias de dispersión.}$$

$$\frac{I_x}{I_H} \neq 1 \quad \text{a} \quad \text{debido a las pérdidas magnéticas y a la corriente de excitación.}$$

El buen servicio que puede dar un transformador en operación depende de la calidad de sus componentes (conductores, núcleo, aislamientos, etc.), el nivel de pérdidas (que es posible reducirlo a un valor mínimo) y el equilibrio entre las pérdidas y el sistema de enfriamiento.



Curva de histéresis del núcleo del transformador.

2.2. CLASIFICACION.

Los transformadores pueden ser clasificados de distintas maneras, según se tome como base la construcción o la operación en cada uno de sus aspectos. La primera clasificación, cuya trascendencia es mayor, se refiere a la forma y proporciones del núcleo, dividiéndose los transformadores en dos categorías: de columnas y acerezados.

2.2.1. Por la forma y Proporciones del Núcleo.

2.2.1.1. Transformadores de Columna: se componen de dos o más columnas dispuestas sobre una o todas las columnas, figuras 2.1, 2.2 y 2.3.



Fig. 2.1 Bobinas y laminaciones de un transformador del tipo de columnas.

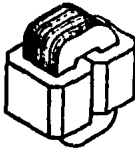


Fig. 2.1 Bobinas y laminaciones de un transformador del tipo de columnas.

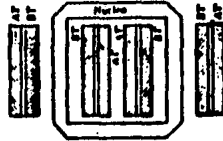
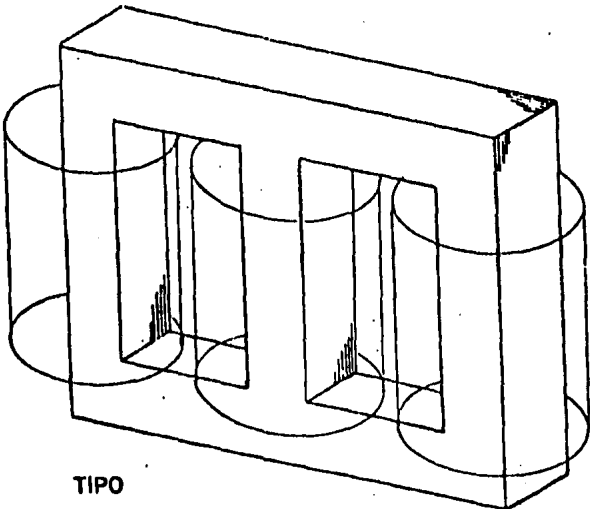


Fig. 2.2 Grupo de bobinas de alta y baja tensión de un transformador del tipo de columnas.



TIPO
COLUMNAS

Fig. 2.3

2.2.1.2. Transformadores Acorazados: consisten de uno o mas arrollamientos envueltos por laminación, en una gran parte de su longitud, figuras 2.4 y 2.5.

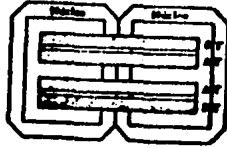
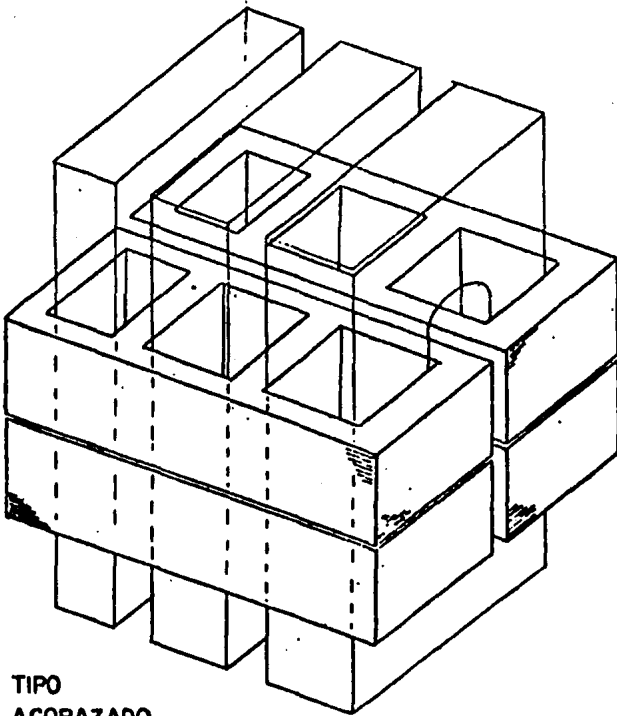


Fig. 2.4 Grupos de bobinas de alta y baja tensión de un transformador del tipo acorazado.



TIPO ACORAZADO

Fig. 2.5

2.2.2. Otra clasificación importante se basa en la refrigeración de los transformadores, dividiéndolos en:

- a) ENFRIAMIENTO CON AIRE NATURAL
- b) ENFRIAMIENTO CON AIRE ACTIVADO
- c) ENFRIAMIENTO CON AGUA INTERIOR
- d) ENFRIAMIENTO CON AGUA EXTERIOR
- e) ENFRIAMIENTO CON AIRE A PRESION
- f) ENFRIAMIENTO MIXTO

2.2.3. Por el número de fases

- a) MONOFASICOS
- b) POLIFASICOS

2.2.4. Por la operación.

- a) PARA INSTRUMENTOS
 - a.1.) DE POTENCIAL
 - a.2.) DE CORRIENTE
- b) DE CORRIENTE CONSTANTE
- c) DE POTENCIAL CONSTANTE
 - c.1.) DE DISTRIBUCION (HASTA 500 KVA, 69 KV)
 - c.2.) DE POTENCIA O DE FUERZA (MAS DE 500 KVA, 69 KV).

En el presente trabajo se desarrollará exclusivamente el diseño de transformadores de potencial constante.

2.2.5. Por la aplicación.

- a) DE LINEA, PARA INTERCONEXION O PROTECCION
- b) DE ESTACION GENERADORA (PARA ELEVAR)
- c) DE ESTACION RECEPTORA (PARA REDUCIR)
- d) DE POTENCIAL CONSTANTE (MULTIPLE)
- e) DE INTENSIDAD CONSTANTE (SERIE)

2.2.6. Por la colocación.

- a) INTERIORES
- b) DE INTEMPERIE
- c) SUMERGIBLES

2.2.7. Por el medio refrigerante

- a) EN AIRE, O GAS A PRESION
- b) EN ACEITE
- c) EN LIQUIDOS ESPECIALES
- d) EN COMPUESTO MIXTO

2.2.8. Por la regulación

- a) DE RELACION FIJA
- b) DE RELACION AJUSTABLE CON CARGA, MANUAL O AUTOMATICA.
- c) DE CORRIENTE CONSTANTE

2.2.9. Por la construcción del tanque

- a) DE CONSERVADOR DE ACEITE
- b) DE CAMARA INERTE
- c) DE TUBOS PARALELOS
- d) DE RADIADORES SIMPLES, O CON VENTILADOR
- e) DE GAS A PRESION, CON CIRCULACION CERRADA
- f) DE CIRCULACION FORZADA DE ACEITE

2.3.- PARTES CONSTITUTIVAS DE UN TRANSFORMADOR

2.3.1. NUCLEO.

Es la parte de material ferromagnético que constituye la médula del circuito magnético del transformador. El circuito magnético se hace de laminaciones de acero al silicio. El acero al silicio se usa debido a sus buenas propiedades contra el envejecimiento y a las bajas pérdidas.

En fechas recientes el Instituto de Investigaciones Eléctricas (I.I.E.), ha desarrollado pruebas con un transformador de distribución con núcleo de acero amorfo, obteniendo resultados que confirman que las pérdidas en el núcleo de este material son extremadamente bajas, comparadas con las del acero al silicio. Por tal motivo, en el Departamento de Materiales, se efectúan actividades adicionales para desarrollar diseños de núcleos de transformadores y técnicas de manufactura que aprovechen las propiedades de este nuevo material. Para mayor información acerca del acero amorfo; - consultar referencia No. 11 de la bibliografía de Ferromagnetismo.

2.3.2. DEVANADOS.

Constituyen la parte eléctrica del transformador y están -- constituidos por bobinas de alambre. Los devanados de un transformador pueden ser dos (básicamente) o más; uno de ellos constituye el devanado primario y es en donde se aplica la tensión que va a ser transformada, los demás constituyen el devanado secundario que es en donde la tensión se induce.

2.3.3. PARTES AUXILIARES.

Las partes del equipo auxiliar son muy numerosas, dentro de las más esenciales e importantes se encuentran las que a continuación se mencionan:

2.3.3.1. TANQUE Y CUBIERTA: En la construcción moderna de transformadores, los tanques se fabrican con lámina de acero apropiado para cada capacidad; las uniones se soldan por medio de soldadura eléctrica y una vez terminados se prueban por medio de un compresor de aire para localizar los poros y defectos de la soldadura.

Los tanques de transformador pueden ser construidos de diversas maneras según su tamaño y proporciones:

- a) FUNDIDOS.- se obtiene una gran resistencia y seguridad - contra el escape de aceite; pero el peso es -

exagerado.

- b) DE LAMINA REMACHADA.- el peso se reduce al mínimo, pero hay pequeñas filtraciones constantes de aceite.
- c) DE LAMINA SOLDADA.- con los modernos procedimientos de soldadura se ha eliminado por completo la porosidad de las juntas. El peso es mínimo como en el caso anterior.

2.3.3.2. TIPO DE AISLAMIENTOS.

Los aislamientos se emplean para evitar el contacto entre bobinas y entre bobinas y el núcleo. También se emplean como refrigerantes.

Puede decirse que la vida de un transformador en operación normal, mientras no sufra un accidente, depende de la duración de sus aislamientos. Con el tiempo, los aislamientos se van carbonizando por la acción prolongada del calor, esta carbonización los debilita mecánicamente y como están sujetos a esfuerzos mecánicos constantemente, acaban por fallar e inutilizar al transformador. Generalmente los materiales más usados como aislantes en los transformadores son los siguientes: aire, aceite; diferentes tipos de hilos como algodón, lino, cáñamo, etc. (que deben resistir la acción del aceite caliente); papel, presspalin, madera (que debe estar bien preparada), baquelita, corcho, porcelana (sobre todo en las boquillas), asbesto y diferentes tipos de cartones y ciertas sustancias plásticas.

Los materiales se colocan en el lugar adecuado, según sus propiedades, por ejemplo: en un transformador sin aceite puede usarse el hule que no quedará expuesto a la acción disolvente del aceite caliente, siempre y cuando la temperatura que alcance el lugar de aplicación no requiera un aislamiento más resistente al calor.

Según la A.S.A. (AMERICAN STANDARD ASSOCIATION) la clasificación para los diferentes aislamientos usuales en aparatos eléctricos es:

CLASE O .- Algodón, seda, papel y materiales orgánicos semejantes, sin estar impregnados o sumergidos en un dieléctrico líquido.

CLASE A .- Algodón, seda, papel y materiales orgánicos semejantes, impregnados o sumergidos en un dieléctrico líquido; materiales moldeados o laminados con relleno de celulosa, resinas fenólicas y similares; películas y hojas de acetato de celulosa o derivados de celulosa similares, barnices y esmaltes no conductores.

CLASE B .- Mica, asbesto, fibra de vidrio, materiales inorgánicos semejantes, fabricados con una limitada cantidad de aislamiento A como base.

CLASE C .- Mica, porcelana, vidrio, cuarzo y materiales inorgánicos similares.

Las temperaturas máximas que pueden resistir los aislamientos son, desde luego, constantes para cada uno y muy parecidas en todos los aislamientos de un mismo tipo, pero como existen diferentes modos de tomar la temperatura a los aparatos en operación se han especificado las siguientes operaciones límite:

METODO DE ESTIMAR LA TEMPERATURA	CON TERMOMETRO	CON DETECTOR	POR RESISTENCIA	LIMITE
CLASE O	75 ^o c	85 ^o c	85 ^o c	90 ^o c
CLASE A	90 ^o c	110 ^o c	95 ^o c	105 ^o c
CLASE B	110 ^o c	120 ^o c	120 ^o c	130 ^o c

2.3.3.3. BOQUILLAS TERMINALES

Para conectar los enrollamientos interiores del transformador con las líneas externas, a través de la tapa o tanque se emplean elementos conductores llamados boquillas, cuya construcción obedece a uno de los siguientes tipos:

- a) TIPO MACIZO.- La boquilla es una pieza de porcelana o baquelita en forma de aislador de poste, con una brida de sujección y campanas por la parte externa, cuando es para intemperie, fig. 2.7



fig. 2.7

- b) TIPO RELLENO.-El tipo anterior es sencillo y barato, pero no es recomendable para tensiones elevadas por la presencia de aire entre la porcelana y el birlo, lo que ocasiona que la boquilla se comporte como dos condensadores.

2.3.3.4. CAMBIADOR DE DERIVACIONES (TAPS)

Se emplea para suprimir o aumentar el número de vueltas o de bobinas de un devanado, con lo que se obtiene un nivel más o menos estable de tensión requerida.

Los derivadores son generalmente colocados en el devanado de alta tensión, por ser este el devanado exterior y consecuentemente la conexión de derivadores puede hacerse fácilmente y sin dificultad por cuanto al aislamiento.

Los derivadores en el lado de baja tensión no se recomiendan pues los conductores de los devanados son de mayor sección, llevando una corriente considerable, que podría ocasionar arcos durante el cambio. Además este devanado normalmente está en la parte interna como se ve en la fig. 2.8 y presenta dificultades de construcción.

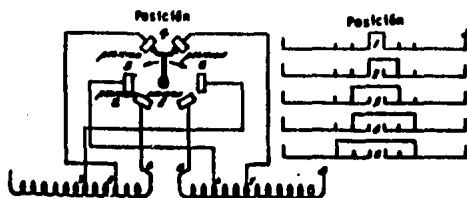


Figura 2.8

La posición física de los derivados en el devanado de alta tensión, está determinada por consideraciones de tensión, ampere-vuelta, balanceo en cada posición del derivador y variación de la impedancia sobre el rango del cambiador.

Los cambiadores de derivaciones se clasifican en dos grupos:

- a) CAMBIADORES DE DERIVACIONES SIN CARGA
- b) CAMBIADORES DE DERIVACIONES CON CARGA

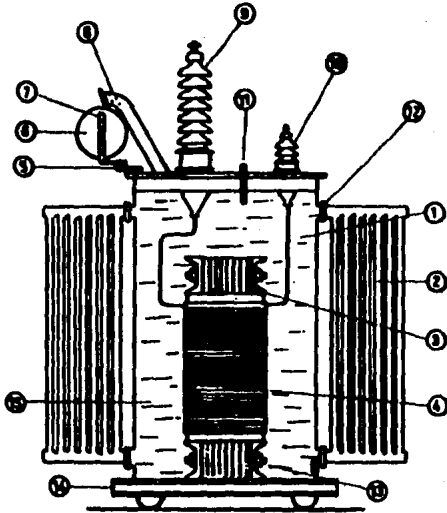
2.3.3.5. TIPOS DE ENFRIAMIENTO

- a) TRANSFORMADORES EN ACEITE AUTOENFRIADOS (TIPO OA)
En este tipo, el aceite aislante circula dentro del tanque, el cual disipa el calor llevado por el aceite al aire circundante en reposo. Es el tipo de enfriamiento más común sobre todo en transformadores de mediana potencia, debido a su simplicidad y bajo mantenimiento.
- b) TRANSFORMADORES EN ACEITE CON AIRE FORZADOS (TIPO FA).
Este tipo es básicamente una unidad OA a la que se han añadido ventiladores para aumentar la disipación de las superficies enfriadoras, permitiendo así aumentar la capacidad del transformador. El porcentaje de capacidad autoenfriado que se puede aumentar con enfriamiento FA varía desde 15% para transformadores menores de 2500 KVA hasta 33% para

transformadores mayores de 1200 KVA.

- c) TRANSFORMADORES CON AIRE Y ACEITE FORZADO (TIPO FOA)
Con la circulación forzada de aire y aceite se puede obtener hasta un 167% de la capacidad que tiene el transformador en OA, con capacidad intermedia hasta 123% en FA. Si el transformador tiene un radiador exclusivo para que siempre trabaje en FOA pudiendo calentarse excesivamente, sin el aire o aceite forzado con las pérdidas de excitación únicamente.
- d) TRANSFORMADORES EN ACEITE CON ENFRIAMIENTO EN AGUA (TIPO OW).
En este tipo de transformadores el calor se disipa a unos serpentines de agua en contacto con el aceite aislante. Dichas unidades no pueden trabajar sin la circulación de agua, por lo que no se les designa capacidad en OA.
- e) TRANSFORMADORES EN ACEITE CON AGUA Y ACEITE FORZADO (TIPO FOW)
Se utiliza un cambiador de calor de aceite a agua - externo al transformador, siendo su funcionamiento similar al FOA con radiador solamente para aire forzado.
- f) TRANSFORMADORES SECOS, AUTOENFRIADOS (TIPO AA)
En estas unidades el aire circundante al núcleo y bobinas enfría circundando por convección natural.
- g) TRANSFORMADORES SECOS, CON AIRE FORZADO (TIPO AFA)
A estos tipos de transformadores solo se les designa una capacidad basada en la circulación forzada de aire.

EL TRANSFORMADOR



PARTES ESENCIALES DEL TRANSFORMADOR

1. Tanque.
2. Tubos radiadores.
3. Núcleo (circuito magnético).
4. Devanados.
5. Relé de protección Buchholz.
6. Tanque conservador (8 a 10% del volumen del tanque).
7. Indicador del aceite.
8. Tubo de escape en caso de explosión.
9. 10. Boquillas o aisladores de potencia.
11. Termómetro.
12. Conexión de los tubos radiadores al tanque.
13. Tornillos apriadores para dar rigidez al núcleo.
14. Base de volar.
15. Refrigerante.

Fig. 2.6'

EL ENFRIAMIENTO DEL TRANSFORMADOR

esta medida para evitar que la duración del aislamiento se reduzca considerablemente por el efecto de las temperaturas altas.

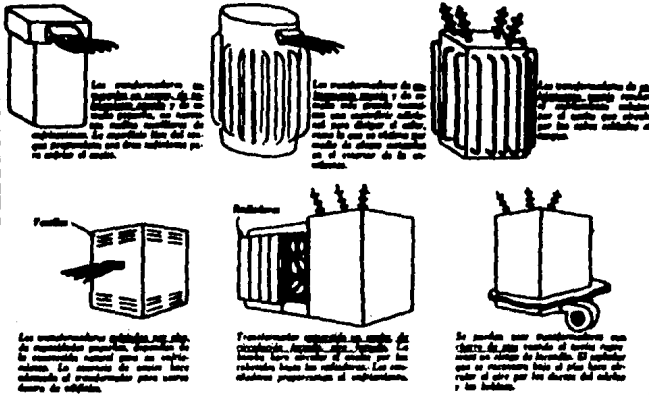


Fig. 2.6

2.4. DISEÑO DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN Y DE POTENCIA.

2.4.1. Con objeto de que la corriente de magnetización sea lo más pequeña posible, la densidad de flujo en el núcleo, deberá estar abajo del punto de saturación de la lámina que se use. Las laminaciones de acero al silicio tienen una alta permeabilidad a bajos valores de inducción, pero para altos valores de inducción la permeabilidad decrece rápidamente.

2.4.2. La densidad de corriente en el cobre esté limitada por la eficiencia y por la elevación de temperatura permisible.

2.4.3. Cuando se han decidido las densidades en el núcleo y en el cobre, podrán calcularse en función de ellas, las pérdidas totales correspondientes.

2.4.4. El área de la sección transversal del núcleo se determina al conocer el flujo total.

2.4.5. El número de espiras para el devanado de alta tensión.

2.4.6. El número de espiras para el devanado de baja tensión

2.4.7. La tensión por espira.

2.4.8. La corriente en el embobinado de alta tensión

2.4.9. La corriente en el embobinado de baja tensión

2.4.10. El área de la sección transversal del conductor para el devanado de alta tensión.

2.4.11. El área de la sección transversal del conductor para el devanado de baja tensión.

2.4.12. La relación de alturas de la ventana a su ancho

2.4.13. El factor de espacio del cobre, o sea la relación del área neta de cobre dentro de la ventana del área total de la ventana que varía con la capacidad del transformador y con la tensión de los embobinados.

2.4.14. Los embobinados de los transformadores deberán diseñarse para dar las características eléctricas mejores posibles con las adecuadas propiedades mecánicas para soportar los esfuerzos debidos a circuitos-cortos y con la adecuada ventilación para evitar excesivas elevaciones de temperatura y puntos calientes.

2.4.15. Tipo de conexión

2.4.16. En el embobinado y armado de las bobinas de un transformador, se puede presentar una cualquiera de las polaridades aditiva o substractiva.

2.4.17. Los embobinados de los transformadores podrán colocarse concéntricamente, uno en relación con el otro, o arreglarse en grupo de bobinas de alto y bajo voltaje, alternando unas y otras. El primer tipo se conoce como concéntrico, y el segundo como alternado.

2.4.18. Los conductores son redondos, cuadrados o rectangula-

res en sección transversal, y llevándole forro de algodón o van cu biertos por papel tratado que se mantiene en su sitio mediante cintas de algodón tratado. Para evitar grandes corrientes de remolino, las secciones grandes de conductor deberán formarse de varios conductores menores en paralelo. Cuando los conductores en paralelo se devanan unos sobre otros en sentido radial, el conductor interno tendrá una mayor reactancia que el conductor externo. Consecuentemente la corriente no irá igualmente distribuida en el grupo de conductores en paralelo.

2.4.19. Los materiales aislantes que se usan para devanados de transformador deberán tener alta resistencia dieléctrica y buenas propiedades mecánicas, y no deberán ser solubles en aceite de transformador caliente.

- 2.5. PROCESO DE MANUFACTURA

Se deben tomar en cuenta los problemas de manufactura que son debidos al manejo de materiales; es decir, que en el diseño no se consideran esfuerzos mecánicos producidos por la maquinaria durante el manejo, forrado y devanado de conductores. También se debe tomar en cuenta la soldadura para lograr los límites de temperatura deseados. Esta consideración no es producto de un cálculo ni de manufactura, sino de años de experimentación y modificación de los modelos.

Por otra parte tenemos el acero eléctrico que de acuerdo a la recomendación del fabricante tiene un factor de estancamiento, el cual tiene que introducirse en el cálculo del dimensionamiento físico, este factor nos ayuda a tomar en cuenta las deformaciones que sufre el núcleo debido al transporte, y al corte al que se ve sujeto por la máquina que lo dimensionará de acuerdo al cálculo, una vez cortado se ve sujeto a la manufactura para construir el núcleo. Esto va a depender de las técnicas de manufactura así como de la calidad de la misma.

En general, la calidad de los materiales de manera signifi-

cativa en un diseño dado, ambos deben estar compaginados para lograr la combinación óptima que resulta en confiabilidad del producto.

2.6. PRUEBAS: DE ACUERDO A LAS NORMAS

- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-J-169 (CCONNIE 2-1-3), Métodos de prueba. Transformadores de distribución y potencia. Mayo de 1978.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-J-116 (CCONNIE 2-1-1). Transformadores de distribución. Julio de 1971.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-J-284 (CCONNIE 2-1-2). Transformadores de potencia. Octubre de 1975.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-J-123 (CCONNIE 3-8-1). Aceite aislante no inhibido para transformadores. Abril de 1974.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-J-335 (CCONNIE 13-3). Medición de descargas parciales. Junio de 1978.

2.6.1. Pruebas con baja tensión

- 2.6.1.1. Medición de la resistencia óhmica
- 2.6.1.2. Medición de la resistencia de aislamiento
- 2.6.1.3. Relación de la transformación
- 2.6.1.4. Polaridad o secuencia de fases
- 2.6.1.5. Desplazamiento angular y verificación del diagrama fasorial.
- 2.6.1.6. Pérdidas magnéticas y corriente de excitación.
- 2.6.1.7. Pérdidas eléctricas y porcentaje de impedancia.
- 2.6.1.8. Elevación de temperatura

2.6.2. Pruebas con alta tensión

- 2.6.2.1. Rigidez dieléctrica del aceite
- 2.6.2.2. Potencial aplicado

2.6.2.3. Potencial inducido

2.6.2.4. Impulso y descargas parciales

-Para mayor información acerca del desarrollo e interpretación de estas pruebas, consultar el libro:

"PRUEBAS DE EQUIPO ELECTRIC". PEREZ AMADOR, Victor. Edit.

Limusa. 1981

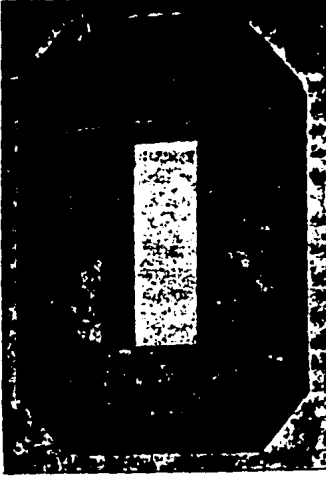


FIG. 2.9 -Núcleo rectangular para transformador de distribución de pequeña capacidad.

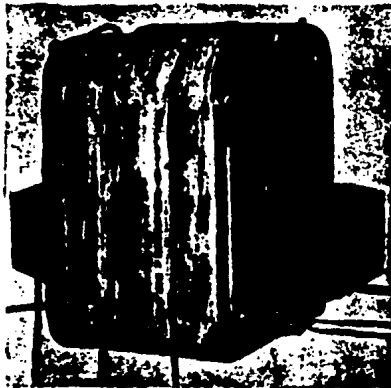


FIG. 2.10-Transformador de Distribución, mostrando el armado parcial de bobinas y núcleo.

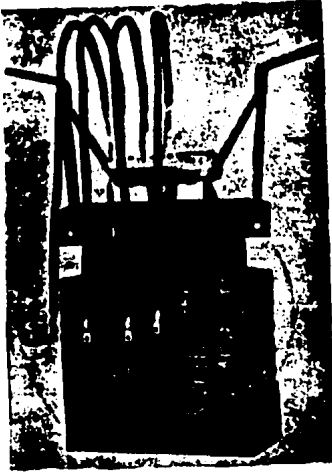


FIG. 2.11 Transformador con núcleo rectangular, fuera del tanque.



FIG. 2.12-Transformador de Distribución trifásico, tipo núcleo, fuera del tanque.



FIG. 2.13—Modo de armar núcleo y bobinas para transformadores de núcleo distribuido de 4 partes.

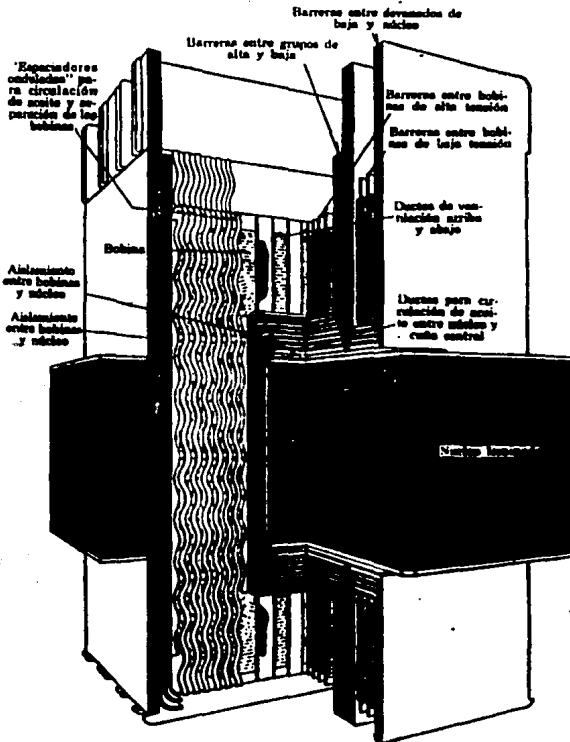


FIG. 2.14 Sección de un transformador tipo accorazado.



FIG. 2.15.-Transformador completo tipo acorazado, fuera del tanque.

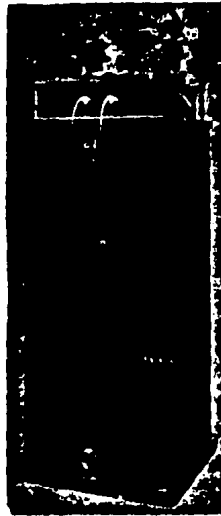


FIG. 2.17.-Transformador completo, con tanque de láminas corrugada.

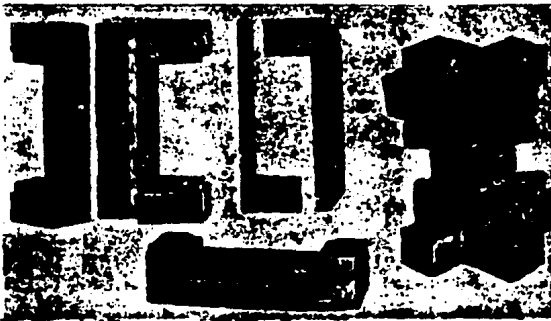


FIG. 2.16.-Forma de los troquelados y modo de armar los núcleos para transformadores pequeños con núcleo tipo distribuido de 4 partes.

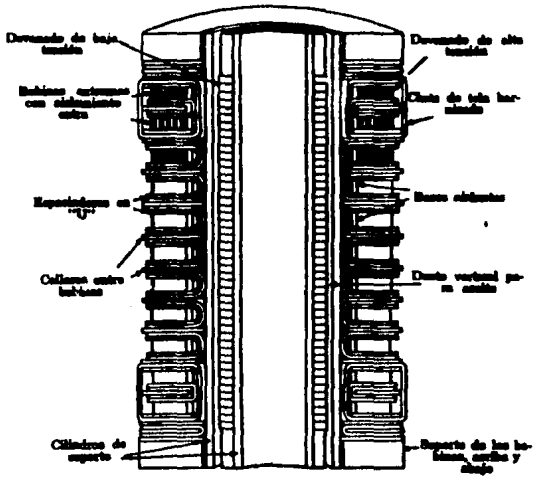


FIG. 2.18—Sección de un Devanado Concentrico, con bobinas de alta tensión tipo disco.

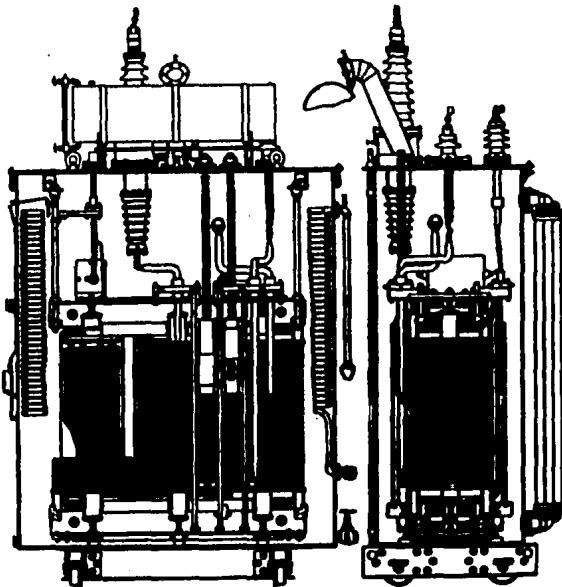


FIG. 2.19—Dibujo seccional de armado de un transformador trifásico, con enfriamiento de aceite y agua.

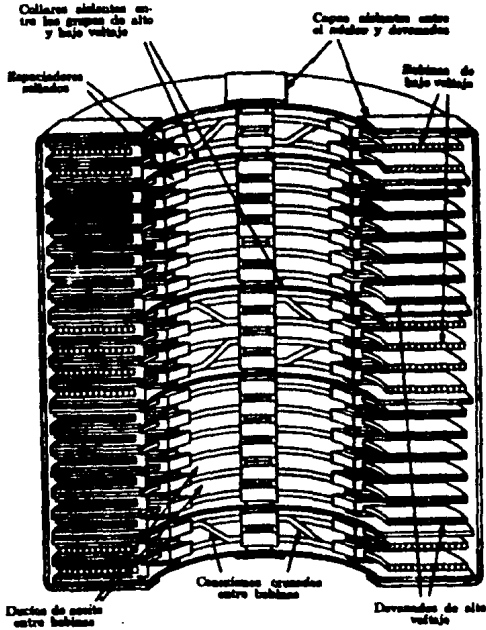


FIG. 2.20 - Sección de un embobinado, tipo alterno, con bobinas discoidales de alta y baja tensión.

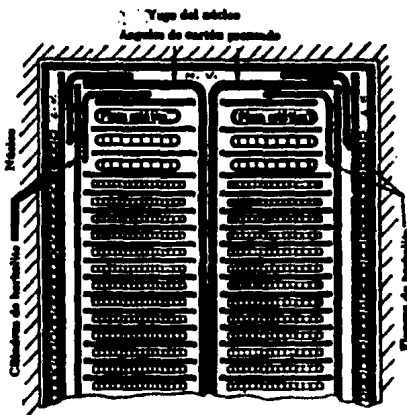


FIG. 2.21 - Esquema que muestra una sección en el plano de la ventana para un transformador de alto voltaje, con bobinas concéntricas, tipo disco.

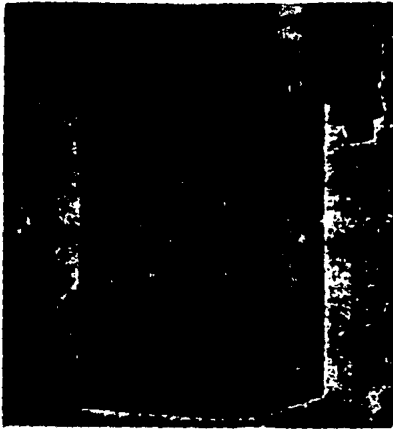


FIG 2.22 -Tanque de lamina de acero para el transformador de la Fig. 223.

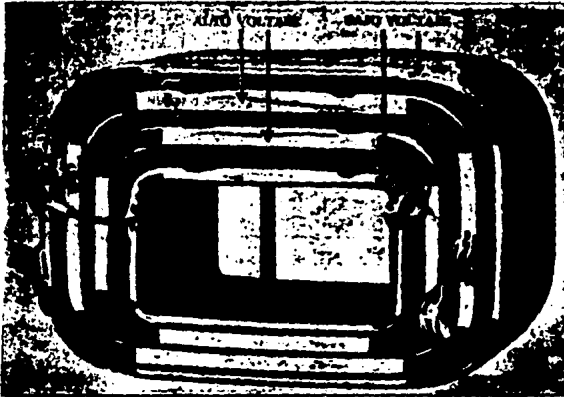


FIG 2.23 -Bobinas de devanados concéntricos con dos secciones de bajo voltaje y dos de alto voltaje.

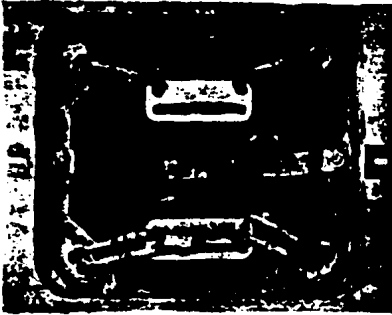


FIG 2.24--Vista superior de transformador y tanque, sin la tapa.

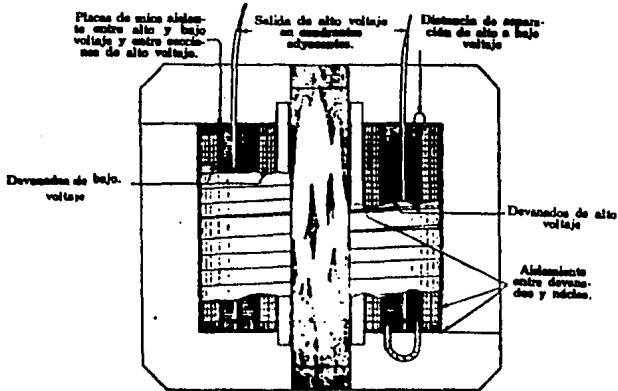


FIG. 2.25 Sección de un transformador con núcleo distribuido en 4 partes para voltaje moderado.

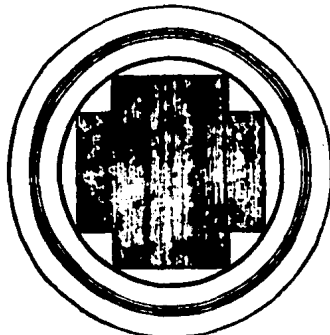


FIG 2.26--Sección de núcleo cruciforme con bobinas circulares.

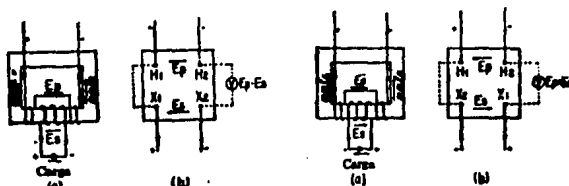


Fig. 2.27

3.- MOTORES DE INDUCCION TIPO JAULA DE ARDILLA

3.1. TEORIA BASICA

3.1.1. Definiciones y Nomenclatura.

Motor Eléctrico.- Es un dispositivo que transforma energía eléctrica en energía mecánica, mediante la interacción de dos campos magnético.

Potencia.- Usualmente la energía transformada se evalúa en cada unidad de tiempo y recibe el nombre de potencia. Desde este punto de vista, se dice que un motor transforma potencia eléctrica en potencia mecánica.

La potencia eléctrica se suministra al motor por medio de una tensión y una corriente. Se presentan tres casos usuales:

Potencia de C.D.	$P = VI$
Potencia de C.A. Monofásica	$P = VI \cos \theta$
Potencia de C.A. Trifásica	$P = \sqrt{3} VI \cos \theta$

La potencia mecánica en el caso de los motores convencionales, se obtiene con el movimiento rotatorio de una flecha. Sus componentes son el par motor y la velocidad angular:

$$P_m = T \omega$$

Par.- Es la fuerza giratoria del motor

En el Sistema Internacional de Unidades, el par se expresa en Newton-metro y la velocidad angular en radianes/segundo, en cuyo caso la potencia mecánica se da en watts.

$$P \text{ [watts]} = T \text{ [New-m]} \quad W \text{ [rad/s]}$$

La potencia también se puede dar en las siguientes unidades:

$$P \left[\frac{\text{kg-m}}{\text{s}} \right] = T \text{ [kg-m]} \quad W \text{ [rad/s]}$$

$$P \left[\frac{\text{Lb-ft}}{\text{s}} \right] = T \text{ [Lb-ft]} \quad W \text{ [rad/s]}$$

Sin embargo un sistema más práctico, todavía muy utilizado, en el que el par se expresa en kg-m, la velocidad en rpm (revoluciones por minuto) que se representa por la letra N y la potencia mecánica en H.P. (horse power o caballos de potencia) es:

Como la velocidad se mide fácilmente en rpm, la velocidad angular (W) se determina por la relación.

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

$$P = \left[\frac{2\pi}{60} \right] T N$$

Si $T \text{ [kg-m]}$; $P \left[\frac{\text{kg-m}}{\text{s}} \right] = \frac{2\pi}{60} T N$ Pero como $1 \text{ hp} = 76 \frac{\text{kg-m}}{\text{s}}$

$$P \left[\frac{\cancel{\text{kg-m}}}{\text{s}} \frac{\text{hp}}{\cancel{\frac{\text{kg-m}}{\text{s}}}} \right] = \frac{2\pi}{(60)(76)} T N \Rightarrow P \text{ [hp]} = \frac{1}{726} T N$$

Si $T \text{ [Lb-ft]}$; $P \left[\frac{\text{Lb-ft}}{\text{s}} \right] = \frac{2\pi}{60} T N$ Pero como $1 \text{ hp} = 550 \frac{\text{Lb-ft}}{\text{s}}$

$$P \left[\frac{\cancel{\text{Lb-ft}}}{\text{s}} \frac{\text{hp}}{\cancel{\frac{\text{Lb-ft}}{\text{s}}}} \right] = \frac{2\pi}{(60)(550)} T N \Rightarrow P \text{ [hp]} = \frac{1}{5252} T N$$

$$P \text{ [watts]} = T \text{ [New-m]} \quad W \text{ [rad/s]}$$

La potencia también se puede dar en las siguientes unidades:

$$P \left[\frac{\text{kg-m}}{\text{s}} \right] = T \text{ [kg-m]} \quad W \text{ [rad/s]}$$

$$P \left[\frac{\text{Lb-ft}}{\text{s}} \right] = T \text{ [Lb-ft]} \quad W \text{ [rad/s]}$$

Sin embargo un sistema más práctico, todavía muy utilizado, en el que el par se expresa en kg-m, la velocidad en rpm (revoluciones por minuto) que se representa por la letra N y la potencia mecánica en H.P. (horse power o caballos de potencia) es:

Como la velocidad se mide fácilmente en rpm, la velocidad angular (W) se determina por la relación.

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

$$P = \left[\frac{2\pi}{60} \right] T N$$

Si $T \text{ [kg-m]}$; $P \left[\frac{\text{kg-m}}{\text{s}} \right] = \frac{2\pi}{60} T N$ Pero como 1 hp = 76 $\frac{\text{kg-m}}{\text{s}}$

$$P \left[\frac{\text{kg-m}}{\text{s}} \frac{\text{hp}}{\frac{\text{kg-m}}{\text{s}}} \right] = \frac{2\pi}{(60)(76)} T N \Rightarrow P \text{ [hp]} = \frac{1}{726} T N$$

Si $T \text{ [Lb-ft]}$; $P \left[\frac{\text{Lb-ft}}{\text{s}} \right] = \frac{2\pi}{60} T N$ Pero como 1 hp = 550 $\frac{\text{Lb-ft}}{\text{s}}$

$$P \left[\frac{\text{Lb-ft}}{\text{s}} \frac{\text{hp}}{\frac{\text{Lb-ft}}{\text{s}}} \right] = \frac{2\pi}{(60)(550)} T N \Rightarrow P \text{ [hp]} = \frac{1}{5252} T N$$

3.1.2. Constitución de un Motor de Inducción Tipo Jaula de Ardilla.

Un motor de inducción o asíncrono fig. 3.1 posee una carcasa (A) provista interiormente de un circuito magnético o núcleo estator (B), constituido por un paquete de laminaciones de acero al silicio, cuyas ranuras contienen espiras de conductor de cobre formando las bobinas o devanado (C). Este devanado está unido a la red de alimentación mediante las terminales alojadas en la caja de conexiones (D). El conjunto de estas piezas constituye el estator.

En ambos extremos del estator van montados los soportes de cojinetes o tapas (E) que permiten por intermedio de los rodamientos (F), la rotación de un eje o flecha (G) sobre el cual se ensambla el núcleo rotor (H), constituido a su vez por un paquete de laminaciones de la misma naturaleza que las del estator y, como aquellas, provistas también de ranuras.

En los motores de inducción tipo Jaula de Ardilla, dichas ranuras están ocupadas por barras de cobre o de aluminio cuyas extremidades por uno y otro lado del núcleo están conectadas entre sí por los anillos de corto-circuito (J). El conjunto de las barras y de los anillos se asemeja bastante a una "Jaula de ardilla", expresión que da el nombre a este tipo de motor conocido también como "motor con rotor en corto-circuito" por estar el circuito eléctrico formado por las barras, efectiva y definitivamente puesto en corto-circuito por los anillos.

La flecha sobresale por una de las tapas de manera que permita accionar una carga, mientras que por el otro extremo acciona generalmente un ventilador (K) que impulsa aire a la carcasa con el fin de asegurar un enfriamiento. Una cubierta metálica (L) protege al ventilador contra contactos accidentales.

Para facilitar la comprensión del funcionamiento del motor, éste se divide en tres partes principales:

- a) Estator
- b) Rotor
- c) Partes Mecánicas y Accesorios

a) ESTATOR: conjunto de elementos estáticos del motor

a.1.) Carcaza: es el soporte mecánico de la máquina, una de las funciones que desempeña es la de proteger todas las partes internas del motor, y es además donde va sujeta la base del motor. Puede ser de fundición de fierro gris o armada de lámina de acero suave rolada en frío dependiendo del tipo de motor diseñado y de los recursos de manufactura disponibles.

a.2.) Núcleo Estator: forma parte del circuito magnético y está constituido por un paquete de laminaciones de acero al silicio con espesores que varían entre 0.45 y 0.65 mm fig. - 3.2. previamente troqueladas con la forma, dimensiones y número de ranuras requerido. Cuando es necesario reducir al mínimo las pérdidas en el acero a dichas laminaciones se les da un recubrimiento con materiales aislantes y se someten a un proceso de recocido para desarrollar al máximo sus propiedades eléctricas.

a.3.) Bobinas o Devanado: ya ensamblados el núcleo y la carcaza se coloca el devanado, formado prácticamente por un conjunto de bobinas simples que integran la parte eléctrica del estator. Dichas bobinas están constituidas por un hilo conductor que es arrollado sobre sí mismo un número previsto de vueltas (fig. 3.3) y dicho conductor elemental está formado en la mayoría de los casos por uno o varios alambres de cobre cubiertos con una fina película de esmalte aislante. Un grupo de bobinas consta de una, dos o más bobinas simples que no están conectadas entre sí, sino que desde su principio hasta su final el conductor es continuo. De acuerdo al diseño de cada motor y a las características de seadas se hace la conexión interna de los grupos de bobinas a los cables que habrán de servir de terminales casi siempre por medio de soldadura autógena y de acuerdo a un diagrama emitido por el departamento de diseño. Al final de dichos cables se ensamblan zapatas de cobre formando las terminales que habrán de alojarse en la caja de conexiones,

estas terminales obtenidas del devanado serán las que reciban la energía eléctrica a transformar.

- e.4) Aislamientos: existen varias clases de aislamientos, dependiendo mucho de los materiales que los componen y de acuerdo a la temperatura límite que es capaz de soportar un aislamiento sin modificar sus propiedades características. Se clasifican de acuerdo a la tabla 3.1.

TABLA 3.1

AISLAMIENTO DE CLASE	TEMPERATURA LIMITE	MATERIALES COMPONENTES
Y	90°C	Algodón, seda y papel
A	105°C	Algodón, seda y papel impregnados.
E	120°C	Resinas sintéticas
B	130°C	Mica, fibra de vidrio, amianto.
F	155°C	Mica, fibra de vidrio con aglomerantes.
H	180°C	Silicones, resinas
C	Más de 180°C	Porcelana, curazo, vidrio, mica.

A cada uno de los grupos térmicos citados, pueden incorporarse aquellos materiales aislantes en los que se pueda demostrar eficientemente que mantienen sus propiedades originales bajo las temperaturas límites correspondientes.

La mayoría de los motores se fabrican con aislamientos clase B y F, en algunos casos especiales se utiliza aislamiento clase H.

AISLAMIENTOS DE RANURA Y DE FASE: Para impedir cualquier contacto entre las bobinas y el núcleo, se insertan aislamientos que se amoldan a la periferia de las ranuras. En los devanados a dos capas para prevenir posibles cortos circuitos entre los dos lados de las bobinas que alberga cada ranura se sitúa un aislamiento intermedio conocido como separador de ranura. También para

mayor seguridad de aislamiento entre las cabezas de bobina de las diferentes fases o entre aquellas y el hierro, se disponen aislamientos que los separan y se les conoce como aislamientos separadores de fase. Como aislamientos de ranura, separador de ranura y separador de fase, se utilizan materiales compuestos laminares que pueden ser cortados y doblados fácilmente para adquirir la forma conveniente en cada caso (fig. 3.3)

CUÑAS DE CIERRE O AISLAMIENTOS DE CUÑA: Para que los lados de las bobinas no se salgan de las ranuras semiabiertas del estator, estas se cierran con unas cuñas. El material del que están hechas las cuñas va de acuerdo a la clasificación de aislamientos y además debe tener una mayor resistencia al corte, al doblar y a ligeros presiones (fig. 3.3).

MANGAS Y DTRÓS: Para aislar los conductores y así poder conectar los grupos de bobinas sin el peligro de existir un cruzamiento entre fases o a tierra se utilizan las mangas. Para cubrir la soldadura de las conexiones se utiliza cinta eléctrica y para amarrar los cabezales de las bobinas se puede utilizar cordón de vidrio.

IMPREGNADO: Una vez que se han colocado las bobinas al núcleo, que se han conectado y que se han hecho las pruebas preliminares y de inspección es muy importante someterlas a una impregnación con barniz aislante. La impregnación de los arrollamientos mediante barnices aislantes tiene como objetivos: mejorar el aislamiento y protegerlo de la humedad, favorecer la disipación del calor desarrollado en los arrollamientos al rellenar todas las cavidades de aire, que es mal conductor del calor, dar rigidez mecánica al conjunto del arrollamiento y protegerlo de la acción de influencias exteriores (vapores corrosivos, bacterias, etc.).

Además de las esenciales características aislantes es imprescindible que el barniz tenga las siguientes propiedades: estabilidad térmica, resistencia al envejecimiento, buena conductividad capilar, máxima penetración, mínima contracción, elasticidad, no agresividad hacia los alambres esmaltados, resistencia a la centri-

fugación a la humedad, etc.

La clasificación de los barnices aislantes resulta al agruparlos según su clase térmica, de manera semejante a la de los aislamientos.

b) ROTOR: Conjunto de elementos rotatorios del motor.

b.1. Flecha: Es el medio transmisor de la energía mecánica obtenida a la carga aplicada al motor y se manufactura de acero con ligero contenido de manganeso, azufre y fósforo.

b.2. Núcleo Rotor: El rotor del motor de inducción tipo jaula de ardilla es el tipo más común, más simple, más robusto y es prácticamente indestructible. Para mecanizar un rotor se apilan las laminaciones previamente troqueladas y después de haberlas montado sobre un mandril, todas las barras y los anillos de ambos extremos se funden a presión formando una sola pieza. El material usado es una aleación de -- aluminio.

En los motores grandes con núcleos mayores de veinte pulgadas de longitud se utiliza otro método: una barra de cobre desnudo se coloca en cada ranura y en ambos extremos las barras se soldan a los anillos de cobre, formando una sola pieza. Este tipo de construcción se lleva a cabo debido a la dificultad que existe para fundir aluminio a presión en longitudes de núcleo considerablemente grandes.

Se ha desarrollado un método de construcción moldeando, -- usando cobre para las barras y los anillos extremos. Esto por supuesto permite el uso de ranuras pequeñas, dejando más hierro para llevar las líneas de flujo magnético. El proceso en sí es complicado por la alta temperatura de fusión del cobre y se deben tomar precauciones especiales para prevenir aleaciones del cobre por fundición del acero. Después de formar el núcleo por cualquiera de los métodos anteriores se ensamblan el núcleo y la flecha. Entre los diámetros de ambas piezas existe una ligera interferencia o sea que el diámetro interior del núcleo es ligeramente menor que el diámetro de la flecha. El núcleo se flama --

con el objeto de eliminar rebabas y a la vez dilatarlo y poder ensamblar la flecha para formar una sola pieza compacta. Finalmente, el conjunto se balancea dinámicamente. En cada cara lateral del rotor y unidas a los anillos de corte circunferencial se disponen de unas aletas o espes, las cuales al girar el rotor, remueven el aire contenido en el motor, mejorando la refrigeración del mismo.

- b.3. Rodamientos: Se pueden encontrar con frecuencia motores que trabajan con baleros y otros con chumaceras, aunque los dos tienen la misma finalidad, son diferentes en cuanto a materiales, duración, lubricación, etc. es decir, los primeros en algunos casos vienen sellados de por vida y en los otros es necesario lubricarlos en forma periódica, en la mayoría de los casos con grasa y algunos trabajan en aceites; el material con que se fabrican es acero. En cambio los segundos por regla general su lubricación es a base de aceite y el material con que se fabrican es bronce fosforado y cuentan con ranuras interiores para una mejor lubricación, aunque se insiste en la función, está es la de ayudar al giro del rotor con la menor resistencia posible (mecánica).

c) PARTES MECANICAS Y ACCESORIOS.

Tapas: Son partes mecánicas de sostén, pues en ellas se alojan los rodamientos que sirven de apoyo al rotor. Por lo general se construyen de fierro fundido. El maquinado de los alomamientos de cojinete y de los ajustes de la carcasa y las tapas debe ajustarse muy cuidadosamente; es importante que el centrado del rotor sea lo más perfecto posible para que el entrehierro sea rigurosamente idéntico en todas las direcciones, el cuidado con que se efectúan estas operaciones influye mucho en la calidad de los motores.

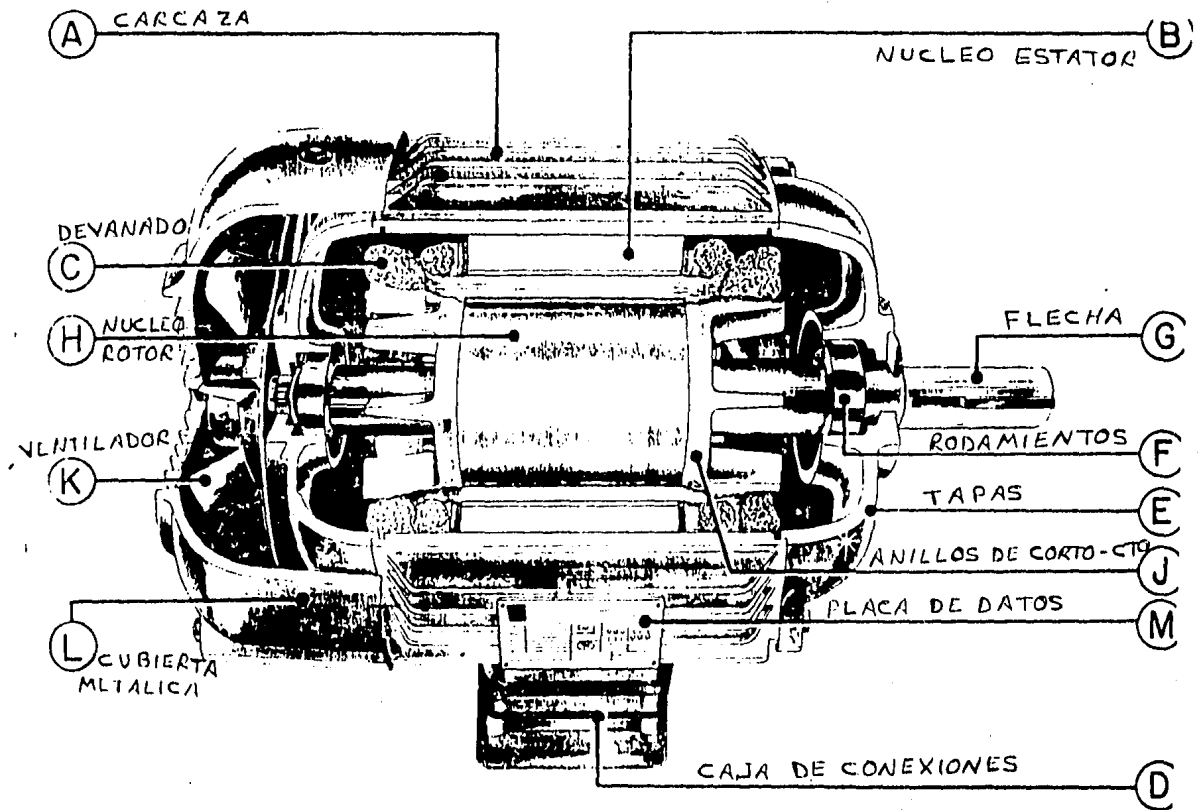
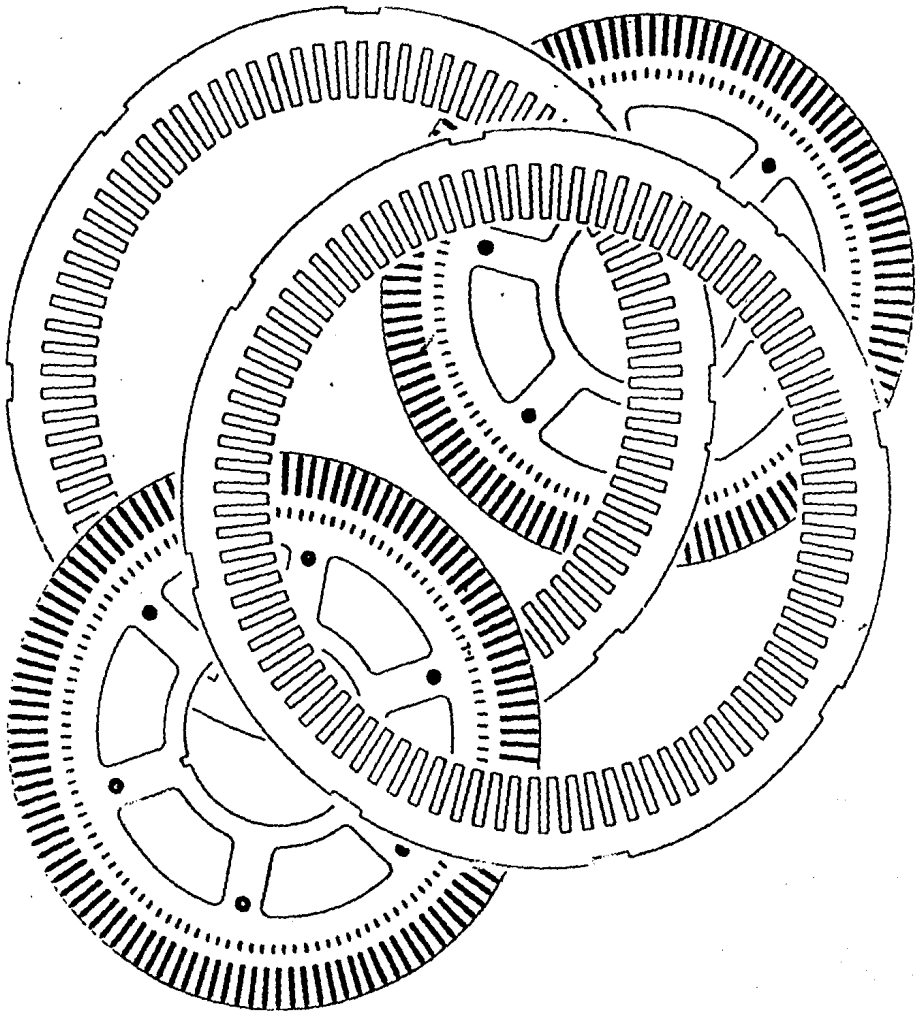
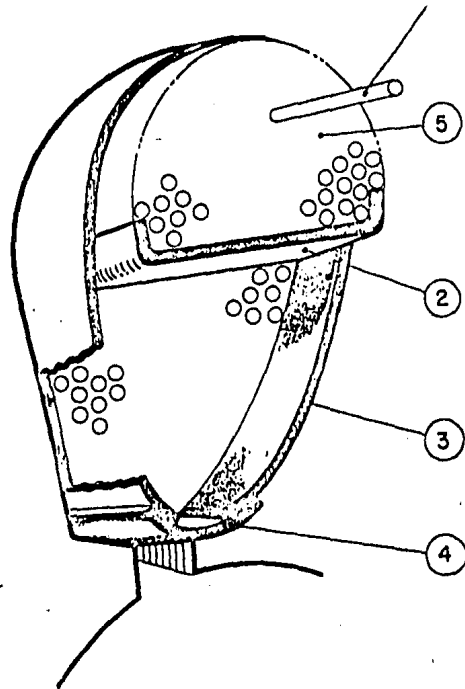


FIG.3.1.-CORTE ESQUEMATICO DE UN MOTOR DE INDUCCION TIPO JAULA DE ARDILLA



*

FIG. 3.2.-LAMINACIONES DE ROTOR Y ESTATOR



- 1- ALAMBRE ESMALTADO
- 2- AISLAMIENTO SEPARADOR DE BOBINAS
- 3- AISLAMIENTO DE RANURA
- 4- CUÑA DE CIERRE
- 5- IMPREGNADO

FIG. 3.3.- VISTA CONVENCIONAL DE BOBINAS Y AISLAMIENTOS EN RANURA DE LAMINACION DE ESTATOR.

CAJA DE CONEXIONES: Esta es una pieza que da protección a las terminales, se construye de fundición de hierro o de aluminio.

Las demás piezas que constituyen el motor son partes común y corriente y entre ellas se encuentran:

Tornillería

Placa descriptiva

Pintura

Grasa

etc.

3.1.3. Principio de Operación

Puede describirse en términos generales, como la interacción entre dos campos magnéticos, uno de los cuales se origina en el estator y otro en el rotor. En la fig. 3.4. se puede observar tanto el conjunto del estator, como el del rotor y la posición relativa de los respectivos campos.

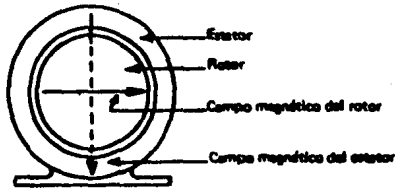


FIGURA 3.4 Estator, rotor y sus respectivos campos magnéticos.

Debido a las propiedades de los campos magnéticos, éstos -- tienden a alinearse en la misma dirección, de manera que el campo de rotor es atraído por el del estator, originándose así un par de giro en el sentido de las manecillas del reloj. Aparentemente el - giro del motor terminaría a los 90° pero como se analizará a conti- nuación, el campo del estator tiene una velocidad angular que para la fig. 3.4. sería también en el sentido horario. El ángulo entre los dos campos no se anula, lo que permite el rotor seguir al cam- po del estator en su giro continuo.

Se comenzará por aislar, se dice, aislar una fase del embobinado del estator y ver el efecto de aplicarle una corriente alterna - como la de la figura 3.5.

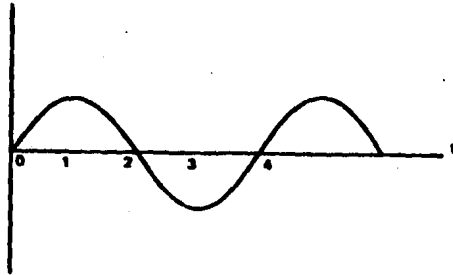


FIGURA 3.5 Onda senoidal de corriente.

Para facilitar este razonamiento, supongase que la bobina en estudio se encuentre concentrada y bipartida en puntos opuestos del entrehierro, como se muestra en la fig. 3.6.

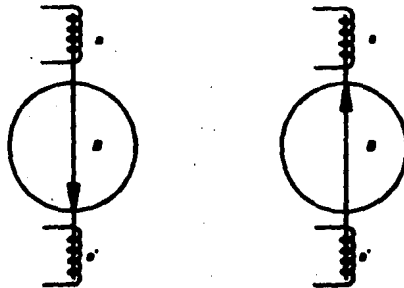


FIGURA 3.6 Bobina de una fase (esquemáticamente concentrada).

El tiempo cero de la fig. 3.5. corresponde a una corriente nula y en este instante no hay campo magnético.

Recordando que el tiempo uno que corresponde al valor máximo positivo, es cuando la semibobina "a" de la fig. 3.6 actúa como -- emisora de campo (polo norte) y la semibobina "a" actúa como recep

tora (polo sur), mientras que en el tiempo tres, la situación es a la inversa.

La magnitud del campo aumenta, disminuye y se invierte siguiendo la ley senoidal de la corriente, pero siempre en el sentido vertical que se muestra en la fig. 3.6, es decir, varía en el tiempo y no en el espacio.

Tómese ahora un sistema trifásico de corrientes como el de la fig. 3.7. Recuérdese que se trata de tres corrientes defasadas, que circularán por tres bobinas distintas. En la fig. 3.8 se muestran las tres bobinas, geométricamente repartidas en la periferia. Por la facilidad del dibujo, solamente se muestra la mitad de cada bobina, pero no debe olvidarse que diametralmente opuesta a cada una se encuentra la otra unidad.

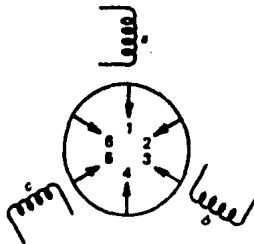
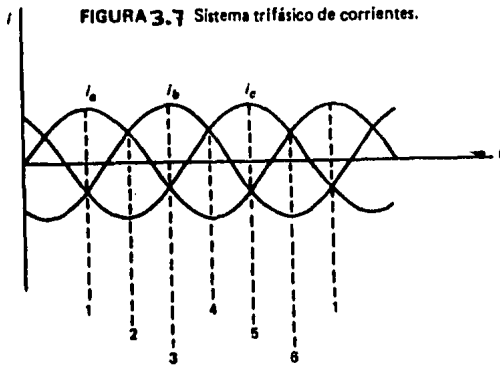


FIGURA 3.8 Embobinado de tres fases.

En el tiempo 1, la corriente i_a es positiva y la bobina actúa como polo norte. En el tiempo 2; la corriente i_c es negativa y en este momento el polo norte se ha desplazado al lado puesto de la bobina c. En el tiempo 3, la corriente b es positiva y el norte estará frente a la bobina b. De la misma manera se puede localizar la posición del norte correspondiente a los tiempos 4, 5 y 6, con lo que se deduce que el campo ha adquirido velocidad angular.

En base al análisis cualitativo anterior se puede concluir, - que la magnitud del campo permanece constante durante el giro, es - decir, que se tiene un campo constante en el tiempo y variable en su posición. El campo de estator ha completado una vuelta en un ciclo de corriente, o sea que para una frecuencia f , el campo da $60f$ revoluciones por minuto. Se dice que esta velocidad corresponde al motor de dos polos, puesto que cada fase tiene solamente un norte y un sur. Se pueden obtener velocidades menores, pero siempre submúltiplos de $60f$, aumentando el número de polos por fase. Por ejemplo en la fig. 3.9 se muestra la fase a, en la parte I con dos bobinas a que actúan en ese instante como polos norte y dos bobinas a' como polos sur. Se trata de un embobinado de cuatro polos. En la -- parte II se tiene ahora las tres fases. Recuérdese que cada bobina tiene su parte magnéticamente opuesta a 90° geométricos.

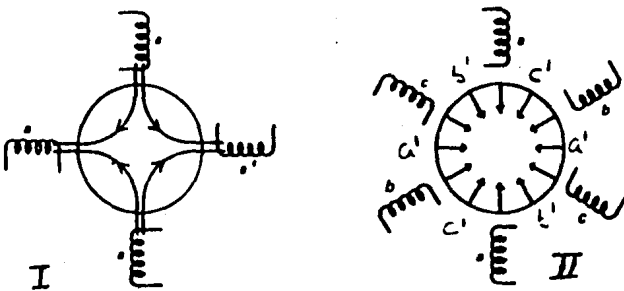


FIGURA 3.9 Embobinado de cuatro polos.

Relacionando la fig. 3.9 con los tiempos de la fig. 3.7, se ve que el giro es de media vuelta por ciclo, es decir, $30f$, rpm. En forma similar se puede continuar aumentando el número de polos, con lo que la velocidad será:

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

donde f es la frecuencia y p el número de polos. A la velocidad N_s se le da el nombre de velocidad síncrona.

Ahora se describirá el rotor, que para este tipo de motores no se requiere alimentación de corriente y que el campo se produce por el fenómeno de inducción, de ahí el nombre de estos motores. El primer dibujo de la figura 3.10 muestra un rotor de inducción, su embobinado está constituido por barras alojadas en ranuras periféricas, unidas por anillos en las partes frontal y posterior. La forma de este embobinado, separado del núcleo, se ilustra en el segundo dibujo de la fig. 3.11. Por su forma, a este circuito se le llama embobinado de jaula de ardilla.

Operación de una jaula de ardilla.- En el primer dibujo de la fig. 3.11 se muestra el campo que gira en el sentido horario a la velocidad de sincronismo, en el momento de atravesar por una barra superior y otra inferior de la jaula.

Nota.- Como ya se vió, las bobinas del estator no son concentradas, y por otra parte, si se vuelve a analizar con más detenimiento las corrientes en el embobinado, se observará que en ningún instante actúa únicamente una fase, lo que significa que en realidad el campo está distribuido por todo el núcleo del rotor y acciona sobre todas las barras de la jaula. Solo por la facilidad de análisis se considerará el campo concentrado y un par de barras.

Considerando el desplazamiento relativo entre las barras y campo, para la aplicación de las reglas de Fleming, se obtienen las fuerza electro-motrices inducidas, cuya polaridad se muestra en el segundo dibujo de la fig. 3.11.

Como los anillos terminales cierran el circuito entre las dos barras se originan las corrientes mostradas en el tercer dibujo, -- formándose una bobina que induce el campo de rotor en el sentido -- que ilustra el cuarto dibujo. Finalmente, en quinto dibujo se observa nuevamente el campo del estator girando a la velocidad síncrona, el campo inducido de rotor y debido a la interacción de los dos campos, la generación del par motor que obliga al rotor a girar en el sentido de la velocidad síncrona.

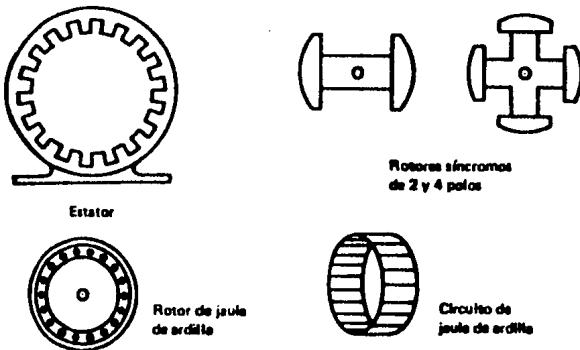


FIGURA 3.10 Ranuras del estator, rotores síncronos de dos y cuatro polos, rotor de inducción y la forma de su embobinado.

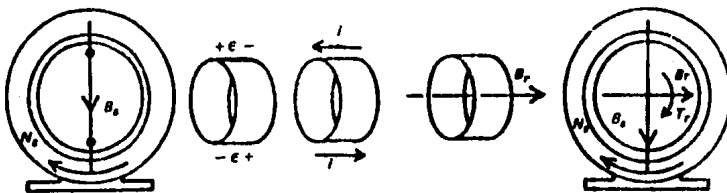


FIGURA 3.11 Inducción del campo de rotor.

A medida que el rotor adquiere velocidad, el desplazamiento relativo entre las barras de la jaula y el campo de estator es menor, con lo que se reducen las fuerzas electromotrices, las corrientes y el campo en el rotor. Por supuesto, la intensidad del par -

motor también disminuye. Si el rotor alcanza la velocidad de síncronismo, se anula el par acelerador, y queda girando en forma estable a esta velocidad. Esta es solamente una condición ideal en vacío, - es decir, cuando el motor gira sin carga mecánica. Cuando el motor se acopla a una carga, está presente un par de sentido contrario a la velocidad, motivando que su magnitud caiga a un valor menor que el de sincronismo, apareciendo nuevamente un desplazamiento entre las barras de la jaula y el campo giratorio. Con el deslizamiento aparecen las fuerzas electromotrices, corriente y campo en la jaula, originando el par motor que mantiene el movimiento.

Los motores de inducción siempre operan en condiciones de carga, a una velocidad ligeramente menor que la síncrona, usualmente superior al 95% la misma y solo en algunos diseños es algo inferior a este valor. Como se ve, las velocidades de los motores se encuentran obligadamente localizada dentro de un cierto rango. Su capacidad de potencia varía entonces de acuerdo con el par motor que son capaces de desarrollar. El par a su vez, depende de la magnitud de los flujos de estator y rotor, y de acuerdo con las necesidades específicas, se diseñan las características de los embobinados y la robustez de los núcleos.

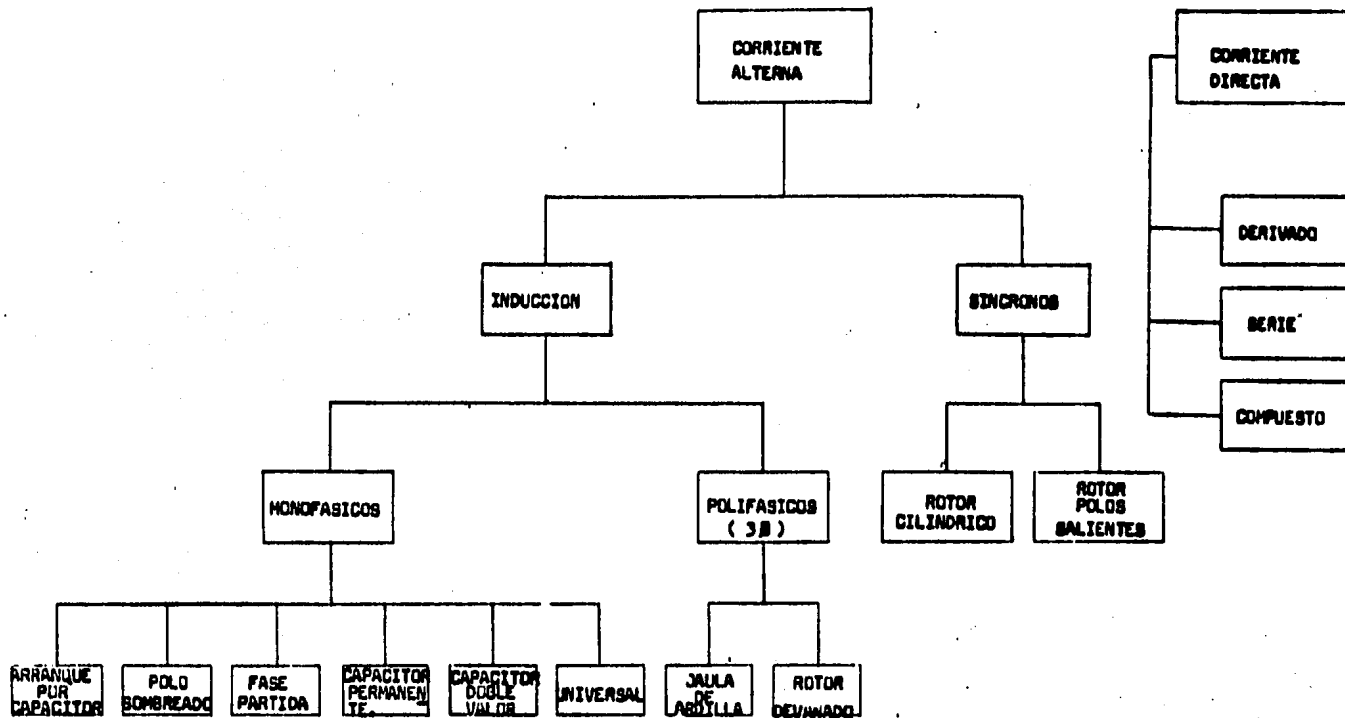
3.2. CLASIFICACION.

Entre todos los tipos de motores eléctricos existentes, los de inducción rotor tipo jaula de ardilla han llegado a ser lo más ampliamente utilizados en aplicaciones industriales y domésticas. Existen varias clasificaciones en que se agrupan, formados de acuerdo con diferentes características; mencionaremos las más importantes.

3.2.1. Clasificación Eléctrica

3.2.1.1. Atendiendo al tipo de embobinado, los motores se dividen en dos grandes grupos:

CLASIFICACION DE MOTORES ELECTRICOS



3.2.1.2. Clasificación por Capacidad.

Dependiendo de la potencia del motor, estos se dividen en tres grupos:

- a) Subfraccionarios
- b) Fraccionarios
- c) Integrales

- a) Los subfraccionarios son motores inferiores a 1/20 cp (37 watts).
- b) Los fraccionarios son motores cuya potencia es menor a 1 - cp (746 watts).
- c) Los integrales son motores cuya potencia es igual a 1 cp - (746 watts) o mayor.

3.2.2. Clasificación por Aplicación.

Atendiendo al uso específico para el que se diseña el motor, éstos pueden agruparse de la siguiente forma:

- a) Uso general
- b) Aplicación definida
- c) Servicio especial

3.2.3. Clasificación de Acuerdo a la Protección Mecánica y al Sistema de Enfriamiento.

- | a) SEMIABIERTOS | b) CERRADOS |
|---------------------------------|---|
| a.1.) Sin guarnición | b.1.) Sin ventilación |
| a.2.) Semiguarnecidos | b.2.) Con ventilación |
| a.3.) Con guarnición | b.3.) A prueba de gases o vapores inflamables o explosivos. |
| a.4.) A prueba de goteo | b.4.) A prueba de polvos inflamables o explosivos. |
| a.5.) A prueba de salpicaduras | b.5.) A prueba de agua |
| a.6.) Protegido para intemperie | b.6.) Enfriado por tubería |

- a.7.) Con ventilación externa
- b.7.) Enfriado por agua
- b.8.) Enfriado por aire y agua
- b.9.) Sumergible

3.3. CARACTERISTICAS DE OPERACION.

Uno de los puntos más importantes en la aplicación de motores de inducción es el conocimiento de sus características de operación. Si se desea por ejemplo realizar una comparación entre varios motores, la potencia no es el aspecto más importante, como tampoco lo es la frecuencia, la tensión o la velocidad, ya que estas quedan fijadas por el circuito de alimentación o los requisitos de operación. Lo anterior nos permite deducir que las características preponderantes y que están dentro del control, del diseñador son:

- i) Eficiencia
- ii) Factor de potencia
- iii) Par de arranque
- iv) Par máximo
- v) Corriente de arranque
- vi) Elevación de temperatura
- vii) Factor de servicio

Es importante mencionar que una comparación completa entre dos motores similares debe involucrar todas las características mencionadas. Desde los inicios del motor de inducción los investigadores -- descubrieron que la corriente para cualquier carga y a cualquier velocidad, está localizada en el arco de un círculo referido al voltaje aplicado. De este hecho se deduce el diagrama circular que permite graficar el comportamiento completo de un motor a partir de tres juegos de lecturas:

- I.- La corriente, tensión y potencia en vacío
- II.- La corriente, tensión y potencia a rotor bloqueado
- III.- La resistencia ohmica del devanado del estator a una temperatura determinada.

El procedimiento a seguir para estas tomas de lecturas será - descrito más ampliamente, en la parte correspondiente a pruebas.

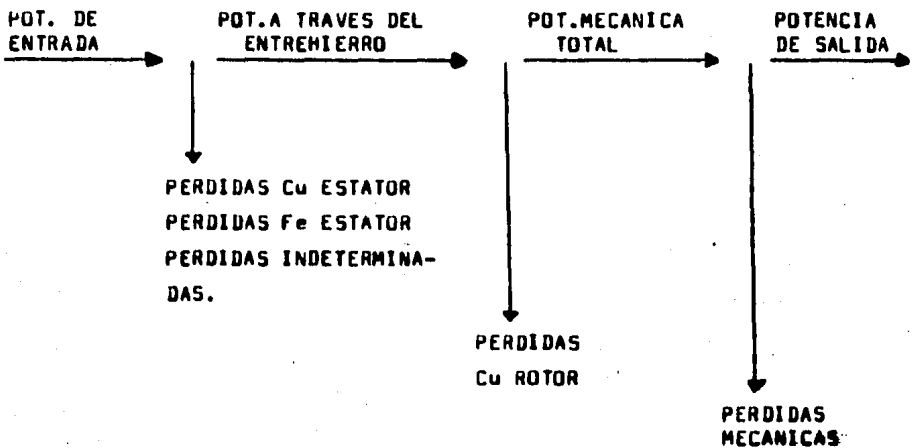
3.3.1. Eficiencia: La eficiencia de un motor eléctrico se define como la relación de la potencia de salida entre la potencia de entrada, es decir:

$$\begin{aligned} \text{Eficiencia} &= \frac{\text{Potencia de salida}}{\text{Potencia de entrada}} \\ &= \frac{\text{Potencia de entrada} - \text{Pérdidas}}{\text{Potencia de entrada}} \\ &= \frac{\text{Potencia de salida}}{\text{Potencia de salida} + \text{Pérdidas}} \end{aligned}$$

Por otra parte, las pérdidas en un motor de inducción pueden clasificarse como sigue:

- a) Pérdidas en el cobre del estator
- b) Pérdidas en el núcleo del estator
- c) Pérdidas indeterminadas
- d) Pérdidas en el cobre del rotor
- e) Pérdidas mecánicas (fricción y ventilación)

El flujo de potencia podría ilustrarse de la siguiente manera:



3.3.2. Curvas par - Velocidad.

La curva que relaciona la velocidad con el par presenta algunos puntos que merecen especial atención, (fig. 3.13). (1) En primer lugar el valor del par correspondiente a velocidad cero, o sea el par de arranque, que nos da una idea de la capacidad del motor para poner en marcha la carga impulsada, también se le llama par a rotor bloqueado. (2) En seguida la curva par-velocidad presenta - por lo general una disminución del par después del arranque. El valor mínimo que se lee en la curva representa un punto crítico en el período de aceleración de la carga. (3) Continuando el examen de la curva encontramos el valor del par máximo o par de desenganche que nos da una medida de la capacidad extrema del motor, aún - cuando esta capacidad no este normalmente disponible por encontrarse en una región de operación inestable, su valor es de suma importancia. (4) En seguida encontramos el valor nominal del par que - identifica el punto de operación para el cual fué diseñado el motor. (5) Finalmente si la curva par-velocidad se dibuja en conjunto con la correspondiente a la carga impulsada, la diferencia de abscisas a cualquier velocidad, representa el par de aceleración, o sea el excedente del par requerido para vencer la resistencia de la carga y que por lo tanto queda disponible para permitir que se incremente la velocidad.

Existen cinco diseños normalizados de motores que pueden caracterizarse por su curva par-velocidad y están designados por las letras A, B, C, D y F.

MOTOR DISEÑO A.- Motor trifásico que soporta la tensión nominal durante el arranque y desarrolla un par de arranque, especificado en la tabla 3.II y un par máximo, con una corriente de arranque excede los valores de la tabla 3.V y teniendo un deslizamiento a carga plena igual o menor al 5%.

MOTOR DISEÑO B.- Motor trifásico que soporta la tensión nominal durante el arranque especificado en la tabla 3.II y un par máximo según tabla 3.IV con una corriente de arranque normal que no excede los valores de tabla 3.V, teniendo un deslizamiento a carga

plena igual o menor al 5%.

MOTOR DISEÑO C.- Motor trifásico que soporta la tensión nominal durante el arranque y desarrolle un par de arranque especial para aplicaciones de alto par de arranque, según los valores de la tabla 3.II, su corriente de arranque no debe exceder los valores normales mostrados en la tabla 3.IV, así como su par máximo normal, debe ser según los valores de la tabla 3.IV con deslizamiento a carga plena igual o menor al 5%.

MOTOR DISEÑO D.- Motor trifásico que soporta la tensión nominal durante el arranque y desarrolle un alto par de arranque no menor del 275% del par de carga plena con una corriente normal de arranque que no exceda los valores de la tabla 3.V y con un alto deslizamiento a carga plena mayor al 5%.

MOTOR DISEÑO F.- Motor trifásico que soporta y desarrolla un bajo par de arranque no menor del 125% del par a carga plena con un par máximo según la tabla 3.IV y con una corriente normal de arranque que no exceda los valores de la tabla 3.V, con un deslizamiento a carga plena igual o menor al 5%. Ver figuras 3.14 y 3.15.

El diseño B puede ser considerado el de aplicación general ya que sus características satisfacen la mayor parte de los requerimientos prácticos. De acuerdo con la norma respectiva el par de arranque de los motores diseño B puede variar entre el 175 y el 100% para motores de dos polos, entre el 275 y 100% para motores de cuatro polos y así sucesivamente. La corriente de arranque de estos motores no debe exceder por su parte del límite-fijado por la misma norma. Por lo que respecta al par máximo, la norma indica valores mínimos - de 200 HP, a la misma velocidad. En cuatro polos los límites van de 300 a 200%. El deslizamiento a carga nominal de un motor diseño B - no deberá exceder por norma del 5%, sin embargo comercialmente es usual encontrar valores entre el 2 y el 4%.

Las características del motor diseño A son muy similares a las del B con la única salvedad de que la corriente de arranque no está limitada en el caso del diseño A. Puede decirse en general que este

diseño tiene un par de arranque ligeramente menor que el B y un par máximo ligeramente mayor.

El motor diseño C por su parte proporciona un par de arranque mayor que el de los tipos A y B. Su par de arranque debe estar entre el 250 y el 200% del de plena carga, lo cual se logra mediante un diseño especial de la jaula del rotor que obliga a sacrificar el 1% del par máximo.

Un motor diseño D desarrolla un elevado par de arranque, como puede verse en su curva par-velocidad. Dicho par de arranque no debe ser inferior al 275% del par nominal y este valor debe representar el valor máximo del par desarrollado por el motor. Una característica importante del motor de diseño D, es su elevado deslizamiento, que debe ser superior al 5% y puede alcanzar en casos especiales hasta el 20%. La corriente de arranque también está sujeta a los límites especificados para motores A, B y C, aunque por lo general se encuentra muy por debajo de este límite.

Por último, el motor diseño F es de aplicación mucho más limitada, lo cual es entendible si examinamos su curva par-velocidad. Esta curva presenta un par de arranque y un par máximo menores que las de cualquier otro tipo. El deslizamiento es mayor que para los diseños, A, B y C y la única ventaja es la de requerir una menor corriente de arranque, típicamente 9 amperes por HP a 220 volts contra 14.5 amp/HP para los diseños B, C y D en capacidades de 30 a 200 HP. Ver tabla 3.VI.

3.3.3. Elevación de Temperatura.

Para un tamaño de motor y un sistema de ventilación determinado, es posible establecer una capacidad de disipación en $^{\circ}\text{C}/\text{watt}$, - que nos permita calcular la elevación de temperatura en función de las pérdidas del motor que contribuyen al calentamiento. Todos los materiales aislantes son afectados por el calor, que los envejece y deteriora gradualmente hasta llegar el momento en que el aislamiento falla o pierde por completo sus propiedades.

Los sistemas de aislamiento están clasificados según la temperatura de operación a la cual puede esperarse que su duración sea normal (fig. 3.16). El Método clásico para determinar la elevación de temperatura de un motor consiste en medir la resistencia del devanado R_1 , a la temperatura ambiente T_1 y posteriormente a la temperatura de operación nominal T_2 , calculándose el valor de la temperatura de operación con la fórmula:

$$T_2 = \frac{R_2}{R_1} (234.5 + T_1) - 234.5$$

La elevación de temperatura permisible para las diferentes, -- clases de aislamientos, es la indicada en la tabla 3.VII.

3.3.4. Factor de Servicio.

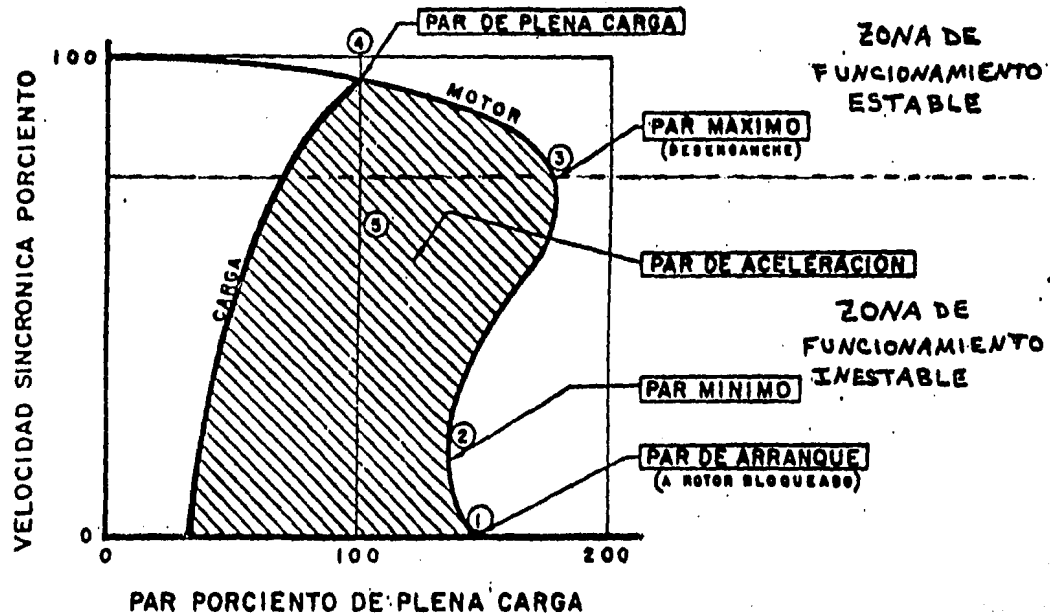
Cuando la placa de un motor tiene estampado un factor de servicio mayor que 1.0 este factor nos indica la capacidad de sobrecarga del motor a tensión y frecuencia nominales. Cuando la carga del motor es igual a su potencia nominal multiplicada por el factor de servicio; la eficiencia, el factor de potencia y la velocidad, serán diferentes de los valores a 100% de carga. Por lo que respecta a la elevación de temperatura cuando el motor opera a su factor de servicio, podemos ver en la fig. 3.17 que a 115% de carga del motor operaría 10°C arriba de la elevación de temperatura indicada en la tabla 3.VII lo que equivale a decir que ya no existe margen para el punto más caliente, factor que evidentemente limitaría la duración del motor. Puede decirse que un motor con factor de servicio de -- 1.15 tiene un margen en cuanto a su elevación de temperatura a 100% de carga lo cual le permite operar con sobrecargas hasta de 115% -- sin exceder la capacidad térmica del aislamiento, notándose sin embargo que a este valor de sobrecarga la elevación de temperatura excede el valor normal de un motor con factor de servicio unitario.

3.3.5. Variación de Tensión y Frecuencia.

Por norma, un motor debe tener una cierta reserva de capacidad que le permita operar satisfactoriamente a una tensión 10% arriba o

abajo de la nominal a una frecuencia 5% arriba o abajo de la nominal o sujeto a una variación combinada de tensión y frecuencia que no exceda del 10% siempre y cuando la variación de frecuencia no sea superior al 5%.

Cabe mencionar que en condiciones diferentes de las nominales, los valores de eficiencia, factor de potencia, elevación de temperatura, etc., podrán ser diferentes de los garantizados por el fabricante para operación normal. Debe señalarse igualmente que si un motor se opera con una sobrecarga equivalente a su factor de servicio, no pueden admitirse simultáneamente variaciones de tensión o de frecuencia. Tabla 3.VII.



*

FIG. 3.13.- CURVA PAR-VELOCIDAD, PARES,

· TABLA 2.17 - Valores mínimos de par de arranque para motores trifásicos; diseños "A y B" 50 ó 60 Hz en porciento del par a carga plena

Potencia en cv	Potencia en kW	Velocidades sincrónicas en RPM con 50 ó 60 Hz			
		3000 3600	1500 1800	1000 1200	750 900
1/4	0.187	190	275	190	170
1/3	0.249	190	275	190	170
1/2	0.373	190	275	190	140
3/4	0.550	180	275	175	135
1	0.746	180	275	170	135
1 1/2	1.119	175	190	165	130
2	1.492	170	190	160	130
3	2.238	160	190	155	130
5	3.730	150	185	150	130
7 1/2	5.600	140	170	150	125
10	7.460	135	165	150	125
15	11.19	130	160	140	125
20	14.92	130	150	135	125
25	18.65	130	150	135	125
30	22.38	130	150	135	125
40	29.84	125	140	135	125
50	37.30	120	140	135	125
60	44.76	120	140	135	125
75	55.95	105	140	135	125
100	74.60	105	125	125	125
125	93.25	100	110	125	120
150	111.90	100	110	120	120
200	149.20	100	100	120	120
250	185.50	70	80	100	100
300	223.80	70	80	100	
350	260.99	70	80	100	
400	298.28	70	80		
450	335.56	70	80		
500	372.85	70	80		

TABLA B.III.-Valores mínimos de par de arranque para motores trifásicos y diseño "C", 50 ó 60 Hz en porcentaje del par a carga plena

Potencia en cp	Potencia en kW	Velocidades síncronas en RPM 50 ó 60 Hz		
		1500 1800	1000 1200	750 900
3	2.238		250	225
5	3.73	250	250	225
7 1/2	5.60	250	225	200
10	7.46	250	225	200
15	11.19	225	200	200
20	14.92	200	200	200
25 hasta 200	18.65 hasta 149.20	200	200	200

3.1V

Tabla Valores mínimos de par máximo, para motores trifásicos diseño "B" y "C" 50/60 Hz, en porcentaje del par nominal a carga plena.

C.P.	Velocidades síncronas en RPM con 50/60 Hz.			
	3000 3600	1800 1800	1000 1200	750 900
1/4	250	220	220	175
1/3	250	220	220	175
1/2	250	220	220	195
3/4	240	220	200	195
1	240	220	200	185
1 1/2	250	220	200	185
2	230	220	200	185
3	200	220	195	185
5	195	220	195	170
7 1/2	180	195	185	160
10	175	195	185	160
15	180	180	180	160
20	180	170	170	170
25	180	170	170	170
30	180	170	170	170
40	170	170	170	170
50	170	170	170	170
60	170	170	170	170
75	160	160	160	160
100	160	160	160	160
125	160	160	160	160
150	160	160	160	160
200	160	160	160	160
250	160	160	160	160
300	160	160	160	160

Atenc:

- a) Para diseño "C" las potencias y velocidades deben ser de acuerdo con lo especificado en la tabla B.
- b) Para diseño "F" los valores del par máximo deben ser aproximadamente del 70% de los valores especificados en esta tabla.



TABLA BIV - Valores máximos de la corriente de arranque en amperes, a 220 volts, 50 y 60 Hz

cp	kW	50 Hz	60 Hz	Diseño
0.25	0.187	17	15	B D
0.33	0.249	19	17	B D
0.5	0.373	24	21	B D
0.75	0.560	29	26	B D
1	0.746	36	31	B D
1.5	1.119	48	42	B D
2	1.492	61	52	B D
3	2.238	77	67	B C D
5	3.73	110	96	B C D
7.5	5.60	153	133	B C D
10	7.46	194	169	B C D
15	11.19	267	242	B C D
20	14.92	350	303	B C D
25	18.65	439	382	B C D
30	22.38	523	455	B C D
40	29.84	700	606	B C D
50	37.30	873	758	B C D
60	44.76	1045	909	B C D
75	55.95	1307	1034	B C D
100	74.60	1641	1516	B C D
125	93.25	2185	1897	B C D
150	111.90	2608	2269	B C D
200	149.20	3487	3032	B C
250	186.50	4349	3816	B
300	223.80	5290	4600	B
350	260.99		5532	B
400	298.28		6064	B
450	335.56		6795	B
500	372.85		7779	B

NOTAS:

- 1 - Para diseño "A" los valores máximos de la corriente de arranque, pueden ser mayores a los estipulados en esta tabla.
- 2 - La corriente a rotor bloqueado de los motores diseñados para tensiones diferentes a 220 volts debe ser inversamente proporcional a las tensiones.

DISEÑOS NEMA B, C Y D MOTORES DE INDUCCION - 1 A 200 C.P., 600 VOLTS Y MENOR. CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO, COMPARACION DE COSTO INICIAL Y APLICACIONES TÍPICAS.

CARACTERISTICA	NEMA B	NEMA C	NEMA D
CLASIFICACION	PAR NORMAL	ALTO PAR	ALTO PAR ALTO DESLIZAMIENTO
DESLIZAMIENTO	2% A 5%	2% A 5%	5% A 13%
PARES TENSIÓN PLENA	100% A 175%	200% A 250%	275% A 300%
CORRIENTE DE ARRANQUE TENSIÓN PLENA	575% A 600%	575% A 600%	475% A 550%
EFICIENCIA			
CARGA PLENA	87 A 92%	87 A 92%	82 A 86%
CARGA 3/4	87 A 92%	87 A 92%	86 A 88%
CARGA 1/2	85 A 90%	85 A 90%	86 A 88%
FACTOR DE POTENCIA			
CARGA PLENA	82 A 87%	83 A 85%	80 A 82%
CARGA 3/4	81 A 85%	79 A 81%
CARGA 1/2	72 A 78%	70 A 75%
SIN CARGA	25 A 35%	35 A 42%	42 A 44%
COSTO INICIAL	100%	125%	150 - 170%
APLICACIONES TÍPICAS.	ABANICOS, ASPAS, BOMBAS - CENTRIFUGAS	TRANSPORTADORES, QUEBRADORAS, BOMBAS RECÍPROCAS, COMPRESORES.	PRESAS, ELEVADORES GRUAS.

*
TABLA 3.VI

EFFECTO DE LAS VARIACIONES DE VOLTAJE Y FRECUENCIA EN LAS CARACTERISTICAS

Característica	Voltaje			Frecuencia		
	110%	90%	función	105%	95%	función
<u>Par</u>	%	%		%	%	
Arranque y Alés.	+ 21	- 10	(Volt)	- 10	+ 11	$\frac{1}{\text{Frec.}}$
<u>Velocidad</u>						
Síncrono	0	0	Const.	+ 5	- 5	Frec.
Para carga	+ 1	- 1.5	+	+ 5	- 5	Frec.
Deslizamiento	- 17	+ 23	$\frac{1}{\text{Volt}}$	0	0	Frec. Const.
<u>Eficiencia</u>						
Para carga	+ 0.5 a 1	- 2	-	pequeño incremento	pequeña disminución	-
% carga	0	0	-	"	"	-
% carga	- 1 a 2	+ 1 a 2	-	"	"	-
<u>Factor de potencia</u>						
Para carga	- 3	+ 1	-	pequeño aumento	pequeña disminución	-
% carga	- 4	+ 2 a 3	-	"	"	-
% carga	- 5 a 6	+ 4 a 5.	-	"	"	-
<u>Corriente</u>						
Arranque	+ 10 a 12	- 10 a 12	Volt	- 5 a 6	+ 5 a 6	$\frac{1}{\text{Frec.}}$
Para carga	- 7	+ 11	-	pequeña disminución	pequeño aumento	-
<u>Aumento de temperatura</u>						
	- 3 a 4°C	+ 6 a 7°C	-	"	"	-
<u>Capacidad máx. de sobrecarga</u>						
	+ 21	- 10	Volt	"	"	-
<u>Ruido magnético</u>						
	pequeño aumento	pequeña disminución	-	"	"	-

*

TABLA 3.VII

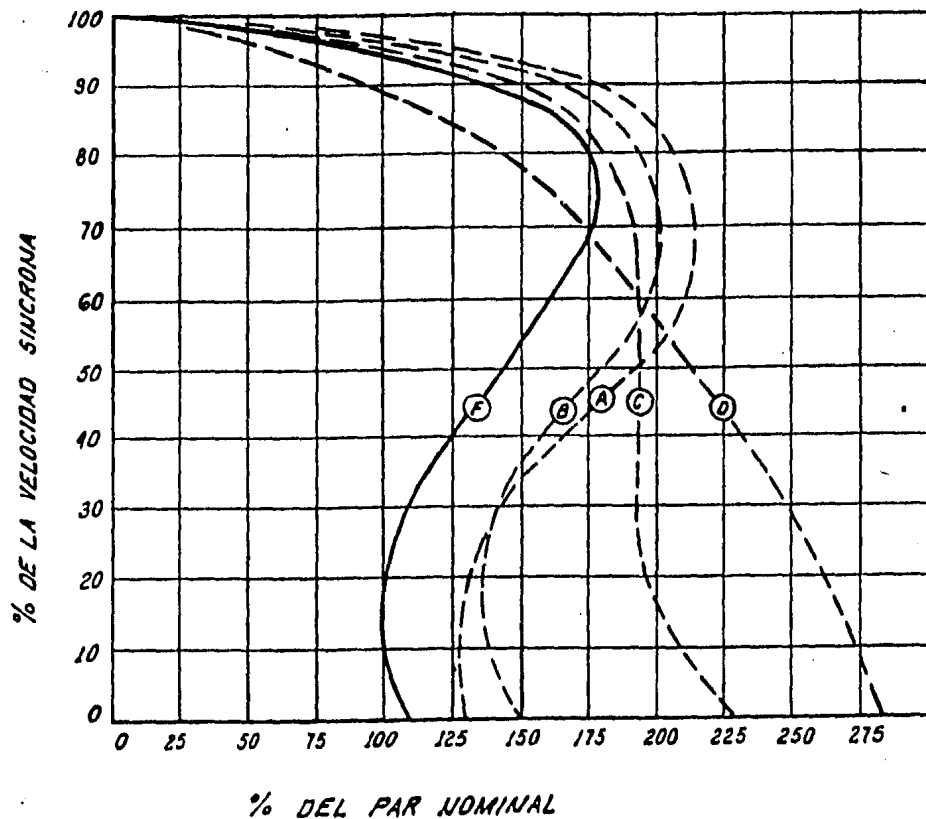


FIG. 3.14.- CURVAS PAR-VELOCIDAD;
DE LOS DISEÑOS NEMA: A, B, C Y F.

FIG. 3.15.- PERFILES DE BARRAS Y RAMURAS



DISEÑO A

BARRAS DE GRAN SECCION Y Poca PROFUNDIDAD (BAJA RESISTENCIA Y BAJA RESISTENCIA)



DISEÑO C

DOBLE JUEVA LA PARTE SUPERIOR DE UN ALTO PUE DE RESISTIR, LA BILERA REDUCE LOS PERDIDAS EN OPERACION NORMAL.



DISEÑO B

BARRAS MAS PROFUNDAS QUE EN EL DISEÑO A (MAYOR RESISTENCIA, MAYOR PUE DE RESISTIR Y MENOR PUE MÍNIMO)



DISEÑO D

BARRAS DE BAJA CONDUCTIVIDAD Y POCO PROFUNDAS (ALTO PUE DE RESISTIR, ALTO RESISTENCIA)



DISEÑO F

BARRAS SIMILARES AL DISEÑO C. DENSIDAD DE FLUJO REDUCIDA PUE DISMINUIR LA CORRIENTE DE RESISTIR.

AL AUMENTAR	LA RESISTENCIA	LA RESISTENCIA
J ARRUGUE	DISMINUYE	DISMINUYE
J ARRUGUE	AUMENTA	DISMINUYE
η A CARGA PLENA	MENOR	"
η A CARGA PLENA	MENOR	"
T MÍNIMO	"	DISMINUYE

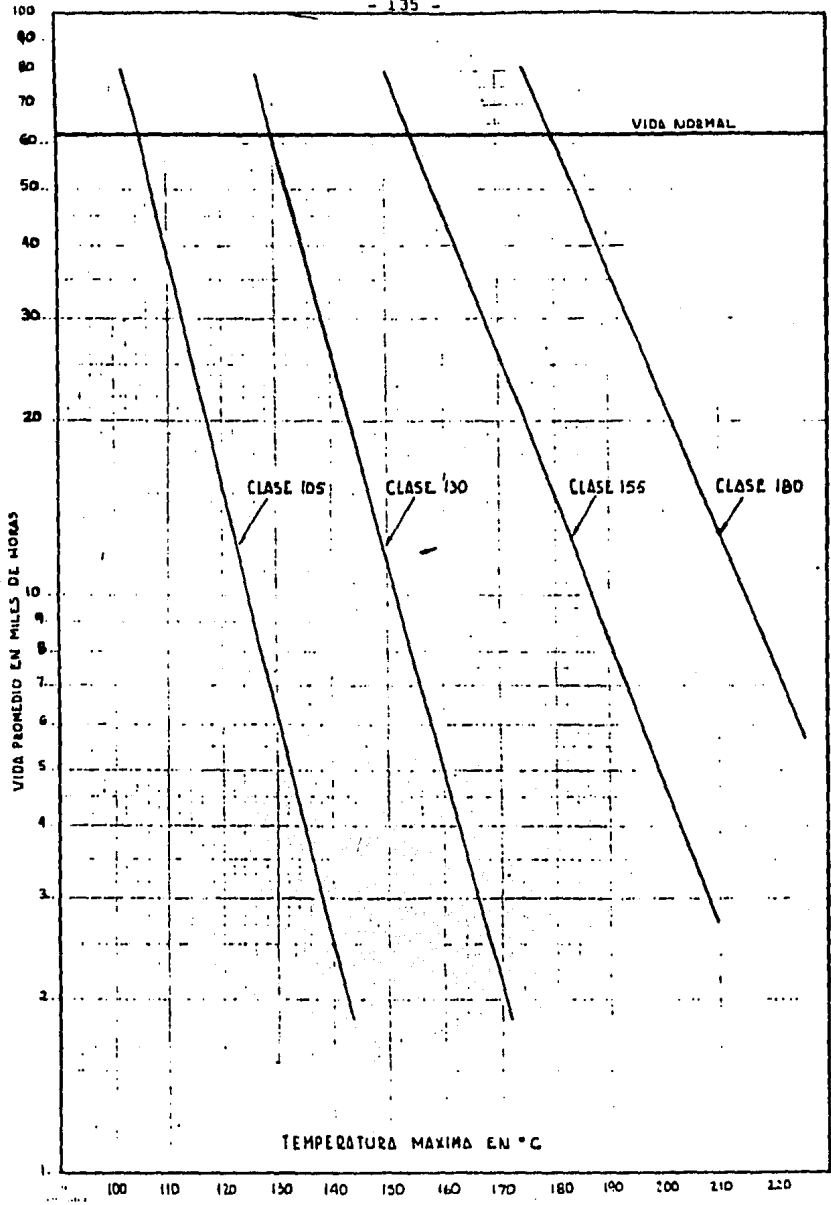
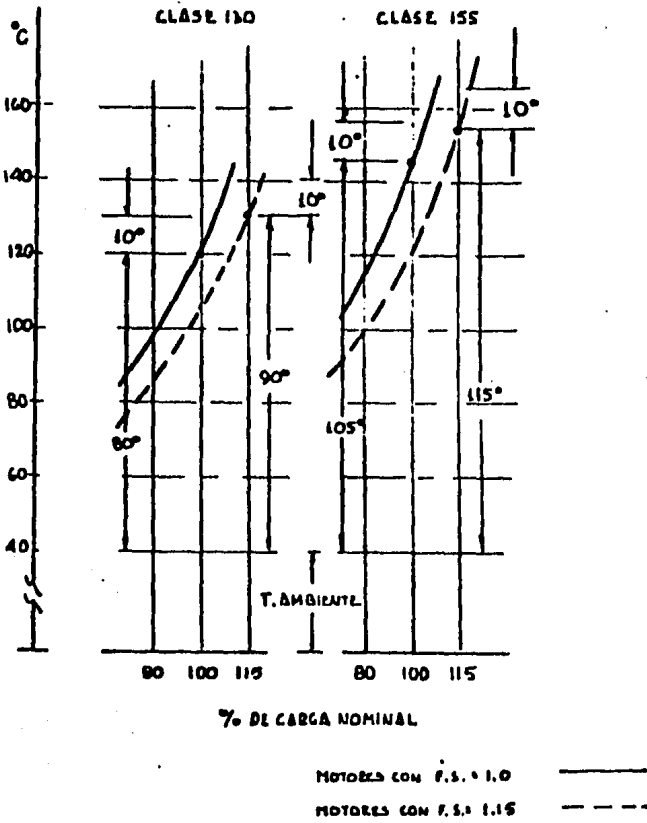


FIGURA 3.16



*

FIGURA 3.17

3.4. DISEÑO DE MOTORES DE INDUCCIÓN TIPO JAULA DE ARDILLA.

3.4.1. Construcción del Estator.- Las laminaciones del estator se troquelan a partir de acero eléctrico con 1 a 3% de silicio. El espesor de la lámina es usualmente de 0.35 mm para máquinas en las que las pérdidas en el núcleo son importantes, hasta 0.48 mm. Para máquinas de pequeño diámetro, las laminaciones del estator se troquelan frecuentemente de una sola pieza. Para diámetros mayores se usan siempre en segmento. El troquelado puede ser con ranuras abiertas o con ranuras parcialmente cerradas, (Figuras 3.18, 3.19 y 3.20)

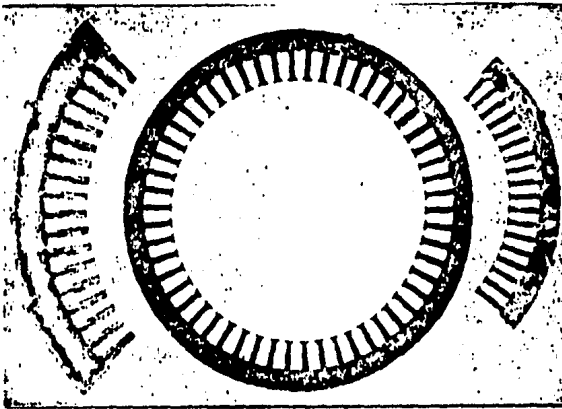


FIG. 3.18 | Laminación de estator de motor de inducción

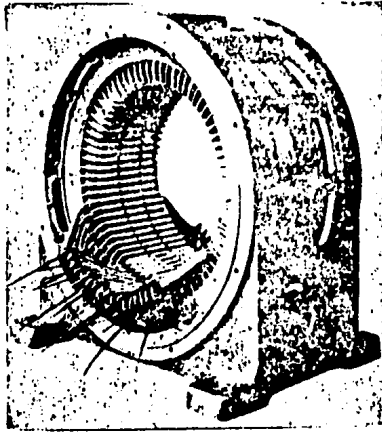
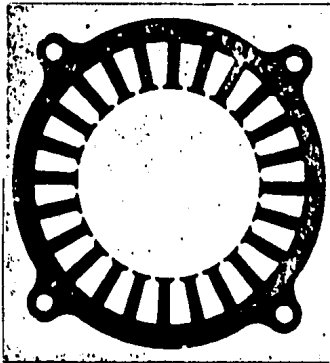


FIG 3.19 -Estator parcialmente embobinado, con ranuras abiertas



Diámetro externo.	18.4 cm
Diámetro interno.	10.8 cm
Abertura de la ranura.	2.79 mm
Ancho de ranura superior	8.9 mm
Ancho de ranura inferior	12.7 mm
Profundidad de la ranura	25.4 mm

FIG 3.20-Laminación de estator para motor trifásico de 60 ciclos/seg. 1 HP. a 1 800 rpm

Cuando la longitud del núcleo del estator es mayor que los 10 ó 12.5 cm, deberá dividirse en secciones, mediante ductos radiales de ventilación para asegurar el enfriamiento de núcleo y devanados. Los ductos de ventilación son de 10 mm de ancho para máquinas de tamaño moderado y de 13 mm para máquinas grandes. La distancia entre centros de ductos no deberá ser mayor que 7.5 cm. Se logra generalmente un ducto de ventilación a cada extremo del estator por medio del soporte para los dientes. Para motores de pequeño diámetro se usan ranuras parcialmente cerradas y los dientes en lugar de las ranuras, tienen caras paralelas. Los armazones del estator para motores muy grandes se hacen por regla general de placas de acero y soldado (Figura 3.21).

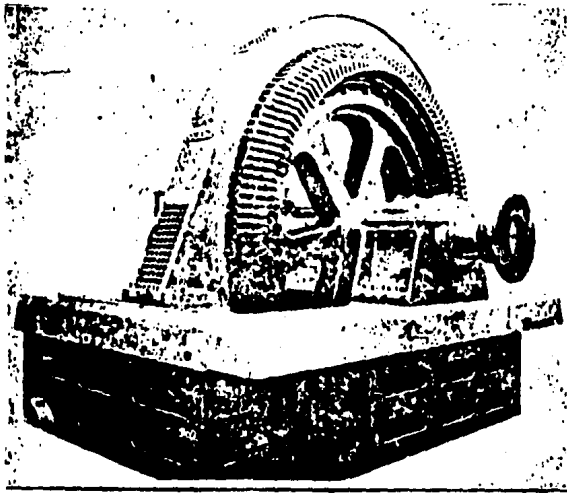


FIG. 3.21.-Motor de 1500 HP. 36 polos, 200 rpm. 6000 Volta, tipo de molino, con armazón de acero rolado y soldado

3.4.2. Construcción del Rotor.- El rotor se hace de láminas de acero troqueladas generalmente del mismo material que para el estator. Para máquinas pequeñas los troquelados se hacen de una sola pieza, se usan también para diámetros medianos y para las máquinas grandes se usan troqueladas en forma de segmento. Esto se arma sobre una araña y se sujetan entre dos placas extremas mediante torni

llos largos (Figura 3.23).

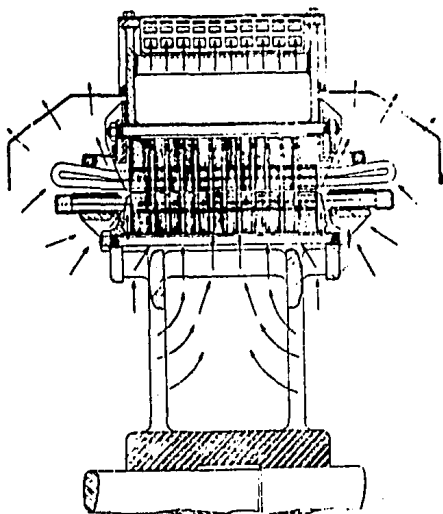
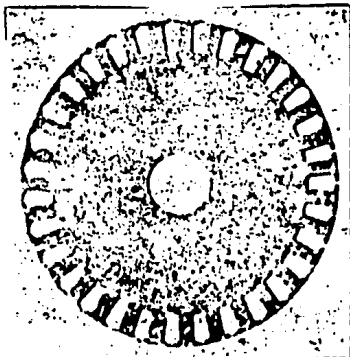


FIG. 3.23 Sección transversal de estator y rotor

Cuando se necesitan ductos de ventilación en el estator se colocan igual número de ductos del mismo tamaño en el rotor. Para motores jaula de ardilla, las ranuras son generalmente angostas y poco profundas y los soportes de dientes y ductos de ventilación, en cada extremo de la armadura, se omiten frecuentemente. El devanado jaula de ardilla, se hace generalmente de cobre redondo o de sección rectangular en forma de barras unidas en cada extremo por un anillo de cobre. Varios fabricantes usan la construcción de jaula fundida. En este método de construcción es posible usar un gran número de ranuras de rotor en diámetros pequeños, sin excesivas densidades en los dientes, debido a que pueden usarse dientes con caras paralelas con ranuras trapezoidales. El troquelado del rotor de la (Figura 3.22) es para un rotor con jaula fundida. Se muestra en la (figura 3.24) un rotor completo con jaula fundida.



Diámetro externo	10.7 cm
Diámetro de la flecha	20.7 mm
Ancho de ranura superior	4.68 mm
Ancho de ranura inferior	4.06 mm
Profundidad de la ranura	1.04 mm

FIG. 3.22.-Troquelado de rotor para motor de 1 HP. 1 800 rpm.
3 fases. 60 ciclos/seg.

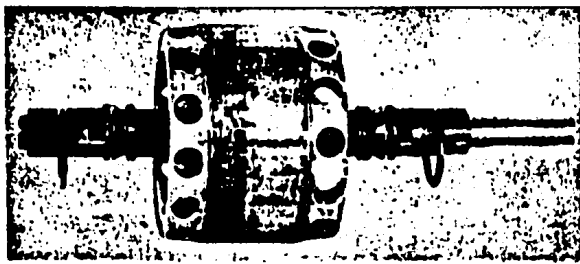


FIG. 3.24.-Rotor completo con devanado fundido, tipo jaula

3.4.3 Diseño del Estator

1.- Voltaje inducido en el devanado del Estator.- Se supone generalmente una forma senoidal de distribución del flujo para motores de inducción, porque el devanado distribuido en el estator, produce una onda de flujo en el entrehierro que es aproximadamente senoidal.

2.- Circuito Magnético.- Los cálculos del circuito magnético para motor de inducción se hacen frecuentemente mediante el flujo por polo, en lugar de velocidad síncrona.

3.- Constante de Salida.- Es usualmente deseable el poder determinar el diámetro interno del armazón normal dentro del cual podría acomodarse el motor. Para ese propósito se tiene la ecuación de salida. Las constantes de salida se dan en la (fig. 3.26) de acuerdo con la práctica actual de diseño y son para motores de velocidad constante, jaula de ardilla, y voltajes hasta de 600 volts. Para motores de 2200 volts y para motores de rotor devanado deberá aumentarse aproximadamente un 5% en la fig. 3.26 A.

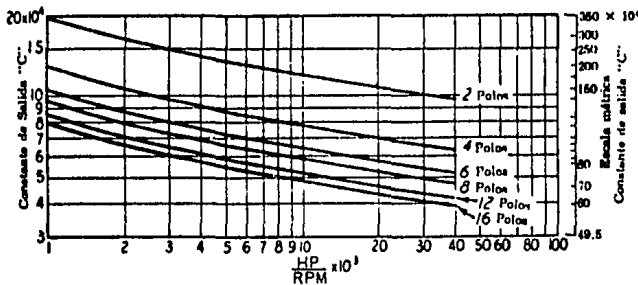


FIG. 3.26 -Constantes de salida para motores de inducción polifásicos de 60 ciclos, hasta 600 Voltios, con ranuras del estator parcialmente cerradas.

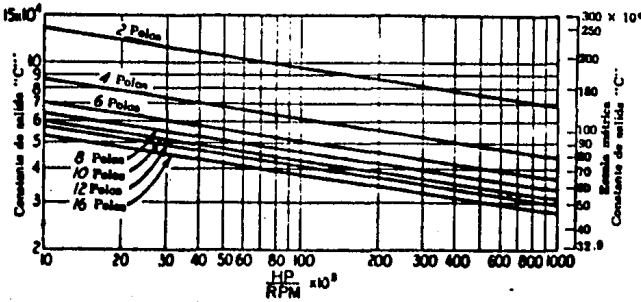


FIG. 3.26 A - Constantes de salida para motores de inducción polifásicos de 60 ciclos/seg. hasta 600 voltios, con ranuras del estator abiertas.

4.- Densidad del entrehierro.- en un motor de inducción la corriente de magnetización u sea la requerida para mantener el flujo en el circuito magnético, se toma de las líneas de corriente alterna de alimentación, a las cuales se conecta el motor. Esta corriente de magnetización, va atrasada respecto al voltaje en 90 grados y deberá ser suficientemente pequeña si desean obtenerse características de operación razonablemente buenas. Para longitudes de entrehierro tan cortas como sea posible la reluctancia de entrehierro es mayor que el resto del circuito magnético. Para evitar las corrientes magnetizantes excesivas, se requerirán por lo tanto densidades moderadas. La densidad en diente del estator es directamente proporcional a la del entrehierro. Grandes densidades en los dientes producen altas pérdidas en el núcleo y aumentan la corriente magnetizante.

5.- Amperes-conductores.- El valor de los amperes-conductores por unidad de longitud de circunferencia del entrehierro, dependen del tamaño del motor, del voltaje del devanado del estator, del tipo de ventilación y de la reactancia de dispersión permisible (fig. 3.25).

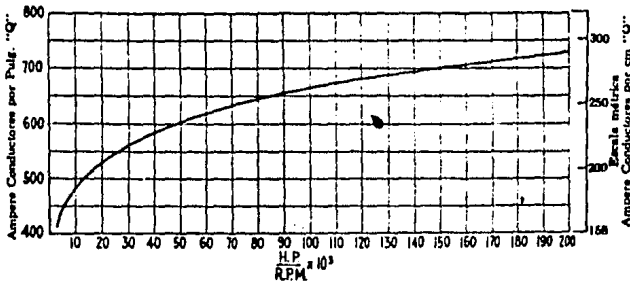


FIG. 3.25 Ampere-conductores por cm de circunferencia del entrehierro para motores polifásicos de inducción

6.- Eficiencia y Factor de Potencia.- Las características de operación que se muestran en la tabla (3.VIII) son para motor normal polifásico de 60 ciclos/segundos velocidad constante y 40°C de elevación sobre el ambiente, tipo jaula de ardilla para voltajes -- de hasta 600 volts. Para motores de 2200 volts la eficiencia a carga plena es aproximadamente 1% menor y el factor de potencia aproximadamente 2% abajo de los valores de la tabla (J.VIII; se encuentra en la página 145).

7.- Diámetro y Longitud.- Cuando el producto D^2l es conocido, se pondrán dimensiones, diámetro y longitud de tal modo que se logren características con costo mínimo. El diámetro del entrehierro o diámetro interno, se encuentra con ayuda de la siguiente tabla:

Polos	$r = \frac{D_o}{D}$	Polos	$r = \frac{D_o}{D}$	Polos	$r = \frac{D_o}{D}$	Polos	$r = \frac{D_o}{D}$
2	1.85 a 1.95	6	1.35 a 1.43	10	1.23 a 1.27	14	1.20
4	1.45 a 1.55	8	1.28 a 1.33	12	1.22	16	1.18

la cual da la relación "r" de diámetro interno del estator para varios números de polos. Las características de operación de los motores de inducción, varían con la relación de la longitud del núcleo del estator, al paso polar en la circunferencia del entrehierro

TABLA 3.VIII

CARACTERÍSTICAS DE OPERACION DE MOTORES TRIFÁSICOS DE 40 CICLOS/SEG. HORIZONTALES DE VELOCIDAD CONSTANTE. TIPO JARILLA 100 ARJILLA

Hp	Velocidad rpm		Eficiencia a carga plena	Factor de potencia a carga plena	Conversion en amp a 220 volts		Par en kg-m.			
	Sincrona	Carga plena			Carga plena	Motor Inversor	Carga y Arranque, velocidad plena en revs.	Arreglo de polos, en % carga plena	Índice de arranque	Máximo en movimiento, % de arranque
1/4	1200	1120	72	88	2.07	11.0	0.228	180	380	
	900	840	89	83	2.39	12	0.434	180	380	
	1200	1120	77	72	2.61	15.0	0.216	178	378	
1/2	1800	1720	78	79	3.65	15.0	0.481	178	378	
	1200	1140	77	84	3.14	16	0.631	180	380	
	900	880	71	84	4.1	16	0.834	178	378	
1	1800	1720	78.5	74	4.80	25	0.424	178	380	
	1200	1145	79.5	74	3.37	24	0.634	178	378	
	900	855	74.5	89	4.1	24	0.861	180	380	
1 1/2	3600	3470	79	81	4.80	25	0.214	178	378	
	1800	1720	81	81	4.43	25	0.633	178	378	
	1200	1140	79.5	78	4.98	24	0.888	178	378	
2	3600	3480	80	80	6.49	35	1.27	180	380	
	1800	1725	82	82	5.95	45	0.417	178	380	
	1200	1140	81	81	6.38	45	1.28	178	380	
3	3600	3480	82	80	6.94	45	1.64	180	380	
	1800	1725	82	82	6.48	45	0.42	178	380	
	1200	1145	82.5	78	9.14	49	1.91	178	378	
5	3600	3480	83	83	14.2	60	1.066	180	380	
	1800	1725	84	83	13.7	60	2.10	180	380	
	1200	1150	84	82	14.2	60	3.16	180	380	
7 1/2	3600	3480	84.5	82	16.1	60	4.21	180	380	
	1800	1725	86	85	15.9	60	1.86	180	380	
	1200	1150	86	82	21.3	60	3.14	178	378	
10	3600	3480	86	82	22.8	60	4.7	180	380	
	1800	1725	86	82	22.8	60	8.3	180	380	
	1200	1150	86	82	22.8	60	12.1	180	380	
15	3600	3480	86	82	22.8	60	2.07	180	380	
	1800	1725	86	82	22.8	60	4.18	178	378	
	1200	1150	86	82	22.8	60	6.28	180	380	
20	3600	3480	86	82	22.8	60	8.37	180	380	
	1800	1725	86	82	22.8	60	12.5	180	380	
	1200	1150	86	82	22.8	60	18.9	180	380	
30	3600	3480	86	82	22.8	60	4.17	180	380	
	1800	1725	86	82	22.8	60	8.37	180	380	
	1200	1150	86	82	22.8	60	12.4	180	380	
40	3600	3480	86	82	22.8	60	12.4	180	380	
	1800	1725	86	82	22.8	60	24.8	180	380	
	1200	1150	86	82	22.8	60	36.1	180	380	
50	3600	3480	86	82	22.8	60	12.4	180	380	
	1800	1725	86	82	22.8	60	24.8	180	380	
	1200	1150	86	82	22.8	60	36.1	180	380	

TABLA 3.VIII Continúa

Hp	Velocidad rpm		Eficiencia a carga plena	Factor de potencia a carga plena	Represente en amp a 220 volts		Par en kg-m.			
	Sincrona	Carga plena			Carga plena	Motor Inversor	Carga y Arranque, velocidad plena en revs.	Arreglo de polos, en % carga plena	Índice de arranque	Máximo en movimiento, % de arranque
25	1200	1170	85.0	87	62.0	368	15.4	135	300	
	900	878	84.5	82	67.8	365	20.7	125	300	
	600	720	80.5	76	73.0	365	26.0	120	300	
30	1800	1700	80.0	88	74.2	434	12.3	150	300	
	1200	1170	89.5	88	74.8	435	18.6	136	300	
	900	878	89.0	83	79.6	435	24.8	125	300	
40	1800	1765	80	88.5	88.6	580	15.4	150	300	
	1200	1175	89.5	88	89.6	580	24.8	133	300	
	900	878	89.5	84	104	680	33.2	125	300	
60	1800	1765	80	88.5	88.6	580	15.4	150	300	
	1200	1175	89.5	88	89.6	580	24.8	133	300	
	900	878	89.5	84	104	680	33.2	125	300	
80	1800	1765	80.5	89	120	725	15.4	150	300	
	1200	1175	90.0	88	123	725	20.8	135	300	
	900	878	89.5	84	127	725	31.4	125	300	
100	1800	1770	80.5	90	146	870	15.4	150	300	
	1200	1175	91	88	147	870	22.0	135	300	
	900	878	89.5	86	148	870	33.2	125	300	
125	1800	1770	81.0	90	182	1065	30.7	160	300	
	1200	1175	92.0	88	182	1065	46.4	135	300	
	900	878	90.5	86	180	1065	68.0	125	300	
150	1800	1770	81.0	90	201	1065	78.0	150	300	
	1200	1175	92.0	88	207	1065	115.0	125	300	
	900	878	90.5	86	207	1065	168.0	125	300	
200	1800	1770	81.5	90	241	1450	43.1	185	300	
	1200	1180	91.5	89	249	1450	61.1	125	300	
	900	878	90.5	86	252	1450	83.0	125	300	
250	1800	1770	82	90	306	1810	51.2	110	300	
	1200	1180	92.0	87	308	1810	70.0	125	300	
	900	878	90.5	86	322	1810	102.5	125	300	
300	1800	1770	82.5	90	314	1810	120	100	300	
	1200	1180	92.0	87	314	1810	156.0	110	300	
	900	878	90.5	86	325	1810	215.0	110	300	
400	1800	1770	82	90	356	2170	61.5	110	300	
	1200	1180	92.0	87	363	2170	82.1	125	300	
	900	878	91.0	86	367	2170	124.1	125	300	
500	1800	1770	82.5	90	376	2170	150.0	100	300	
	1200	1180	92.0	87	386	2170	188.0	110	300	
	900	878	91.0	86	390	2170	260.0	110	300	

TABLA 3.VIII

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE MOTORES TRIFÁSICOS DE 400
 VOLTIOS, HORIZONTALES, DE VELOCIDAD CONSTANTE,
 TIPO JAULA DE ARRILLA

Hp	Velocidad rpm		Eficiencia a carga plena	Factor de potencia a carga plena	Corriente en amp a 220 volts		Par en kg-m		
	Número	Carga plena			Carga plena	Motor bloqueado	Carga y arranque a 220 volts aprax.	Arranque a 220 volts, % de carga plena	Máximo en movimiento, % de carga plena
1/4	1 200	1 170	73	66	2 07	11.0	0.328	180	190
	900	840	68	61	2 39	19	0.434	160	160
	1 800	1 736	78	76	2 41	15.0	0.314	178	178
1/2	1 200	1 140	77	72	2 68	15.11	0.481	178	178
	900	850	71	64	3 18	15	0.631	161	161
	1 800	1 780	78.8	74	3 18	24	0.454	178	178
1	1 200	1 145	78.5	74	3 18	24	0.454	178	178
	900	855	74.8	66	4 1	21	0.651	160	160
	1 800	1 745	78	74	4 01	35	0.316	178	178
1 1/2	1 200	1 130	82	78	4 43	35	0.631	178	178
	900	840	76.8	73	5 04	35	0.806	178	178
	1 800	1 740	78.8	74	5 04	35	0.316	178	178
2	1 200	1 110	81	76	5 08	45	0.417	178	178
	900	810	75	70	5 66	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	5 66	45	0.417	178	178
3	1 200	1 090	81	76	5 66	45	0.417	178	178
	900	810	75	70	6 24	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	6 24	45	0.417	178	178
4	1 200	1 070	81	76	6 24	45	0.417	178	178
	900	790	75	70	6 82	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	6 82	45	0.417	178	178
5	1 200	1 050	81	76	6 82	45	0.417	178	178
	900	770	75	70	7 40	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	7 40	45	0.417	178	178
7 1/2	1 200	1 030	81	76	7 40	45	0.417	178	178
	900	750	75	70	8 00	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	8 00	45	0.417	178	178
10	1 200	1 010	81	76	8 00	45	0.417	178	178
	900	730	75	70	8 60	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	8 60	45	0.417	178	178
15	1 200	990	81	76	8 60	45	0.417	178	178
	900	710	75	70	9 20	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	9 20	45	0.417	178	178
20	1 200	970	81	76	9 20	45	0.417	178	178
	900	690	75	70	9 80	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	9 80	45	0.417	178	178
30	1 200	950	81	76	9 80	45	0.417	178	178
	900	670	75	70	10 40	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	10 40	45	0.417	178	178
40	1 200	930	81	76	10 40	45	0.417	178	178
	900	650	75	70	11 00	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	11 00	45	0.417	178	178
50	1 200	910	81	76	11 00	45	0.417	178	178
	900	630	75	70	11 60	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	11 60	45	0.417	178	178
75	1 200	890	81	76	11 60	45	0.417	178	178
	900	610	75	70	12 20	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	12 20	45	0.417	178	178
100	1 200	870	81	76	12 20	45	0.417	178	178
	900	590	75	70	12 80	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	12 80	45	0.417	178	178
125	1 200	850	81	76	12 80	45	0.417	178	178
	900	570	75	70	13 40	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	13 40	45	0.417	178	178
150	1 200	830	81	76	13 40	45	0.417	178	178
	900	550	75	70	14 00	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	14 00	45	0.417	178	178
200	1 200	810	81	76	14 00	45	0.417	178	178
	900	530	75	70	14 60	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	14 60	45	0.417	178	178
300	1 200	790	81	76	14 60	45	0.417	178	178
	900	510	75	70	15 20	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	15 20	45	0.417	178	178
400	1 200	770	81	76	15 20	45	0.417	178	178
	900	490	75	70	15 80	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	15 80	45	0.417	178	178
500	1 200	750	81	76	15 80	45	0.417	178	178
	900	470	75	70	16 40	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	16 40	45	0.417	178	178
750	1 200	730	81	76	16 40	45	0.417	178	178
	900	450	75	70	17 00	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	17 00	45	0.417	178	178
1 000	1 200	710	81	76	17 00	45	0.417	178	178
	900	430	75	70	17 60	45	0.631	178	178
	1 800	1 710	81	76	17 60	45	0.417	178	178

TABLA 3.VIII Continúa

Hp.	Velocidad rpm		Eficiencia a carga plena	Factor de potencia a carga plena	Corriente en amp a 220 volts		Par en kg-m		
	Número	Carga plena			Carga plena	Motor bloqueado	Carga y arranque a 220 volts aprax.	Arranque a 220 volts, % de carga plena	Máximo en movimiento, % de carga plena
25	1 200	1 170	81.0	87	83.0	36.8	15.4	135	200
	900	878	86.5	82	87.8	36.5	20.7	125	200
	1 800	1 140	86.5	79	79.2	36.5	26.0	120	200
30	1 800	1 700	80.0	84	74.2	43.5	12.3	150	200
	1 200	1 170	83.5	84	74.6	43.5	16.8	135	200
	900	878	85.0	81	78.5	43.5	24.8	120	200
40	1 800	1 700	80.0	84	74.2	43.5	12.3	150	200
	1 200	1 170	83.5	84	74.6	43.5	16.8	135	200
	900	878	85.0	81	78.5	43.5	24.8	120	200
60	1 800	1 700	80.0	84	74.2	43.5	12.3	150	200
	1 200	1 170	83.5	84	74.6	43.5	16.8	135	200
	900	878	85.0	81	78.5	43.5	24.8	120	200
80	1 800	1 700	80.0	84	74.2	43.5	12.3	150	200
	1 200	1 170	83.5	84	74.6	43.5	16.8	135	200
	900	878	85.0	81	78.5	43.5	24.8	120	200
100	1 800	1 700	80.0	84	74.2	43.5	12.3	150	200
	1 200	1 170	83.5	84	74.6	43.5	16.8	135	200
	900	878	85.0	81	78.5	43.5	24.8	120	200
125	1 800	1 700	80.0	84	74.2	43.5	12.3	150	200
	1 200	1 170	83.5	84	74.6	43.5	16.8	135	200
	900	878	85.0	81	78.5	43.5	24.8	120	200
150	1 800	1 700	80.0	84	74.2	43.5	12.3	150	200
	1 200	1 170	83.5	84	74.6	43.5	16.8	135	200
	900	878	85.0	81	78.5	43.5	24.8	120	200
200	1 800	1 700	80.0	84	74.2	43.5	12.3	150	200
	1 200	1 170	83.5	84	74.6	43.5	16.8	135	200
	900	878	85.0	81	78.5	43.5	24.8	120	200
300	1 800	1 700	80.0	84	74.2	43.5	12.3	150	200
	1 200	1 170	83.5	84	74.6	43.5	16.8	135	200
	900	878	85.0	81	78.5	43.5	24.8	120	200
400	1 800	1 700	80.0	84	74.2	43.5	12.3	150	200
	1 200	1 170	83.5	84	74.6	43.5	16.8	135	200
	900	878	85.0	81	78.5	43.5	24.8	120	200
500	1 800	1 700	80.0	84	74.2	43.5	12.3	150	200
	1 200	1 170	83.5	84	74.6	43.5	16.8	135	200
	900	878	85.0	81	78.5	43.5	24.8	120	200
750	1 800	1 700	80.0	84	74.2	43.5	12.3	150	200
	1 200	1 170	83.5	84	74.6	43.5	16.8	135	200
	900	878	85.0	81	78.5	43.5	24.8	120	200
1 000	1 800	1 700	80.0	84	74.2	43.5	12.3	150	200
	1 200	1 170	83.5	84	74.6	43.5	16.8	135	200
	900	878	85.0	81	78.5	43.5	24.8	120	200

125

rrero. El factor de potencia de los motores de inducción varía con el paso polar; esto es un motor con gran paso polar y pequeño número de polos, tendrá un mayor factor de potencia que un motor con pequeño paso polar. Para motores con gran paso polar el diámetro y la longitud se escogen para dar costo mínimo y para motores con pequeño paso polar, diámetro y longitud se relacionan para dar buen factor de potencia a un costo razonable.

8.- Devanados.- En motores polifásicos algunas veces se usan devanados concéntricos pero tales devanados han sido reemplazados generalmente por los devanados de doble capa en la mayoría de los casos, debido al ahorro en costo de fabricación. Los motores de inducción para uso general, se fabrican para 2 y 3 fases, para una variedad de tensiones. Para conseguir el costo de fabricación lo más bajo posible, el número de ranuras del estator deberá escogerse para cada armazón de tal modo que sea posible, lograr el máximo número posible de combinaciones para polos, fases y tensiones. Para un número entero de ranuras por polos y por fases, las ranuras por polos deberán ser enteras. El número total de ranuras deberá ser satisfactorio para 2 y 3 fases, cuando las ranuras por polo sean un múltiplo de 2 y 3.

9.- Número y Tamaño de las Ranuras.- El número de conductores por ranuras deberá ser entero y par, para devanados de doble capa, porque la mitad, de los conductores por ranuras pertenecen al costado superior y la otra mitad, al costado de la bobina inferior en la misma ranura. El número de ranuras del estator deberá por lo tanto escogerse para lograr los requerimientos del número de polos y fases, con número par de conductores por ranura de tal valor que se logre una densidad satisfactoria en el entrehierro. Para motores con ranuras abiertas en el estator, las aberturas de las ranuras tendrán un efecto apreciable en la reluctancia del entrehierro. Las ranuras del estator y rotor deberán tener tales proporciones que se logren variaciones mínimas en la reluctancia del entrehierro, cuyas variaciones resultan cuando las ranuras del rotor se mueven frente a las del estator. El efecto de las variaciones en la reluctancia del entrehierro, será el de producir pulsaciones en el flujo del --

mismo lo cual produce pérdidas adicionales en el núcleo, así como ruido. Tales efectos de las ranuras del estator, podrán conservarse en valor pequeño al usar un gran número de ranuras angostas, a mayor número de ranuras para un diámetro dado, menor será el paso del diente. El ancho de las ranuras del estator es generalmente la mitad o poco menos de la mitad del paso del diente, en la circunferencia del entrehierro. Si el paso del diente es pequeño, el ancho del diente será pequeño y habrá a veces dificultades de fabricación o sea que se vuelve difícil soportar los dientes del estator en los ductos de ventilación. El costo de manufactura se hace para motores con gran número de ranuras, debido a que hay mas bobinas que devanar, aislar y colocar en las ranuras. Los conductores por ranuras, deberá acomodarse en los mismos de tal modo que ocupen un número de espacio con el aislamiento adecuado entre espiras y entre núcleo y bobinas. Desde 25 HP aproximadamente y para capacidades mayores se usan generalmente ranuras de tipo abierto y los conductores generalmente son de alambre cuadrado o rectangular, con doble forro de algodón. Para todos los motores polifásicos, los devanados se diseñan de modo de tener más una una espira por bobina y las espiras deberán siempre que sea posible, colocarse de tal modo que haya sólo una espira por caja, como se muestra en la (fig.3.27). Las grandes reacciones de conductor se logran a base de dos o mas conductores pequeños en paralelo, para evitar pérdidas excesivas por corrientes de remolinos, (fig. 3.37).

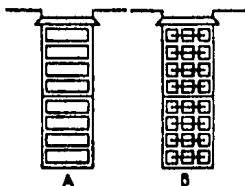


FIG. 3.27

Para devanados que requieren muchas espiras por bobina no siempre es posible usar solo una espira por capa y en tales casos las bobinas deberán hacerse como en la (fig. 3.28). Para motores pequeños de menores de 25 HP, las ranuras parcialmente cerradas son casi una

regla, debido a los efectos adversos de las ranuras abiertas. La apertura de la ranura es generalmente de 3 mm como puede verse en la (fig. 3.29), y la forma de la ranura es como en la (fig. 3.30).

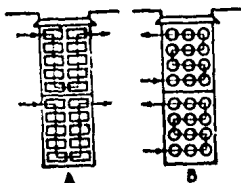


FIG. 3.28

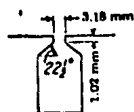


FIG. 3.29

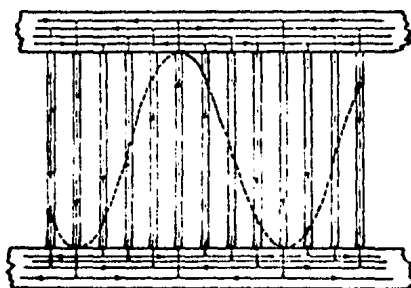


FIG. 3.30 Sección de un devanado jaula de ardilla, mostrando la distribución de las corrientes

Para este tipo de ranura, las bobinas son enrolladas a granel, con alambre de doble forro de algodón o con alambre esmaltado ya sea simple o grueso. Cuando el diámetro de alambre requerido sea mayor de 3 mm, se devanan 2 ó más alambres menores en paralelo. El tamaño de las ranuras del estator dependen del número de los conductores por ranuras, del tamaño del conductor y del grueso del aislamiento. El aislamiento de los conductores puede ser doble algodón, ó para aislamiento clase "B", doble forro de fibra de vidrio. El aislamiento entre núcleos y bobinas, en tela laminada, cinta de algodón, barniz aislante, papel para aislamiento clase "A" y mica, tela de fibra de vidrio o cinta para aislamiento clase "B".

La tabla (3.IX) de las distancias aislantes requeridas para el ancho y profundidad de las ranuras, para embobinados de estatores de motores de inducción para varios voltajes. Para ranuras de tipo abierto el aislamiento va abrazado a la bobina con un relleno de 0.2 mm de papel en la ranura, para proteger la bobina mientras se coloca en la misma. Las bobinas se enrollan cuidadosamente y el ancho de la ranura se encuentra al multiplicar la dimensión aislada del conductor en el sentido ancho de la ranura, por el número de conductores y agregando el espacio para aislamiento según la tabla (3.IX).

TABLA 3.IX

ESPACIOS PARA AISLAMIENTOS EN RANURA PARA DEVANADOS DE ESTATOR, DE MOTORES DE INDUCCIÓN, CON RANURAS ABIERTAS O PARCIALMENTE CERRADAS.

Volts	s cm	2b cm	Profundidad de la ranura			Ancho de la ranura		
			Diámetro en el entrehierro, cm			Diámetro en el entrehierro, cm		
			38 o menos	38 a 100	100 o más	38 o menos	38 a 100	100 o más
			0— 300	0.204	2.54	0.61	0.635	0.788
300— 600	0.254	3.81	0.635	0.738	0.864	0.190	0.216	0.241
600—1 500	0.305	4.45		0.788	0.941		0.240	0.279
1 500—3 000	0.355	5.10		0.918	1.140		0.305	0.381

De manera semejante la profundidad de la ranura es la medida aislada del conductor en el sentido de la profundidad por el número de conductores, más la distancia según la tabla. El ancho de una ranura del estator es generalmente 50% del paso mínimo del diente y deberá frecuentemente, si no siempre exceden el 60% del mínimo del paso del diente. Para evitar grandes reactancias de dispersión y consecuentemente malas características de operación de las ranuras del estator no serán generalmente, más profundas que seis veces el ancho de la ranura. Para ranuras parcialmente cerradas se coloca el aislamiento en las ranuras en lugar de colocarlo sobre la bobina porque la pequeña abertura de la ranura hace nece-

sario colocar los conductores en las ranuras parcialmente cerradas para diámetro de estator de 38 cm o menos y para tensiones de 600 - volts o menos. La relación del área, más aislamiento del cobre en la ranura, al espacio neto disponible para el embobinado, es el -- llamado factor de espacio o factor de relleno.

10.- Densidades de los Dientes y Yugos del Estator.- Para un flujo total dado las dimensiones de las ranuras que determinen la - densidad en el diente, las pérdidas en los mismos son altas y se ne cesita un gran número de ampere-vueltas para mandar el flujo a traveés de los dientes. La profundidad de las laminaciones del estator abajo de la ranura, depende de la densidad de flujo en el yugo y -- los ampere-vueltas requeridos para enviar el flujo a través del mig mo, determinan la densidad.

3.4.4 Diseño del Rotor

1.- Longitud del Entrehierro.- Los ampere-vueltas necesarios - para mandar el flujo a través del entrehierro, son directamente pro- porcionales a la densidad del entrehierro y a la longitud del mismo. La densidad y la longitud en el entrehierro, determinarán la corrien te de excitación. Para obtener buenas condiciones de operación, la corriente magnetizante, deberá ser tan pequeña como sea posible y la longitud del entrehierro deberá ser tan pequeña, como la construc- ción mecánica lo pueda permitir.

2.- Diámetro del Rotor.- Se determina conociendo la longitud - y diámetro del entrehierro.

3.- Devanados del Rotor.- Los devanados jaula de ardilla, se - hacen de conductores en circuito-corto hacia cada uno de los anillos extremos. Las barras son redondas o rectangulares en forma y son de cobre, bronce o aluminio. Los conductores extremos son generalmente del mismo material que los usados para las barras y podrán tener --- cualquier forma que convenga. Debido a los grandes cambios de temp- ratura de vacío a plena carga, deberá intersarse la mejor conexión - posible entre barras y anillos para evitar altas resistencias de con- tacto en las uniones.

4.- Número y Tamaño de las Ranuras del Rotor.- Para motores - jaula de ardilla, es necesario cuidar el diseño, el evitar vibra-- ciones y ruido así como pares indefinidos o picos en la curva velo- cidad-par. El ciclo del par alto y abajo se repite cuando el rotor se mueve a través de un paso del diente del estator. El punto míni- mo de la curva del par, deberá ser tan bajo, que el rotor no pueda llegar a la velocidad plena, ni siquiera en vacío. Estas caracte- rísticas indeseables se deben principalmente, a las armónicas en la onda de flujo en el entrehierro. Puesto que las ranuras de rotor y estator, producen armónicas en el flujo del entrehierro, es impor- tante que se escoja el número adecuado de ranuras en el rotor, en - relación con el número adecuado de ranuras en el rotor, en relación con el número de ranuras en el estator, de modo de evitar esas ca- racterísticas indeseables. El número de ranuras de un rotor, nunca deberá ser igual al del estator, si no que deberá ser mayor o menor. Los puntos muertos, el ruido y los picos en la curva de velocidad - par pueden reducirse y aun alimentarse enteramente, al inclinar las ranuras del estator, de acuerdo con el paso adecuado de la bobina.

5.- Devanados.- Para devanados de jaula de ardilla, la densi- dad de corriente podrá ser mayor que para los devanados del estator, porque la espira media es más corta y la ventilación es mayor. La sección total del cobre del rotor, deberá escogerse en relación a - la longitud de la barra y la sección de anillo, de tal modo que se tenga una resistencia del rotor de acuerdo a los requerimientos de par arranque. La distribución de la corriente en las barras y ani- llos extremos de un devanado jaula de ardilla, se muestra en la (fig. 3.30). De tal figura se deduce que la corriente en cada barra se - divide en el anillo de conexión, por mitades avanzando a través de una barra a un paso polar de distancia, mitad a la izquierda y mi- tad a la derecha. La corriente no es máxima en todas las barras por polo al mismo tiempo si no que varía según una ley senoidal.

6.- Ranuras.- Las ranuras del rotor son siempre del tipo par- cialmente cerradas.

7.- Barras.- Se prefiere la barra rectajular generalmente de- bido a la mayor reactancia de la parte inferior de la barra durante

el período de arranque, lo cual empuja la corriente hacia la parte superior aumentando ligeramente la resistencia del devanado del rotor. Sin embargo las ranuras profundas en el rotor aumentan la reactancia de dispersión y dan lugar a pequeños anchos de diente y altas densidades en la raíz del mismo. No se requiere aislamiento entre las barras y el núcleo del rotor. Para motores de uso general, el voltaje entre anillos rozantes generalmente no excederá de los 400 volts. Para motores mayores, se necesitan voltajes más elevados, para evitar grandes secciones del conductor.

8.- Densidades en el Yugo y Dientes del Rotor.- Para motores de inducción a velocidad constante, la frecuencia de las alternaciones del flujo en el rotor, es muy pequeña, es decir, el deslizamiento en por ciento por la frecuencia del estator. Las pérdidas en el núcleo, en el hierro del rotor, serán por lo tanto pequeñas a densidades altas. La densidad máxima en los dientes del rotor, podrá generalmente ser sólo un poco más alta que la densidad máxima en el estator, debido a los amperé, las vueltas requeridas para enviar el flujo a través de los dientes. La densidad en el yugo del rotor, generalmente es igual sólo un poco más alta que la densidad en el yugo del estator.

NOTA: Cabe mencionar el hecho de que el uso de computadoras digitales proporciona rápidamente más medios a los Ingenieros de Diseño, para la solución de problemas de diversas áreas. La computadora es una herramienta muy útil de trabajo, que los Ingenieros de cualquier área, en este caso los de Diseño, encuentran día a día la forma de obtener el mayor provecho de esta herramienta, cuyas principales ventajas son:

a).- La computadora opera muy rápidamente, lo que permite más investigaciones, que resulta en una optimización de los diseños y mejor atención a los usuarios.

b).- Las computadoras tienen menores errores que las personas, quienes tienden a cometer errores difíciles de detectar.

c).- La computadora, programada apropiadamente produce resultados consistentes ya que generalmente se utiliza el mejor y más exacto método.

d).- El Ingeniero se liberará del peso de la rutina del cálculo permitiéndole realizar otras tareas que requieren más de su capacidad.

e).- Una computadora utilizada apropiadamente es una inversión con amortización a corto plazo ya que permite el incremento en las investigaciones de Ingeniería así como el control de información administrativas sin aumento considerable en los costos.

Algunas de las aplicaciones más usuales de la computadora en el diseño de motores eléctricos son:

1.- Cálculos de rutina de comportamiento eléctrico (simulación).

2.- Cálculo de incremento de temperatura (Por fórmula empírica).

3.- Optimización del uso de materiales.

4.- Selección de partes comunes o estandarizadas para diseños especiales.

5.- Cálculos de costos.

El costo de un cálculo por computadora es aproximadamente (1/20) veces el costo del mismo cuando es efectuado por una persona. Se aprecia el considerable ahorro, además de la facilidad de optimizar el diseño, el cual resulta más confiable.

3.5. Manufactura

Este es un proceso (máquina-hombre) en donde hace falta grado de adecuación del equipo, productividad del sistema, sistema de planeación, control de operación y evaluación de resultados. Por otra parte es opinión compartida de los fabricantes, la escasez de mano de obra calificada, tanto para las labores productivas como para las de mantenimiento de las instalaciones y del equipo de producción. En el nivel supervisión de operaciones, el personal de mando intermedio, cuya procedencia es casi el resultado de promociones de niveles interiores no tiene formación para alcanzar mejor su trabajo.

3.6 Pruebas

De acuerdo a las normas:

Norma Oficial Mexicana NOM-j-75-1977 (CONNIE 1.1-1.- 1971).

Calidad, Funcionamiento y Metodos de prueba para motores de - inducción de C.A, del tipo de rotor en circuito-corto o de jaula.

IEEE.- Norma 112-A-Sept. 1964 "TEST OF PROCEDURE FOR POLYPHASE INDUCTION MOTORS AND GENERATORS".

- 3.6.1.- Obtención de curvas de saturación en vacío.
- 3.6.2.- Obtención de curvas de saturación con rotor bloqueado.
- 3.6.3.- Obtención y análisis del circuito equivalente.
- 3.6.4.- Obtención de las curvas Par-Velocidad.
- 3.6.5.- Elevación de temperatura.
- 3.6.6.- Alta tensión.

Para mayor información acerca del desarrollo e interpretación de estas pruebas consultar el libro:

"PRUEBAS DE EQUIPO ELECTRICO 2". Motores Trifásicos de Inducción
PEREZ AMADOR, VICTOR. LIMUSA. 1983.

CAPITULO III

ESTRUCTURACION DE MATERIAS

1.- ANTECEDENTES BASICOS

La proposición de las asignaturas:

- a.- Ferromagnetismo
- b.- Normalización
- c.- Diseño de Transformadores de Distribución y de Potencia.
- d.- Diseño de Motores de Inducción Tipo Jaula de Ardilla.

dentro del módulo de materias denominado como "Módulo de Materias - Oportativas para el Diseño del Equipo Eléctrico", surge como la necesidad de cubrir, un área, en la cual, el Ingeniero pueda ahondar - más sus conocimientos teóricos, con el fin de que en su profesión - pueda desarrollarse dentro del diseño de máquinas eléctricas, campo en el cual existe un gran panorama para el Ingeniero, dado que Méxi - co depende tecnológicamente de otros países altamente industrializa - dos. Antes de introducirnos en el estudio de las materias menciona - das, consideramos el análisis de las materias existentes dentro - de la seriación, que constituyen las bases fundamentales para poder introducirse, en el Diseño de Equipo Eléctrico. Estas bases o ante - cedentes primordiales, es el objeto del capítulo presente, debido a que el alumno interesado en estudiar esta área, deberá poner mayor énfasis, a fin de comprender, las materias que en un principio se - mencionan como propuestas.

- Dibujo.- Materia de gran importancia debido a la necesi - dad de recurrir a los dibujos, diagramas y esquemas representativos, de las diferentes estructuras de núcleos, corazas o bobinados, que son elementos principales de los transformadores y motores.

- Matemáticas.- En sus diferentes aspectos del cálculo inte - gral o diferencial, nos permiten comprender y realizar un análisis de los diferentes modelos matemáticos que representan el comporta - miento de las máquinas eléctricas, así mismo la geometría analítica,

nos permite el poder analizar las diferentes curvas características como son, la de histeresis o de excitación o las de cargas c/r al -- voltaje aplicado y en un determinado momento podamos predecir, el comportamiento por aproximación de las curvas características.

- Computadoras y Programación.- Es una materia que en conjunto con los métodos numéricos y la Ingeniería de sistema constituyen una herramienta muy útil, en el diseño de máquinas eléctricas, debido a que por la secuencia de cálculo de estas, es posible el implementar programas de computadoras que nos proporcionen los parámetros principales de dichas máquinas eléctricas, por lo que para el - estudiante de diseño es vital importancia el saber como implementar, estos programas o el poder interpretar los ya existentes.

- Química.- Es una materia que no existe dentro de la serie -- ción indicativa de materias pero consideramos, que es una materia -- con antecedente de importancia debido a la necesidad de conocer la - estructura cristalina de los materiales ferromagnéticos, así como la de los hierros de amorfos, conductividad y resistencia de los materiales eléctricos, así mismo nos permite conocer las características moleculares del hierro y el porque de su aplicación, en la fabricación de las estructuras ferromagnéticas y sus propiedades como son - excitación y saturación, características propias de la inducción -- electromagnética.

- Medición e Instrumentación.- Esta materia es en su mayoría de aplicación directa a las máquinas eléctricas debido a que cuando éstas operan es necesario el conocer con que tipo de instrumentos - contamos para medir las variantes de nuestro diseño, ya sea motor ó transformador, a fin de terminar su respuesta y si esta es equivalente o congruente con nuestros cálculos de diseño.

- Transformadores y Motores de Inducción.- Esta materia es - la base principal para poder pasar posteriormente al diseño de máquinas eléctricas, debido a que esta materia se aprende el comportamiento básico de transformadores y motores, y se analizan sus respectivos circuitos equivalentes, se obtienen las curvas características - de dichas máquinas eléctricas y se conocen métodos de análisis sin - profundizar demasiado en el tema, que es el objetivo principal de -

las materias a proponer.

- Eléctricidad y Magnetismo.- En conjunto con la Teoría Electromagnética, deben proporcionar al alumno, los antecedentes necesarios y suficientes, para comprender el magnetismo, así como las leyes que lo rigen, deben proporcionar los antecedentes para conocer los principales parámetros de la electricidad (corriente, potencial, resistencia, capacidad e inductancia). Consideramos que ésta es la materia antecedente de mayor importancia debido a que las materias subsecuentes a esta serán una mera aplicación de los conocimientos obtenidos en esta materia.

- Análisis de Circuitos Eléctricos.- Esta materia como antecedente nos permite el conocer el análisis del comportamiento eléctrico de un modelo matemático, así mismo nos proporciona diferentes métodos de análisis de dicho modelo, en el cual se simula, el comportamiento de una máquina eléctrica. (transformador o motor) mediante un arreglo de elementos eléctricos.

- Mecánica.- Es importante como antecedente para el diseño de máquinas eléctricas ya que éstas al efectuar la transformación de un tipo de energía en otra o para variar los parámetros de un tipo de energía, experimentan fenómenos electromagnéticos y mecánicos, así surge la necesidad de conocer los principios básicos de la mecánica para poder determinar la prioridad de dichos efectos.

- Física.- El conocimiento de las leyes de la Física constituye un papel fundamental en el estudio de cualquiera de las ramas de la Ingeniería, es este caso, de la Ingeniería Eléctrica y en particular para el diseño de equipo eléctrico; como se mencionó anteriormente sobre las leyes de la física, descansan la gran mayoría de las materias aquí descritas y que son indispensables para el diseño de equipo eléctrico.

- Diseño de Elementos de Máquinas.- En particular esta materia es indispensable como antecedente para el diseño de motores de inducción ya que al ser estas máquinas giratorias están sujetas a diferentes tipos de esfuerzos, vibraciones, tensiones en la flecha, balanceo, etc., efectos que se deben prevenir en el diseño y que son -

de origen mecánico, corroboraremos la proposición de esta materia - como antecedente, recordando que la mayoría de las fallas en los motores de inducción son de tipo mecánico.

- Materiales Eléctricos y Electrónicos.- El papel de esta materia es importante para el conocimiento y selección de materiales - empleados en el diseño de máquinas eléctricas, conviene recordar el hecho de que el diseño conceptual de las máquinas eléctricas sigue - siendo el mismo, los cambios más significativos han sido el empleo - de nuevos materiales, que han optimizado el diseño original.

- Máquinas de Corriente Directa.- El estudio de las máquinas eléctricas se comprende mejor empezando por el análisis de las máquinas de C.D. que gracias a los dispositivos de estado sólido modernos, han tomado auge nuevamente, algunos fenómenos electromagnéticos que se llevan a cabo en las máquinas eléctricas se entienden mejor cuando tratamos en C.D., además de que en C.D. se omiten ciertos efectos que se presentan cuando se este trabajando con C.A.

- Máquinas Síncronas.- Es de particular importancia el estudio del comportamiento de la máquina síncrona, ya que para máquinas pequeñas se utilizan generalmente la misma construcción del estator o campo del motor de inducción que para máquinas síncronas.

- Máquinas Térmicas e Hidráulicas y Termodinámicas.- El estudio de estas dos asignaturas como antecedente es conveniente y necesario para entender mejor el análisis térmico de operación que se - pueda realizar a las máquinas eléctricas. Ya que al efectuar dicho análisis se podría mejorar los métodos de enfriamiento de equipo -- eléctrico, con lo que se evitaría el sobre-calentamiento en los devu- nados que es uno de los principales problemas que disminuyen la vida de las máquinas eléctricas.

2.- ASIGNATURAS PROPUESTAS

2.1.- Ferromagnetismo.- La inclusión de esta asignatura dentro del módulo propuesto de materias optativas sobre diseño de equipo eléctrico, como antecedente para las asignaturas de diseño de -- transformadores de distribución y de potencia, así como de motores -

de inducción tipo jaula de ardilla es de vital importancia.

Primeramente, se van a analizar los fenómenos ferromagnéticos más relevantes aplicados a máquinas eléctricas; con la finalidad de relacionar los aspectos teóricos con las prácticas sobre equipo eléctrico.

Es indispensable el conocimiento sobre materiales magnéticos, así como el papel que desempeñan en el funcionamiento de máquinas eléctricas; profundizando en el conocimiento y análisis de materiales magnéticos utilizados en el Diseño de Transformadores de Distribución y de Potencia, y de los Motores de Inducción tipo Jaula de Ardilla.

Para el mayor aprovechamiento de esta asignatura se propone como complemento la creación de un laboratorio sobre ferromagnetismo, en donde se analizarán y se determinarán las características de algunos materiales magnéticos.

También se proponen visitas a Industrias e Institutos de Investigación dedicados al tratamiento y análisis de materiales magnéticos, utilizados en el diseño de transformadores de distribución y de potencia, y de motores de inducción tipo jaula de ardilla. Es recomendable estrechar más las relaciones con la Industria y los Institutos de Investigación; ya que continuamente se están optimizando algunos materiales utilizados en el diseño de máquinas eléctricas; también se están tratando y experimentando nuevos materiales para optimizar los diseños, como por ejemplo; el I.I.E. que está desarrollando proyectos sobre la construcción de transformadores de distribución con núcleo de acero amorfo, aceros eléctricos de fabricación nacional para motores.

2.2.- Normalización. - El uso de la normalización dentro del desarrollo profesional del Ingeniero Mecánico-Eléctricista, es de vital importancia para la aplicación de sus conocimientos y experiencias en cualquier especialidad en que se desenvuelva, ya sea en diseño, producción, control de calidad, ventas o administración. La normalización no es nueva ni desconocida para todas las personas que desempeñan un trabajo profesional; todo el mundo la conoce bajo dife-

rentes formas de conformidad con las tareas que realiza.

Los objetivos fundamentales de la normalización son: establecer medios de expresión comunes, como son vocabularios, símbolos gráficos, unidades de medida con sus símbolos literales, reducir los gastos de administración y los de producción, reducir la variedad innecesaria de productos con las consiguientes ventajas en cuanto a los sistemas y costos de producción, fijar las características mínimas que un producto o un servicio debe cumplir para satisfacer las exigencias del consumidor, cuidar la seguridad humana y mejorar la economía en general.

La normalización es uno de los elementos importantes en la infraestructura requerida, para incrementar el ritmo del progreso en el país. Esto es de considerable importancia para los países desarrollados, como para los subdesarrollados; más para éstos últimos, en donde se postula un mayor beneficio en aquellas áreas críticas tales como desarrollo de tecnología nacional, utilizando al máximo los materiales nacionales y optimizando los diseños, modernizando el comercio interno, fomentando la exportación, substituyendo la importación, etc. En general la normalización es una actividad que ayuda a proporcionar soluciones a problemas esencialmente dentro de las esferas de la ciencia, la tecnología y la economía.

De acuerdo a lo descrito anteriormente se considera de vital importancia, incluir en el módulo de asignaturas sobre diseño de equipo eléctrico la asignatura de normalización, con la finalidad de que los alumnos que cursen dicho módulo adquieran una sólida preparación en cuestiones normativas industriales nacionales e internacionales; y de esta forma puedan aplicar sus conocimientos de normalización en las asignaturas de Diseño de Transformadores de Distribución y de Potencia, de Motores de Inducción tipo Jaula de Ardilla, y en general en toda su vida profesional.

NOTA: El programa para la asignatura de normalización fué copiado en su totalidad del trabajo del compañero;

Eduardo José Sánchez Michaca. "Proyecto de Asignatura en Temas Selectos para la Ingeniería Mecánica-Eléctrica", Tesis Profesional .

Facultad de Ingeniería U.N.A.M. Director de Tesis; Ing. Victor Pérez Amador. 1984.

2.3.- Diseño de Transformadores de Distribución y de Potencia.- En base a lo tratado en capítulos anteriores del presente trabajo, se concluyó que es imprescindible y de vital importancia, incluir en el módulo de materias sobre Diseño de Equipo Eléctrico, la asignatura de Diseño de Transformadores de Distribución y de Potencia.

Los Transformadores de Distribución y de Potencia, son los más utilizados en la industria eléctrica en México, principalmente en el sector público y debido a la expansión de este sector, origina que en los próximos años la demanda de este equipo eléctrico vaya en aumento. También en el sector privado la demanda de transformadores de distribución y de potencia se incrementa por el desarrollo de la industria.

Otra razón por la cual se propone a la asignatura de diseño de transformadores de distribución y de potencia como integrante del módulo de materias sobre diseño de equipo eléctrico, es la de que en el país se cuenta con gente preparada, capaz de impartir sus conocimientos sobre diseño de transformadores, compartir sus experiencias en esta área, así como de supervisar el proceso de fabricación de dicho equipo eléctrico.

En lo que respecta a los materiales utilizados en el diseño de transformadores de distribución y de potencia, como se vió en el capítulo I del presente trabajo, La mayoría de ellos se producen en el país, aunque tienen un precio mayor que el de los materiales producidos en los países desarrollados; con esta situación en vez de desanimarnos, debe constituir un reto para investigadores, Ingenieros de Diseño, Técnicos y en General para todas las personas dedicadas al Diseño de Equipo Eléctrico en México, quienes deben redoblar esfuerzos para optimizar los materiales de fabricación nacional así como tengan precios competitivos en los mercados internacionales. También se puede contar con el apoyo y asesoría del I.I.E., en todo lo referente a materiales para el Diseño de Transformadores de Dis-

tribución y de Potencia; el I.I.E. está desarrollando el diseño de transformadores de distribución con núcleos de acero amorfo.

Por otra parte analizando el plan de estudios de la Carrera de Ingeniero Mecánico-Eléctricista, primordialmente en el área de Sistemas Eléctricos y Electrónicos, se puede concluir que se tienen los antecedentes académicos necesarios para que el alumno que curse el módulo propuesto sobre Diseño de Equipo Eléctrico no tenga problemas de antecedentes y de esta manera pueda tener el mejor desempeño al cursar dicho módulo y en su vida profesional.

2.4.- Diseño de Motores de Inducción Tipo Jaula de Ardilla.

Otra de las asignaturas imprescindible en el módulo de materias optativas sobre diseño de equipo eléctrico, es la de Diseño de Motores de Inducción tipo Jaula de Ardilla.

Son los más simples y robustos de todos los motores eléctricos; son y serán posibles de diseñar en México.

Los Motores de Inducción tipo Jaula de Ardilla son los más utilizados en la industria. La mayor parte de la potencia suministrada a la industria es consumida por éste tipo de motores.

Por lo que respecta a personal especializado en el Diseño de Motores de Inducción tipo Jaula de Ardilla, así como de su proceso de fabricación; orgullosamente en México se tiene a gente muy capaz, reconocida a nivel internacional, que con todo gusto aportaría sus conocimientos sobre diseño de estos motores y compartiría sus experiencias.

En el área de materiales utilizados para el diseño de motores de inducción tipo jaula de ardilla, se cuentan casi en su totalidad en el país; cabe destacar el hecho de que el I.I.E. a través de una investigación directa, determinó que un acero fabricado en México mediante un tratamiento térmico adecuado, puede sustituir el acero importado para la fabricación de motores.

Otra razón más que se consideró para proponer a otra asignatura como integrante del módulo de materias optativas sobre diseño de -

equipo eléctrico; fué la de que analizando el plan de estudios de la carrera de Ingeniero Mecánico-Electricista y en particular el área de Sistemas Eléctricos y Electrónicos, se pudo concluir que se tienen los antecedentes académicos necesarios para que el alumno que curse el módulo propuesto sobre diseño de equipo eléctrico, lo haga con bases sólidas para poder tener el mejor desempeño al cursar dicho módulo y en su vida profesional.

2.5.- Enfriamiento de Equipo Eléctrico

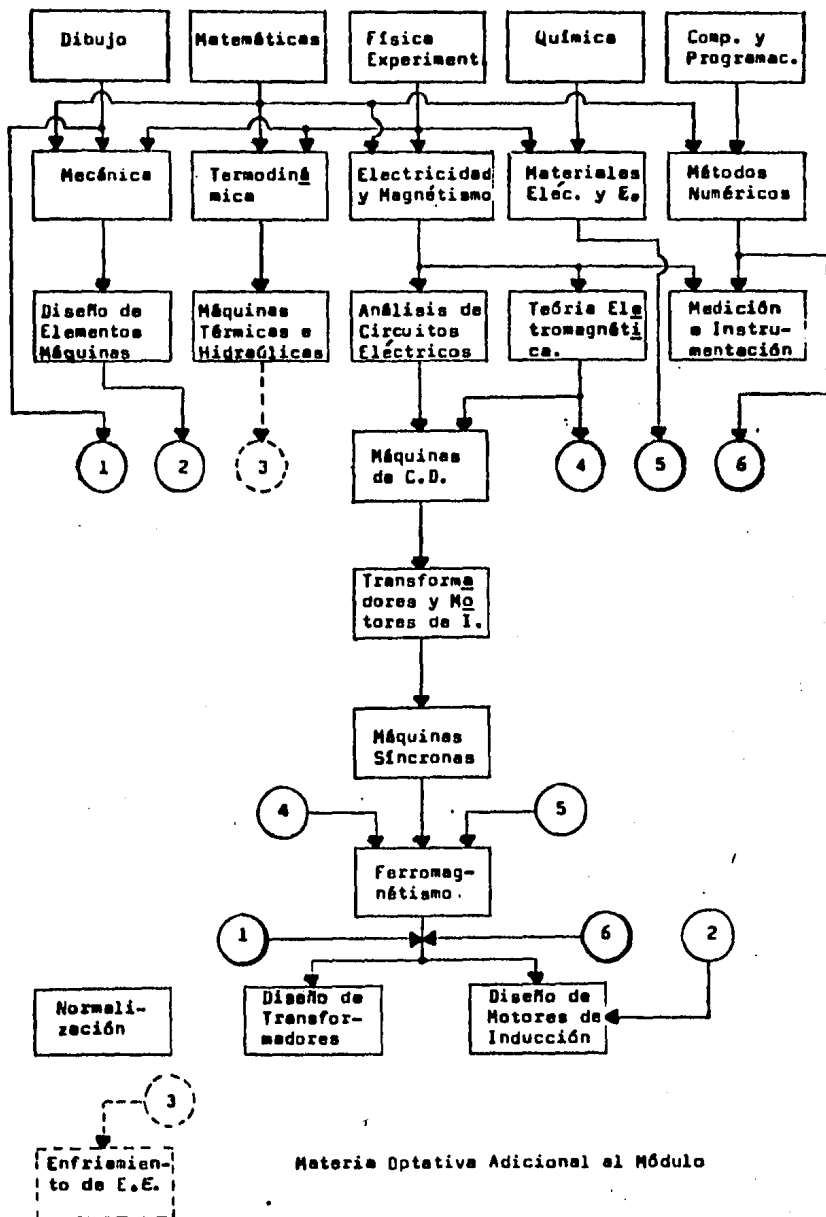
Como se mencionó en capítulos anteriores del presente trabajo, la vida útil de las máquinas eléctricas depende en gran manera de la calidad y cuidado que se tenga en sus aislamientos, que se pueden mantener en buenas condiciones si el sistema de enfriamiento de la máquina es el adecuado.

Por lo que se considerará de gran importancia incluir en el módulo propuesto sobre diseño de equipo eléctrico, la asignatura de -Enfriamiento de Equipo Eléctrico; ésta asignatura se está incluyendo como optativa adicional al módulo; ya que no se va a desarrollar su programa de asignatura.

Por la magnitud de este trabajo, ya que con las cuatro asignaturas propuestas se cubre el número de materias que comprende el módulo.

Por no haber la suficiente información acerca de enfriamiento aplicado a máquinas eléctricas; en México apenas se está empezando a analizar sobre este tema en los Institutos de Investigación.

DIAGRAMA DE SERIACION



Materia Optativa Adicional al Módulo

DIAGRAMA DE SERIACION EN DONDE SE INDICAN LAS MATERIAS QUE SE CONSIDERAN COMO ANTECEDENTES BASICOS NECESARIOS PARA PODER CURSAR EL MODULO SOBRE DISEÑO DE EQUIPO ELECTRICO; TAMBIEN SE INDICAN LAS ASIGNATURAS PROPUESTAS, ASI COMO TAMBIEN LOS ANTECEDENTES INMEDIATOS NECESARIOS PARA CADA MATERIA Y SUS RELACIONES MAS IMPORTANTES ENTRE SI. SE REFIERE A LA ASIGNATURA OPTATIVA - - - - -

CAPITULO IV

ESTRUCTURACION DE MATERIAS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

Programa de Asignatura

INGENIERÍA MECÁNICA-ELECTRICA

INGENIERÍA ELÉCTRICA

División

Departamento

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA: FERROMAGNETISMO

Clave: _____ Núm. de créditos: 10 Carrera: ING. MECÁNICO ELECTRICISTA

Duración del curso: semanas: 16
horas: 64

Horas a la semana: Teoría: 4
Prácticas: 2

OBJETIVO DEL CURSO PROPORCIONAR AL ESTUDIANTE LOS CONOCIMIENTOS SOBRE PRINCIPIOS DE MAGNETISMO APLICABLES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS, ASÍ COMO DE LOS MATERIALES MAGNÉTICOS UTILIZADOS PARA EL DISEÑO DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN Y DE POTENCIA EN MOTORES DE INDUCCIÓN TIPO JALDA DE ARDILLA.

TEMAS

Núm.	Nombre:	Horas:
I.-	PRINCIPIOS DE MAGNETISMO	20
II.-	MATERIALES MAGNÉTICOS	8
III.-	MATERIALES UTILIZADOS PARA EL DISEÑO DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN Y DE POTENCIA	10
IV.-	MATERIALES UTILIZADOS PARA EL DISEÑO DE MOTORES DE INDUCCIÓN TIPO JALDA DE ARDILLA	16
V.-	EVALUACIÓN DE MATERIALES MAGNÉTICOS (PRUEBAS)	

OBJETIVOS Y ANTECEDENTES DE LOS TEMAS

I.- **OBJETIVO:** proporcionar al estudiante los conocimientos sobre los principios de magnetismo, propiedades, efectos y aplicaciones en las máquinas eléctricas

ANTECEDENTES: Física Experimental, Electricidad y Magnetismo, Teoría Electromagnética, Análisis de Circuitos Eléctricos, Máquinas de Corriente Directa, Transformadores y Motores de Inducción, Máquinas Síncronas

II.- **OBJETIVO:** proporcionar al estudiante los conocimientos básicos necesarios sobre las propiedades y características de los materiales magnéticos utilizados en el diseño de máquinas eléctricas

ANTECEDENTES: Química, Materiales Eléctricos y Electrónicos

III.- **OBJETIVO:** capacitar al estudiante en el análisis y selección de los materiales magnéticos que optimicen el diseño de transformadores de distribución y de potencia.

ANTECEDENTES: Tema II de Ferromagnetismo, Transformadores y Motores de Inducción

IV.- **OBJETIVO:** capacitar al estudiante en el análisis y selección de los materiales magnéticos que optimicen el diseño de motores de inducción tipo jaula de ardilla

ANTECEDENTES: Tema II de Ferromagnetismo, Transformadores y Motores de Inducción

V.- **OBJETIVO:** capacitar al estudiante para que pueda realizar varias pruebas a materiales magnéticos y de esta manera compruebe si dichos materiales cumplen con los requisitos mínimos necesarios para poder ser utilizados en el diseño de transformadores y motores de inducción tipo jaula de ardilla

ANTECEDENTES: Química, Materiales Eléctricos y Electrónicos, Medición e Instrumentación, Laboratorio de Transformadores y Motores de Inducción

CONTENIDO DE LOS TEMAS

- I.1.- Introducción
- I.2.- Magnetismo
- I.3.- Imenes. Tipos de Imenes
- I.4.- El Campo Magnético de Corriente Directa
- I.5.- El Campo Magnético de Corriente Alterna
- I.6.- Unidades Magnéticas
- I.7.- Circuitos magnéticos
- I.8.- Pérdidas en el Hierro Dependientes de Campos Magnéticos Alternos
 - 8.1.- Pérdidas por Histéresis
 - 8.2.- Pérdidas por Corrientes de eddy
- I.9.- Curvas de Magnetización

- II.1.- Materiales Magnéticos Suaves
 - 1.1.- Aceros al silicio
 - 1.2.- Aceros al bajo carbón
 - 1.3.- Aceros eléctricos de tipo grano orientado
 - 1.4.- Aceros eléctricos de tipo grano no-orientado
 - 1.5.- Tipo cerámica
 - 1.6.- Aleaciones especiales
- II.2.- Materiales Magnéticos Duros
 - 2.1.- Aceros magnéticos
 - 2.2.- Ferrites duros
 - 2.3.- Alnico
 - 2.4.- Aleaciones Especiales

- III.1.- Acero al silicio Tipo Grano Orientado
- III.2.- Acero Anorfo

- IV.1.- Aceros al Bajo Carbón, Procesado Tipo Grano No-Orientado
- IV.2.- Aceros con Cantidades Diferentes de Silicio, de Calidad M, Procesado Tipo Grano No-Orientado
- IV.3.- Aceros Semiprocesados que Contienen Baja Cantidad de Silicio

- V.1.- Pruebas de Laboratorio
- V.2.- Prácticas Industriales

BIBLIOGRAFIA

Texto:

Temas de la materia para los que
se recomienda:

- 1.- "ELECTROMAGNETISM FOR ENGINEERS"
HAMMOND, P. Pergamon Press LTD. 1978
- 2.- "APPLIED ELECTROMAGNETICS"
PLONUS, Martin A. Mc Graw-Hill Kogakusha. 1978
- 3.- "CONVERSION DE ENERGIA ELECTROMECHANICA"
GOURISHANKAR, Vembu. Representaciones y Servicios de Ingenieria.
1975
- 4.- "INTRODUCTION TO MAGNETIC MATERIALS"
CULLITY, B.D. Addison-Wesley Publishing Company. 1972
- 5.- "FERROMAGNETISM AND FERROMAGNETIC DOMAINS"
CRAIK, D.J. and TEBBLE, R.S. John Wiley & Sons. 1965
- 6.- "EXPERIMENTAL METHODS IN MAGNETISM"
ZIJLSTRA, H. John Wiley & Sons. 1967
- 7.- NORMAS, A.S.T.M. (American Society for Testing of Materials) (&)
- 8.- "ACERO AL SILICIO"
MIER-MAZA, Rafael. Boletin I.I.E., Mayo de 1978, Vol. 2, Núm. 5,
Págs. 8-11
- 9.- "ACEROS ELECTRICOS DE FABRICACION NACIONAL PARA MOTORES"
CHATTOPADHYAY, Sukumar. Boletin I.I.E., enero/Febrero de 1983,
Vol. 7, Núm. 1, Págs. 4-12
- 10.- "FABRICACION DE IMANES A BASE DE FERRITAS DURAS, USANDO MATERIA
PRIMA NACIONAL"
CHATTOPADHYAY, Sukumar. Boletin I.I.E., Septiembre/Octubre de 1983,
Vol. 7, Núm. 5, págs. 180-198
- 11.- "DESARROLLO DE TRANSFORMADORES CON NUCLEO DE ACERO AMORFO"
Informe preparado por el Departamento de Materiales, de la Divi-
sion de Equipos, del I.I.E. Boletin I.I.E., Noviembre/Diciembre
de 1983, Vol. 7, Núm. 6, págs. 220-232
- 12.- "FLAT ROLLED ELECTRICAL STEEL"
Steel Products Manual. American Iron And Steel Institute
Washington. 1978.
(&) En la siguiente página se da una lista de Normas ASTM.

APPENDIX I

LIST OF ASTM STANDARD METHODS FOR TESTING AND SPECIFYING MAGNETIC MATERIALS

- A 34 Testing Magnetic Materials
- A 340 Def. of Terms, Symbols, and Conversion Factors Relating to Magnetic Testing
- A 341 Test For Direct-Current Magnetic Properties of Materials Using D-C Permeameters and the Ballistic Test Methods
- A 342 Tests for Permeability of Ferrous Magnetic Materials
- A 343 Test for Alternating Current Magnetic Properties of Materials at Power Frequencies Using Wattmeter-Ammeter-Voltmeter Method and 25-cm Epstein Test Frame
- A 345 Spec. for Flat-Rolled Electrical Steel for Magnetic Applications
- A 346 Tests for Alternating Current Magnetic Performance of Laminated Core Specimens Using the Modified Hay Bridge Method
- A 347 Test for Alternating Current Magnetic Properties of Materials Using the Modified Hay Bridge Method with 25-cm Epstein Frame
- A 348 Test for Alternating Current Magnetic Properties of Materials Using the Wattmeter-Ammeter-Voltmeter Method, 100 to 10,000 Hz and 25-cm Epstein Frame
- A 349 Test for Alternating Current Magnetic Properties of Materials Using the Wattmeter-Ammeter-Voltmeter Method, 50 to 60 Hz and 50-cm Epstein Frame
- A 566 Test for Alternating Current Magnetic Properties of Materials Using an Alternating-Current Potentiometer and 25-cm Epstein Frame
- A 596 Test for Direct-Current Magnetic Properties of Materials Using Ring Test Procedures and the Ballistic Methods
- A 598 Test for Magnetic Properties of Magnetic Amplifier Cores
- A 664 Rec. Practice for Identification of Standard Electrical Steel Grades in ASTM Specifications
- A 665 Spec. for Flat-Rolled, Grain Oriented, Silicon-Iron, Electrical Steel, Fully Processed Types 27G053, 30G058, and 35G066
- A 677 Spec. for Flat-Rolled Nonoriented Electrical Steel, Fully Processed Type
- A 683 Spec. for Flat-Rolled Nonoriented Electrical Steel, Semiprocessed Grades
- A 697 Test for Alternating-Current Magnetic Properties of Laminated Core Specimen Using the Voltmeter-Ammeter-Wattmeter Methods
- A 712 Test for Electrical Resistivity of Soft Magnetic Materials
- A 717 Test for Surface Insulation Resistivity of Single-Strip Specimens
- A 718 Test for Surface Insulation Resistivity of Multistrip Specimens
- A 719 Test for Lamination Factor of Magnetic Materials
- A 720 Test for Ductility of Nonoriented Electrical Sheet Steel
- A 721 Test for Ductility of Oriented Electrical Sheet Steel
- A 725 Spec. for Flat-Rolled, Grain-Oriented, Silicon Iron Electrical Steel, Fully Processed Types 27H076, 30H083, 35H094
- A 726 Spec. for Cold-Rolled Carbon Steel Sheet, Magnetic Lamination Quality, Types 1, 2, and 2S

A booklet containing the above methods is available
and copies may be obtained from:

American Society for Testing and Materials
1916 Race St., Philadelphia, Pa. 19103

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

Programa de Asignatura

INGENIERIA MECANICA-ELECTRICA

División

INGENIERIA ELECTRICA

Departamento

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA: NORMALIZACION

Clave: _____ Núm. de créditos: 8 Carrera: ING. MECANICO ELECTRICISTA

Duración del curso: semanas: 16
horas: 12

Horas a la semana: Teoría: 4
Prácticas: 1/2

OBJETIVO DEL CURSO: PROPORCIONAR TODOS LOS ELEMENTOS NECESARIOS PARA QUE LOS
ALUMNOS OBTENGAN UN AMPLIO CONOCIMIENTO DE TODO LO REFERENTE A LA -
NORMALIZACION, DESDE SU DEFINICION, SUS PRINCIPIOS, SUS CAMPOS DE -
APLICACION, NIVELES, FORMAS DE ELABORAR NORMAS YA SEAN NACIONALES O
INTERNACIONALES.

TEMAS

Núm:	Nombre:	Horas:
I.-	TERMINOS Y DEFINICIONES	6
II.-	METAS DE LA NORMALIZACION	10
III.-	LUS PRINCIPIOS DE LA NORMALIZACION	4
IV.-	DOMINIO, ASPECTO Y NIVEL DE LA NORMALIZACION	3
V.-	NORMALIZACION INTERNACIONAL	18
VI.-	NORMALIZACION REGIONAL	5
VII.-	NORMALIZACION NACIONAL	18

OBJETIVOS Y ANTECEDENTES⁴ DE LOS TEMAS

- I.- OBJETIVO: Definir lo que es la normalización, así como términos relacionados con la misma, para que el alumno tenga una idea exacta y aceptada universalmente de lo que es la normalización.
- II.- OBJETIVO: Establecer claramente al alumno cuales son las metas de la normalización y en que consisten dichas metas.
- III.- OBJETIVO: Establecer básicamente los mecanismos operativos a los que secuencialmente se debe someter el proceso de normalización, para que el alumno tenga un patrón de referencia de como se debe elaborar una norma.
- IV.- OBJETIVO: Mostrar al alumno en un sistema ortogonal la forma de ligar tres conceptos que definen el ámbito de la normalización.
- V.- OBJETIVO: Que el alumno conozca los organismos internacionales de normalización, sus funciones, su historia, las normas y trabajos que realizan cada uno.
- VI.- OBJETIVO: Que el alumno conozca las diferentes normas a nivel de regiones del mundo, sus tendencias y sus características, que corresponden a países con perfiles similares, ya sea en lo económico, político o social.
- VII.- OBJETIVO: Proporcionar al alumno toda la información relativa al proceso de la normalización nacional; normas existentes, como se elaboran a nivel nacional, la participación de México a nivel internacional en el área, el organismo nacional de normalización (DGN), sus funciones, etc.

A Esta asignatura no requiere de antecedentes.

CONTENIDO DE LOS TEMAS

- I.1.- Normalización y Términos Relacionados
- I.2.- Norma
- I.3.- Especificación
- I.4.- Simplificación
- I.5.- Unificación

- II.1.- Simplificación
- II.2.- Intercambiabilidad
- II.3.- Las Normas como Medio de Comunicación
- II.4.- Símbolos y Códigos
- II.5.- Economía Total
- II.6.- Seguridad
- II.7.- Intereses del Consumidor
- II.8.- Intereses de la Comunidad
- II.9.- Barreras al Comercio
- II.10.- Resumen de las metas

- III.1.- Principio 1
- III.2.- Principio 2
- III.3.- Principio 3
- III.4.- Principio 4
- III.5.- Principio 5
- III.6.- Principio 6
- III.7.- Principio 7

- IV.1.- Dominio
- IV.2.- Aspecto
- IV.3.- Nivel

- V.1.- Comisión Electrotécnica Internacional
- V.2.- Organización Internacional de Normalización
- V.3.- Comisión del Codex Alimentarius
- V.4.- Comisión Internacional para la unificación de los Métodos de

CONTENIDO DE LOS TEMAS

análisis para el Azúcar

- VI.1.- Organización Regional de Normas Africanas
 - VI.2.- Organización para Normalización y Metrología Árabe
 - VI.3.- Consejo Técnico de Ayuda Mutua
 - VI.4.- Comité Europeo para Normalización
 - VI.5.- Comité Europeo para la Normalización Electrotécnica
 - VI.6.- Comisión Panamericana de Normas Técnicas
 - VI.7.- Comité Consultivo de Normas Asiáticas
 - VI.8.- Congreso de Normalización del Area del Pacífico
-
- VII.1.- Breve Historia
 - VII.2.- Funciones de la DGN
 - VII.3.- Proceso de Elaboración de una Norma Oficial Mexicana

BIBLIOGRAFIA

Texto:

Temas de la materia para los que
se recomienda:

- 1.- "EL CAMINO HACIA EL SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES"
HAEDER, Walter
- 2.- "SEGUNDO CURSO PANAMERICANO DE NORMALIZACION"
D.G.M.-SEPAFIN
- 3.- "NORMALIZACION Y CONTROL DE CALIDAD"
Secretaría de Industria y Comercio
- 4.- "HISTORIA DE LA NORMALIZACION"
FRONTARD, R. Francia
- 5.- "PLAN NACIONAL DE DESARROLLO INDUSTRIAL"
MEXICO-SEPAFIN. 1979-1982
- 6.- "LAS MEDIDAS Y LOS HOMBRES"
WITOLD, Kula (Polonia). 1980. Edt. Siglo XXI
- 7.- "VEINTE AÑOS DE NORMALIZACION PANAMERICANA"
Origen y Desarrollo de COPANT. Argentina. 1981
- 8.- ESTATUTO COPANT
- 9.- "CATALOGO DE NORMAS OFICIALES MEXICANAS"
México. 1980
- 10.- "NEW ZEALAND'S ROLE IN THE INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL
COMMISSION"
- 11.- "STATUTES AND RULES OF PROCEDURE OF THE INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL COMMISSION"
Incorporating Amendments Approved up to the end of 1979
- 12.- "ANUAL REPORT OF THE IEC". 1982
- 13.- "HANDBOOK 1982 OF THE IEC"
- 14.- "BULLETIN NEWS FROM THE IEC"
Volumen XV No. 61. January 1981. Especial Issue

BIBLIOGRAFIA

- | Texto: | Temas de la materia para los que se recomienda: |
|---|---|
| 15.- "EL PAPEL DE LA IEC EN LA REVOLUCION TECNOLOGICA"
Publicación Especial IEC. 1973 | |
| 16.- "JAPANESE STANDARDS ASSOCIATION"
Guide to the Works. USA. 1980 | |
| 17.- "CONSTITUTION ISO". Tenth Ed. 1979 | |
| 18.- "MOMENTO ISO". 1981 | |
| 19.- "CATALOGUE ISO". 1981 | |
| 20.- "REPPORT ANNUAL 1980 OF ISO" | |
| 21.- "THE AIMS AND PRINCIPLES OF STANDARDIZATION"
Published by International Organization for Standardization.
Ed. T.R.B. Sanders. Oct. 1972 | |
| 22.- "ISO/STACO". Aims of Standardization. 1973 | |
| 23.- "NUEVAS DIMENSIONES DE LA NORMALIZACION"
VISUESUARAYA, H.C. del Instituto de Investigación del Cemen-
to de la India. Nueva Delhi | |
| 24.- "COMISION DEL CODEX ALIMENTARIUS"
Manual de Procedimientos. 4a. Edición. 1975 | |
| 25.- "COMISION DEL CODEX ALIMENTARIUS"
CX 7/4 CL 1980/38. Oct. 1980 | |
| 26.- "COMISION INTERNACIONAL PARA UNIFORMIZAR LOS METODOS DE ANALI--
SIS DE AZUCAR"
Constitución y Reglamento Adoptados en la Novena Sesión.
Londres. 1936 | |
| 27.- "SUGAR". Analisis. ICUMSA Methods. 1979 | |
| 28.- "MEASURING SYSTEMS AND STANDARS ORGANIZATIONS"
New-York. ANSI | |

BIBLIOGRAFIA

Texto:

Temas de la materia para los que
se recomienda:

29.- "SIGLAS Y LOGOTIPOS"

International Organization for Standardization

30.- "UNITS OF MEASUREMENT"

ISO-Information Centre

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

Programa de Asignatura

INGENIERIA MECANICA-ELECTRICA

División

INGENIERIA ELECTRICA

Departamento

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA: DISEÑO DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION Y POTENCIA

Clave: _____ Núm. de créditos: 10 Carrera: ING. MECANICO ELECTRICISTA

Duración del curso: semanas: 16 Horas a la semana: Teoría: 4
horas: 64 Prácticas: 2

OBJETIVO DEL CURSO: PROPORCIONAR AL ALUMNO LA TEORIA BASICA SOBRE EL DISEÑO DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION Y DE POTENCIA ASI COMO LAS TECNICAS PARA EL PROCESO DE MANUFACTURA; EL ALUMNO TAMBIEN ESTARA CAPACITADO PARA DETECTAR Y TERMINAR FALLAS EN TRANSFORMADORES Y SUGERIR MODIFICACIONES PARA LOS DISEÑOS EXISTENTES A FIN DE MEJORAR SU EFICIENCIA Y ALARGAR SU VIDA UTIL.

TEMAS

Núm.	Nombre:	Horas:
I.-	INTRODUCCION	
II.-	DISEÑO DEL NUCLEO	
III.-	DISEÑO DE EMBOBINADOS	
IV.-	ANÁLISIS DEL MODELO MATEMÁTICO	
V.-	OBTENCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN	
VI.-	ANÁLISIS TÉRMICO DE OPERACIÓN	
VII.-	DISEÑO MECÁNICO	
VIII.-	DETERMINACIÓN DE ACCESORIOS	
IX.-	PROCESO DE MANUFACTURA	
X.-	PRUEBAS	

OBJETIVOS Y ANTECEDENTES DE LOS TEMAS

- I.- **OBJETIVO:** proporcionar al estudiante los conceptos básicos sobre diseño de transformadores, así como el análisis e interpretación de las especificaciones.
ANTECEDENTES: Electricidad y Magnetismo, Análisis de Circuitos - Eléctricos, Transformadores y Motores de Inducción.
- II.- **OBJETIVO:** proporcionar al estudiante los conocimientos necesarios para que pueda analizar y diseñar el núcleo del transformador.
ANTECEDENTES: Electricidad y Magnetismo, Teoría Electromagnética, Transformadores y Motores de inducción, Ferromagnetismo, Normalización.
- III.- **OBJETIVO:** proporcionar al estudiante los conocimientos necesarios para que pueda analizar y diseñar los embobinados del transformador.
ANTECEDENTES: Electricidad y Magnetismo, Teoría Electromagnética, Materiales Eléctricos y Electrónicos, Transformadores y Motores de Inducción.
- IV.- **OBJETIVO:** proporcionar al estudiante los conocimientos necesarios para que pueda analizar las características electromagnéticas anteriores por medio de un modelo matemático.
ANTECEDENTES: Matemáticas, Electricidad y Magnetismo, Análisis de Circuitos Eléctricos, Teoría Electromagnética, Transformadores y Motores de Inducción.
- V.- **OBJETIVO:** proporcionar al estudiante los conocimientos necesarios para que pueda determinar, analizar e interpretar las características de operación obtenidas del modelo matemático.
ANTECEDENTES: Matemáticas, Dibujo, Computadoras y Programación, Métodos Numéricos, Transformadores y Motores de Inducción.
- VI.- **OBJETIVO:** proporcionar al estudiante los conocimientos básicos necesarios sobre los efectos térmicos en el transformador.
ANTECEDENTES: Física Experimental, Química, Termodinámica, Máquinas Térmicas e Hidráulicas.

OBJETIVOS Y ANTECEDENTES DE LOS TEMAS

VII.- **OBJETIVO:** Proporcionar al estudiante los conocimientos básicos necesarios para que pueda determinar las características mecánicas del transformador.

ANTECEDENTES: Física Experimental, Mecánica, Química, Materiales Eléctricos y Electrónicos, Transformadores y Motores de Inducción, Ferromagnetismo, Normalización, Dibujo.

VIII.- **OBJETIVO:** Proporcionar al estudiante los conocimientos básicos necesarios para que pueda seleccionar los accesorios adecuados al transformador.

ANTECEDENTES: Análisis de Circuitos Eléctricos, Transformadores y Motores de Inducción, Ferromagnetismo, Normalización.

IX.- **OBJETIVO:** Enseñar al estudiante en forma general aspectos diversos sobre el proceso de manufacture de transformadores de distribución y de potencia, así como mostrarle en forma física el proceso de manufacture visitando industrias e institutos de investigación dedicados al diseño de transformadores.

ANTECEDENTES: Transformadores y Motores de Inducción, Capítulos anteriores de este programa de asignatura.

X.- **OBJETIVO:** Capacitar al estudiante para que pueda realizar pruebas normalizadas a prototipos de diseño terminado para comprobar si el producto cumple con las especificaciones y características de diseño.

ANTECEDENTES: Medición e Instrumentación, Transformadores y Motores de Inducción.

CONTENIDO DE LOS TEMAS

- I.1.- Conceptos Básicos Sobre Diseño de Transformadores
- I.2.- Análisis de las Especificaciones

- II.1.- Determinación de la Densidad de Flujo
- II.2.- Determinación de la Sección Transversal
- II.3.- Determinación de las Dimensiones
- II.4.- Cálculo del Factor de Espacio del Cobre

- III.1.- Tipo de Conexión
- III.2.- Determinación de la Polaridad
- III.3.- Tipo de Devanado
- III.4.- Cálculo del Número de Espiras de los Devanados de Alta y Baja Tensión
- III.5.- Determinación de la Tensión por Espira de los Devanados de Alta y Baja
- III.6.- Determinación de la Corriente en los Devanados de Alta y Baja
- III.7.- Cálculo de la Sección Transversal de los Conductores de Alta y Baja
- III.8.- Cálculo de la Longitud de las Espiras de los Devanados de Alta y Baja
- III.9.- Tipo de Conductor

- IV.- Análisis del Modelo Matemático

- V.1.- Total de Amperes-Vueltas
- V.2.- Corriente Magnetizante
- V.3.- Corriente de Pérdidas en el Núcleo
- V.4.- Corriente de Excitación
- V.5.- Por ciento de : Resistencia, Reactancia e Impedancia
- V.6.- Factor de Potencia
- V.7.- Regulación
- V.8.- Pérdidas: Núcleo Total, Carga Dispersa, Cobre Total

CONTENIDO DE LOS TEMAS

- VI.1.- Determinación de Aislamientos Entre Bobinas
- VI.2.- Determinación de Aislamientos Entre Núcleo y Bobinas
- VI.3.- Determinación de Aislamientos Entre Devanados de Alta y Baja Tensión
- VI.4.- Determinación del Tipo de Enfriamiento
- VI.5.- Selección del Refrigerante

- VII.1.- Determinación de las Características del Tanque
- VII.2.- Determinación de las Características de la Base
- VII.3.- Determinación de las Características de los Tubos Radiadores
- VII.4.- Determinación de las Características del Tubo de Escape
- VII.5.- Tipo de Sujeción del Núcleo

- VIII.1.- Determinación de las Características de las Boquillas
- VIII.2.- Determinación de las Características del Derivador
- VIII.3.- Determinación de las Características del Tanque de Expansión
- VIII.4.- Determinación del Tipo de Protección

- IX.1.- Aspectos Diversos Sobre Proceso de Manufactura
- IX.2.- Visitas a Industrias e Institutos de Investigación Dedicados al Diseño de Transformadores de Distribución y de Potencia

- X.1.- Pruebas de Laboratorio

BIBLIOGRAFIA

Texto:

Temas de la materia para los que
se recomienda:

- 1.- "HANDBOOK OF TRANSFORMER STANDARDS"
N.E.M.A., 5 ed., 420 Lexington Ave., New York
- 2.- "THE MODERN MANUFACTURE OF LARGE POWER TRANSFORMERS"
HILL, L.M., Electric Journal, Vol. 24, Abril de 1927
- 3.- "THE ESSENTIALS OF TRANSFORMER PRACTICE"
REED, Emerson G., 2a. Ed., D.VAN Nostrand Co., New York
- 4.- "FUNDAMENTAL PRINCIPLES OF PRESENT-DAY TRANSFORMER DESIGN"
Mc CONAHEY, W.M. and PETERS, J.F., Electrical World, Vol. 69,
Enero 1920
- 5.- "AN INVESTIGATION IN TO THE SECTIONAL PROPORTIONS OF THE CORES
OF CIRCULAR CORE TYPE TRANSFORMERS"
GARRETT, W.B., World Power, vol. 6, Diciembre 1926
- 6.- "NOTES ON TRANSFORMER POLARITY AND CONNECTIONS"
ANCHINCLOSS, John., General Electric Review, Vol. 29, Nov. 1926
- 7.- "PROTECTION OF INTERNAL INSULATION OF A STATIC TRANSFORMER
AGAINST HIGH FREQUENCY STRAINS"
MOODY, W.S., A.I.E.E., Vol. 26
- 8.- "INSULATION AND DESIGN OF ELECTRICAL WINDINGS"
LONGRANS GREEN AND Co., London
- 9.- "ELECTRIC INSULATING OIL"
HARVEY, Dean., Electric Journal, Vol. 25, Feb. y Mar. 1928
- 10.- "MECHANICAL STRESSES IN TRANSFORMERS"
PETERES, J.F., Electric Journal, Vol. 12, Dic. 1915
- 11.- "DISSIPATION OF HEAT FROM SELF-COOLED OIL-FILLED TRANSFORMER
TANKS"
FRANK, J.J. and STEPHENS H.O., A.I.E.E., Vol. 30, 1911

BIBLIOGRAFIA

Texto:

Temas de la materia para los que se recomienda:

- 12.- "COOLING OF TRANSFORMER WINDINGS AFTER SHUT-DOWN"
MONTSINGER, V.M., General Electric Review, Vol. 22, Dic. 1919
- 13.- "DISEÑO DE APARATOS ELECTRICOS"
KUNLMANN, John M., CECSA. 1983
- 14.- "CALCULO INDUSTRIAL DE MAQUINAS ELECTRICAS I Y II"
CORRALES MARTIN, Juan. Marcombo. 1982

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

Programa de Asignatura

INGENIERIA MECANICA-ELECTRICA

INGENIERIA ELECTRICA

División

Departamento

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA: DISEÑO DE MOTORES DE INDUCCION TIPO JAULA DE ARDILLA

Clave: _____ Núm. de créditos: 8 Carrera: ING. MECANICO ELECTRICISTA

Duración del curso: semanas: 16
horas: 64

Horas a la semana: Teoría: 4
Prácticas: 0

OBJETIVO DEL CURSO: PROPORCIONAR AL ESTUDIANTE LOS CONOCIMIENTOS BASICOS
NECESARIOS PARA EL DISEÑO DE MOTORES DE INDUCCION TIPO JAULA DE
ARDILLA

TEMAS

Núm.	Nombre:	Horas:
I.-	DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL ESTATOR	4
II.-	DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL ROTOR	10
III.-	ANALISIS DE MATERIALES ELECTRICOS (CONDUCTORES Y AISLAMIENTOS). DISEÑO DE LOS DEVANADOS DEL ESTATOR	12
IV.-	ANALISIS DEL MODELO MATEMATICO	4
V.-	OBTENCION Y ANALISIS DE LAS CARACTERISTICAS DE DISEÑO EN BASE AL MODELO MATEMATICO	8
VI.-	ANALISIS TERMICO DE OPERACION	8
VII.-	ANALISIS DE MATERIALES MECANICOS. DISEÑO MECANICO DE LA MAQUINA	14
VIII.-	PROCESO DE MANUFACTURA	4
IX.-	PRUEBAS	

OBJETIVOS Y ANTECEDENTES DE LOS TEMAS

- I.- **OBJETIVO:** proporcionar al estudiante los conocimientos necesarios para que pueda analizar y determinar las características del estator
- ANTECEDENTES:** Electricidad y magnetismo, Transformadores y Motores de Inducción, Máquinas Síncronas, Ferromagnetismo, Normalización.
- II.- **OBJETIVO:** proporcionar al estudiante los conocimientos necesarios para que pueda analizar y determinar las características del rotor
- ANTECEDENTES:** Electricidad y Magnetismo, Transformadores Y Motores de Inducción, Ferromagnetismo, Normalización.
- III.- **OBJETIVO:** capacitar al estudiante en el análisis y selección de conductores eléctricos y aislamientos, así como en el diseño de los diferentes tipos de devanados para el estator
- ANTECEDENTES:** Análisis de Circuitos Eléctricos, Transformadores y motores de inducción, máquinas Síncronas
- IV.- **OBJETIVO:** proporcionar al estudiante los conocimientos necesarios para que pueda analizar las características electromagnéticas anteriores por medio de un modelo matemático
- ANTECEDENTES:** Matemáticas, electricidad y magnetismo, Análisis de Circuitos Eléctricos, transformadores y motores de inducción, Máquinas Síncronas
- V.- **OBJETIVO:** proporcionar al estudiante los conocimientos necesarios para que pueda determinar, analizar e interpretar las características de diseño obtenidas del modelo matemático
- ANTECEDENTES:** Matemáticas, Computadoras y Programación, Métodos numéricos, Electricidad y Magnetismo, Análisis de Circuitos Eléctricos, transformadores y motores de inducción, máquinas Síncronas, dibujo
- VI.- **OBJETIVO:** proporcionar al estudiante los conocimientos básicos necesarios sobre disipación de calor en materiales aislantes, así como de enfriamiento por medio de ventilación
- ANTECEDENTES:** Física Experimental, Química, Termodinámica, Máquinas Térmicas e Hidráulicas

OBJETIVOS Y ANTECEDENTES DE LOS TEMAS

VII.- **OBJETIVO:** capacitar al estudiante en el análisis y selección de materiales mecánicos, así como en el diseño mecánico del estator, del rotor y accesorios de la máquina

ANTECEDENTES: Química, Materiales Eléctricos y Electrónicos, Mecánica, Matemáticas, Diseño de Elementos de Máquinas, Transformadores y Motores de Inducción, Máquinas Síncronas, Dibujo

VIII.- **OBJETIVO:** enseñar al estudiante en forma general aspectos diversos sobre el proceso de manufactura de motores eléctricos de inducción tipo jaula de ardilla, así como también mostrar en forma física el proceso de manufactura visitando industrias e institutos de investigación dedicados al diseño de este tipo de equipo eléctrico

ANTECEDENTES: Transformadores y Motores de Inducción, Capítulos anteriores de este programa de asignatura

IX.- **OBJETIVO:** capacitar al estudiante para que pueda realizar pruebas normalizadas a prototipos de diseño terminado para comprobar si el producto cumple con las especificaciones y características de diseño

ANTECEDENTES: Medición e Instrumentación, Laboratorio de Transformadores y Motores de Inducción

CONTENIDO DE LOS TEMAS

- I.1.- Determinación de los Diametros Interior y Exterior
- I.2.- Determinación del Número de Ranuras
- I.3.- Determinación del Volumen Magnético
- I.4.- Determinación del Tipo de Ranuras

- II.1.- Longitud del Entrehierro
- II.2.- Determinación de los Diametros Interior y Exterior
- II.3.- Determinación del Número de Ranuras
- II.4.- Dimensiones y Tipo de las Ranuras
- II.5.- Tipo y Dimensiones de las Barras
- II.6.- Tipo y Dimensiones de los Anillos de Corto-Circuito

- III.1.- Análisis de Materiales Eléctricos
- III.2.- Tipo de Conexión
- III.3.- Tipo de Devanado
- III.4.- Determinación de los Factores de Paso y de Distribución
- III.5.- Determinación de Conductores
- III.6.- Determinación del Flujo Producido
- III.7.- Verificación de los Cálculos Anteriores, que Cumplan con las Especificaciones

- IV.- Análisis del Modelo Matemático

- V.1.- Resistencia Total por Fase. Reactancia Total por Fase
- V.2.- Factor de potencia en C-C. Corrientes en C-C
- V.3.- Pérdidas del Estator en Vacío. Pérdidas por Fricción y Ventilación
- V.4.- Corriente Magnetizante. Corriente en Vacío
- V.5.- Factor de Potencia en Vacío
- V.6.- Corriente a Plena Carga
- V.7.- Deslizamiento a Plena Carga
- V.8.- Velocidad a Plena Carga
- V.9.- Par a Plena Carga. Par de Arranque. Par Máximo
- V.10.- Eficiencia y Factor de Potencia a Plena Carga

CONTENIDO DE LOS TEMAS

- VI.1.- Disipación de Calor
- VI.2.- Ventilación

- VII.1.- Análisis de Materiales Mecánicos
- VII.2.- Determinación de las Características Mecánicas del Estator
 - 2.1.- Determinación del tamaño de la carcasa
 - 2.2.- Determinación del tamaño de la base
 - 2.3.- Determinación de las dimensiones de los tepes
 - 2.4.- Determinación de las características de la caja para rodamientos
 - 2.5.- Determinación de las características de la caja de conexiones
- VII.3.- Determinación de las Características mecánicas del Motor
 - 3.1.- Determinación de la flecha
 - 3.2.- Diseño del ventilador
 - 3.3.- Selección de los rodamientos
 - 3.4.- Estudio mecánico sobre balanceo dinámico

- VIII.1.- Aspectos Diversos Sobre Procesos de Manufactura
- VIII.2.- Visitas a Industrias e Institutos de Investigación Dedicados al Diseño de Motores de Inducción Tipo Jaula de Ardilla

- IX.- Pruebas de Laboratorio

BIBLIOGRAFIA

Texto:

Temas de la materia para los que se recomienda:

- 1.- "SYNCHRONOUS MOTOR EFFECTS IN INDUCTION MACHINES"
DREESE, E.E. A.I.E.E., Vol. 49, Julio 1930
- 2.- "INDUCTION MOTOR SLOT COMBINATION"
KRON, G. A.I.E.E., Vol. 50, Junio 1931
- 3.- "DEAD POINTS IN SQUIRREL-CAGE MOTORS"
GRAHAM, Q. A.I.E.E., Vol. 59, 1940
- 4.- "HARMONIC THEORY OF NOISE IN INDUCTION MOTORS"
MURRIL, W.J. A.I.E.E., Vol. 59, 1940
- 5.- "ELECTRIC MACHINERY". Vol. II
LIESVTSCHITZ-GARIK AND WIPPLE. D. Van Nostrand Co. New York
- 6.- "TURNS AND PHASES IN SQUIRREL-CAGE WINDINGS", Bulletin 5
Engineering Experiment Station, University Of Minnesota
CORCOHAN, u.F. and REED, H.R.
- 7.- "THE DEVELOPMENT OF LOW STARTING CURRENT INDUCTION MOTORS"
ALGER, P.L. General Electric Review, Vol. 28, Julio 1925
- 8.- "INDUCTION MOTOR RESISTANCE RING WIDTH"
TRICKEY, P.H. Electrical Engineering, Febrero 1936
- 9.- "INDUCTION MOTOR LOCKED SATURATION CURVES"
NORMAN, H.M. Electrical engineering, Abril 1943
- 10.- "ASYNCHRONOUS MOTOR WITH SQUIRREL-CAGE ARMATURE FOR HIGH STARTING TORQUE AND LOW STARTING CURRENT"
LIWSCHITZ, M. Siemens Zeitschrift, Febrero 1925
- 11.- "CONNECTING INDUCTION MOTORS"
DUDLEY, M. Mc Graw Hill. New York
- 12.- "THEORETICAL ELEMENTS OF ELECTRICAL ENGINEERING"
STEINMETZ, C.P. Mc Graw Hill. New York
- 13.- "DISEÑO DE APARATOS ELECTRICOS"
KUHLMANN, John H. CECSA. 1983
- 14.- "CALCULO INDUSTRIAL DE MAQUINAS ELECTRICAS I Y II"
CORRALES MARTIN, Juan. Marcombo. 1982
- 15.- "NORMA OFICIAL MEXICANA" NOM-J-75-1977 (CONDNIE 1.1-1-1971)
Calidad, Funcionamiento y Métodos de Prueba Para Motores de Inducción de C.A., del Tipo de Motor en Circuito-Lortn o de Jaula

CAPITULO V

LA IMPORTANCIA DE LOS LABORATORIOS EN LAS ASIGNATURAS SOBRE DISEÑO

1.- Comentario.- Los laboratorios en las asignaturas sobre Diseño de Equipo Eléctrico tienen por objeto habilitar a los alumnos en las pruebas finales del proceso de diseño, mismas que frecuentemente conviene repetir, en el área de instalación del equipo, antes de ponerlo en operación. La forma en que el ingeniero tendrá que efectuar estas pruebas será repitiendo fielmente las prácticas de laboratorio que se le presentaron durante su aprendizaje. Representa uno de los aspectos prácticos más importantes y por tanto útiles en lo que se refiere a la preparación escolar, hacia una aplicación inmediata. Así, al comenzar a ejercer, el recién egresado generalmente pasa por un período de entrenamiento para familiarizarse con los sistemas que tendrá que manejar, y este período puede ser más corto cuando se de pruebas de equipo.

Todas las prácticas que se desarrollan en estos laboratorios están basadas en Normas de Pruebas Nacionales e Internacionales, que fijan los requerimientos mínimos que debe satisfacer un equipo acabado de ser diseñado. Ya que no se puede confiar únicamente en el diseño, sino que tiene que recurrir a ciertas pruebas aplicadas al producto para comprobar que el equipo cumple con las especificaciones dadas durante el proceso del diseño; que sea seguro, eficiente y confiable para que garantice poder trabajar al menos durante toda su vida útil estimada.

La enseñanza de estos laboratorios es recomendable en pequeños grupos. El número de los alumnos que constituye un grupo de prueba debe ser adecuado para que cada uno tome parte cuando menos en una de las actividades de preparación y desarrollo, como puede ser selección de instrumentos, conexión de los mismos y del equipo, control de la energía de prueba, lectura de instrumentos, etc. La mayor parte de estas habilidades deben haberse adquirido en materias y laboratorios precedentes, de manera que no es el aspecto fundamental de es

tos laboratorios.

Lo verdaderamente importante es que cada uno de los alumnos, en forma individual, analice los resultados de la prueba y este citado para dar su opinión respecto al estado del equipo. Igualmente, si la prueba no ha resultado satisfactoria debe razonar sobre las causas de la falla que se pudo originar durante el diseño y/o fabricación y hacer las recomendaciones pertinentes para las medidas de corrección.

2.- Laboratorio de Ferromagnetismo

Para el laboratorio de ferromagnetismo las prácticas se dividieron en dos partes; la primera son pruebas de laboratorio, son aquellas que por contenido y desarrollo son posible realizar en el laboratorio de la escuela, y la segunda parte que la hemos denominado prácticas industriales, son aquellas que para poder desarrollarlas se requiere de material y equipo especializado que dificilmente se puede tener en la escuela, que solamente lo tienen en la industria e institutos de investigación dedicados al diseño de equipo eléctrico y por lo tanto para poder apreciar el desarrollo de estas pruebas es indispensable visitar dichos lugares. A continuación mencionamos las pruebas propuestas para este laboratorio:

1.- PRUEBAS DE LABORATORIO

- 1.1.- Diseño de Pruebas (Pruebas A.S.T.M. y Pruebas Epstein).
- 1.2.- Curva de Histéresis
- 1.3.- Comportamiento con la Frecuencia. Corriente Directa.
- 1.4.- Pérdidas de Histéresis y de Eddy
- 1.5.- Evaluación de Laminas de Acero o de Toroides

2.- PRACTICAS INDUSTRIALES

- 2.1.- Pruebas de Microestructura
- 2.2.- Tratamiento Térmico del Producto
- 2.3.- Recocido del Núcleo (Transformadores)
- 2.4.- Recocido de las Piezas Troqueladas (Motores).

3.- Laboratorio de Diseño de Transformadores de Distribución y de Potencia

Cuando se diseñan y fabrican transformadores en una línea de un número grande de unidades iguales, el control de calidad del producto debe establecer las pruebas que se llevarán a cabo, en base a la clasificación que establecen las normas y mediante un acuerdo con el comprador. Algunos aspectos por verificar podrían limitarse a una sola unidad, la cual se considera representativa del conjunto, y que se denomina prototipo. Otros, en cambio será necesario verificarlos en todas y cada una de las unidades de producción y por último, algunas pruebas se harán sólo a petición del cliente. De aquí las pruebas se clasifican en:

- Pruebas Prototipo; Son las efectuadas a un transformador que es representativo en toda una línea de producción, para demostrar que todas las unidades de la línea cumplen los requisitos especificados no cubiertos en las pruebas de rutina. Sin embargo, el prototipo debe pasar también las pruebas de rutina para su aceptación.
- Pruebas de Rutina; son las que se deben aplicar a todas y cada una de las unidades de producción.
- Pruebas Opcionales; son pruebas establecidas por las normas y que se efectuarán sólo a petición del comprador con objeto de verificar características específicas del equipo.

La lista anterior muestra la totalidad de pruebas específicas en la Norma, sin embargo, el comprador puede contratar con el fabricante cuales son las que desea que se efectuen, con lo que tenemos otros dos grupos en la clasificación.

- Pruebas de Aceptación; son aquellas que demuestran a satisfacción del comprador, que el transformador cumple con las especificaciones.
- Pruebas Especiales; son pruebas distintas a las de rutina y prototipo, acordadas entre el fabricante y el com-

prador, aplicables unicamente a uno o más transformadores de un contrato particular. Este caso puede presentarse principalmente en productos de exportación, en que el comprador solicite las pruebas según normas vigentes en su país.

El artículo anterior fué tomado del libro: "Pruebas de Equipo Eléctrico". Ing. Victor Pérez Amador Barrón. Edit. Limusa. 1981. En donde se explican las principales pruebas que presentan las Normas Oficiales Mexicanas para transformadores de distribución y de potencia, incluyendo en algunos casos justificaciones o complementos sobre teoría de transformadores.

Al final de la explicación de cada prueba se presenta una -- guía de desarrollo de tal manera que el alumno que esta aprendiendo a efectuarlas encuentra paso cómo se llevan a cabo.

A continuación mencionaremos las pruebas que no son tratadas en dicho libro y que estan incluidas en el artículo anterior; tales pruebas pueden ser desarrolladas en el presente laboratorio, y que además servirán como un buen complemento al laboratorio de transformadores y motores de inducción, en el aspecto de pruebas de control de calidad para el proceso de diseño y fabricación de transformadores de distribución y de potencia.

Solamente nos concretamos a mencionar estas pruebas y a dar los nombres y claves de las normas que tratan detalladamente su desarrollo, ya que el objetivo del presente trabajo es otro.

- Características de los componentes
- Características físicas del conjunto
- Hermeticidad
- Vacío
- Operación y calibración de los accesorios
- Factor de potencia del aceite
- Factor de potencia de los aislamientos
- Nivel de ruido
- Pérdidas, corrientes de excitación e impedancia a tensiones, cargas o frecuencias distintas de las nominales.

- Elevación de temperatura a capacidades distintas de las nominales.

PRUEBAS	Distribución.			Potencia		
	PROTOTIPO	DE RUTINA	OPCIONALES	PROTOTIPO	DE RUTINA	OPCIONALES
Características de los componentes	X			X		
Características físicas del conjunto		X			X	
Resistencia óhmica	X			X		
Resistencia de los aislamientos		X			X	
Relación de Transformación		X			X	
Polaridad o secuencia de fases		X			X	
Pérdidas de excitación		X			X	
Corrientes de excitación		X			X	
Pérdidas de carga		X			X	
Impedancia		X			X	
Elevación de temperatura	X			X		
Rigidez dieléctrica del aceite		X			X	
Potencial aplicado		X			X	
Potencial inducido		X			X	
Impulso (Δ)	X		X	X		X
Heraesticidad		X			X	
Vacío				X		
Operación y calibración de los accesorios		X			X	
Factor de potencia del aceite		X			X	
Factor de potencia de los aislamientos			X		X	
Nivel de ruido			X			X
Pérdidas, corriente de excitación e impedancia a tensiones, cargas o frecuencias distintas de las nominales.			X			X
Elevación de temperatura a capacidades distintas de las nominales			X			X

(Δ) Las pruebas de impulso se deben hacer solamente a solicitud del comprador y en los devanados que se especifique, ya sea como prueba de prototipo o prueba opcional.

4.- Laboratorio de Diseño de Motores de Inducción Tipo Jaula de Ardilla

En el caso del laboratorio para la asignatura de diseño de - motores de inducción tipo jaula de ardilla, todas las pruebas que contiene la Norma Oficial Mexicana NOM-J-75-1977 (CONNIE 1.1-1-12 71) Calidad, Funcionamiento y Métodos de Prueba para motores de inducción de C.A., del tipo de rotor en circuito-corto o de jaula; - son tratadas en el libro: "Pruebas de Equipo Eléctrico 2". Ing. -- Víctor Pérez Amador. tdt. Limusa. 1983., y que se lleven a cabo en el laboratorio de transformadores y motores de inducción. Razón por la cual consideramos que para el presente laboratorio no tiene caso desarrollar las pruebas que menciona la norma anterior, ya resultaría una repetición del laboratorio de transformadores y motores de inducción.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- Conclusiones

a).- El nivel tecnológico del equipo eléctrico producido en el país es sensiblemente más bajo que el de los países con un grado de desarrollo superior al nuestro.

b).- El equipo eléctrico nacional no tiene, actualmente, posibilidades de competir con éxito en el mercado internacional.

c).- En el área de diseño, las actividades van desde la simple especificación del producto por analogía con productos ya existentes, hasta el diseño por computadora (muy pocos casos); la construcción de prototipos para ajustes al diseño original, no es una práctica generalizada.

d).- Existe la carencia de los laboratorios de pruebas, que impide la realización de pruebas normalizadas sin lo cual la calidad del producto no tiene garantía alguna.

e).- En el aspecto tecnológico se intenta enfatizar que las tecnologías utilizadas en México para la planeación, diseño del producto, control de operaciones y evaluación de resultados, entre otras, no son las adecuadas para asegurar, razonablemente los resultados esperados.

f).- México cuenta ya con profesionales capacitados en técnicas modernas como la investigación de operaciones en todas sus ramas, informática, etc., mayoritariamente ubicados en las Instituciones de Educación Superior e Institutos de Investigación pero, salvo algunos contactos aislados, la desvinculación entre esos centros y el sector productivo, es casi total; las consecuencias son obvias: o se impone tecnología (a veces inadecuada y obsoleta) o se continúa en una operación sin planeación y control y, lo que es peor, sin posibilidades de optimización.

g).- Actualmente en México se está desarrollando la investigación en torno a los materiales empleados en la fabricación de equipo eléctrico, teniéndose resultados que permiten apoyar técnicamente la

sustitución de ciertas importaciones.

2.- Recomendaciones

a).- Optimización de los métodos de diseño. Utilización de materiales de calidad adecuada. Optimización de proceso, equipos, herremental y aditamentos para la manufactura y pruebas. Por tratarse de actividades de optimización, es necesario analizar, exhaustivamente, las necesidades internas del país, las posibilidades de exportación, la disponibilidad presente o futura de materias primas y partes nacionales para el diseño propuesto, los recursos humanos requeridos en todos los niveles del proceso productivo; todo esto para plantear distintas opciones de solución.

b).- Incrementar las productividades promedio, así como utilización de maquinaria y equipo idóneo para el proceso, y un buen factor de utilización de las instalaciones. Es conveniente analizar la situación actual (individualmente y como conjunto) con criterio técnico-económico, para determinar los ajustes necesarios que propicien mejores resultados. Es de vital importancia disminuir los tiempos muertos en el proceso productivo. La programación coordinada de los componentes desde la llegada de las materias primas hasta el ensamble final, puede ser mejorada con técnicas que van desde el cronograma hasta las derivadas de la investigación de operaciones.

c).- Reforzar la campaña que, para el fomento de la calidad, esta realizando la Dirección General de Normas.

d).- Optimizar en el uso de laboratorios de pruebas existentes en el país, y crear los necesarios para que el equipo eléctrico manufacturado, parcial o totalmente en México, sea probado conforme a las normas vigentes.

e).- Desarrollar programas de optimización de diseños por medio de Institutos de Investigación e Institutos de Educación Superior, para ofrecerlos a la industria.

f).- Incluir en los currícula de Ingeniería, la normalización y optimización de diseños. Esto implica que los profesionales dedicados a la enseñanza deben de estar en contacto periódico con los -

centros productivos, lo cual es perfectamente factible si se aprovecha mejor la descarga académica y los años sabáticos.

Complementariamente los proyectos terminales o tesis profesionales deben estar más ubicados dentro de la realidad nacional, lo cual les daría un mayor contenido social.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- "PRODUCTION OF DISTRIBUTION TRANSFORMERS IN DEVELOPING COUNTRIES UNIDO, NEW YORK. 1970.
- 2.- "ESTUDIO ECONOMICO COMPARATIVO DEL COSTO DE LOS INSUMOS DE LOS TRANSFORMADORES DE PRODUCCION NACIONAL EN RELACION A EXTRANJEROS". Asociación Nacional de Fabricantes de Transformadores Eléctricos, A.C. México, D.F. 1979.
- 3.- "ANALISIS DE LOS IMPACTOS QUE CAUSAN LAS VARIACIONES DE PARAMETROS DE DISEÑO EN EL COSTO DE UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION". ACOSTA ARADILLAS, Juan. Boletín I.I.E. 1978, Vol. 2, No. 5
- 4.- "FEASIBILITY STUDY ON THE MANUFACTURE OF POWER TRANSFORMER IN MEXICO". SWAYAMBU, S. 1974.
- 5.- "ESTUDIO DE MERCADO SOBRE TRANSFORMADORES DE POTENCIA EN MEXICO". NAFINSA. México. 1976.
- 6.- "DEMANDA DE BIENES DE CAPITAL DEL SECTOR ELECTRICO PARA EL PERIODO 1978-1986". NAFINSA. México. 1978
- 7.- "MEXICO: UNA ESTRATEGIA PARA EL DESARROLLO DE BIENES DE CAPITAL". NAFINSA-ONUDI. México. 1977
- 8.- "ESTUDIO COMPARATIVO SOBRE INDICES PARA AJUSTES DE PRECIOS DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA, NACIONALES E IMPORTADOS". GONZALEZ ALFARO, J. Subgerencia de Evaluación y Estudios Económicos, Depto. de Estudios de Bienes de Capital. Comisión Federal de Electricidad. México. 1981
- 9.- "BOLETINES DE INFORMACION TECNICA DE FABRICANTES NACIONALES DE MOTORES Y DE MATERIAS PRIMAS".
- 10.- "BOLETINES DE INFORMACION TECNICA DE FABRICANTES EXTRANJEROS DE MOTORES Y DE MATERIAS PRIMAS".
- 11.- "DIRECTORIO DE EMPRESAS CANAME 1981".
- 12.- "CATALOGO DE FABRICANTES DE MOTORES, GENERADORES Y MOTORREDUCTORES ELECTRICOS". CANAME. 1983

- 13.- "INFORMACION DEL DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS ECONOMICOS DE CA-
NAME".
- 14.- "INDUSTRIA DATA 1980-1981"
- 15.- "THE INTEGRAL- HORSE POWER AC ELECTRIC MOTOR 1890-1980".
WOLL, R.F. Westinghouse Electric Corporation, Bufelo, N.Y.
- 16.- "INTRODUCTION TO DESING". ASIMOW, Morris. Prentice Hall. -
1962.
- 17.- "CREATIVE SYNTHESIS IN DESING". ALGER, John. Prentice-Hall,
1964
- 18.- "INTRODUCCION A LA INGENIERIA Y AL DISEÑO EN LA INGENIERIA"
KRICK, Edward. Limusa. 1970.
- 19.- "CURSO SOBRE FORMACION DE INSTRUCTORES EN NORMALIZACION IN-
TEGRAL". Depto. de Normalización. DGN. México, D.F. 1979.
- 20.- "PROYECTO DE ASIGNATURA EN TEMAS SELECTOS PARA LA INGENIE-
RIA MECANICA ELECTRICA". SANCHEZ MICHACA, Eduardo J. Tesis
Profesional. Facultad de Ingenieria U.N.A.M. 1984.
- 21.- "EL INGENIERO EN EL DISEÑO DE MANUFACTURAS ELECTRICAS". PA
DILLA GONZALEZ, Luis Alfonso. Ponencia Presentada en la 1a.
Mesa redonda, El Perfil del Ingeniero Electricista. ESIME.
9-II-1984.
- 22.- "HANDBOOK OF TRANSFORMER STANDARS". National Electric Manu-
facturers Association. 1978
- 23.- "FUNDAMENTAL PRINCIPLES OF PRESENT-DAY TRANSFORMER DESING".
Mc CONAMEY, W.M. and Peters, J.F. Electrical World, Vol.69
Enero 20, 1917
- 24.- "DISEÑO DE APARATOS ELECTRICOS". KUHLMANN, John. CECSA.1983
- 25.- "PRUEBAS DE EQUIPO ELECTRICO". PEREZ AMADOR, Victor. Limusa
1981.
- 26.- "CALCULO INDUSTRIAL DE MAQUINAS ELECTRICAS I Y II". CORRALES
MARTIN, Juan. Mercombo. 1982.
- 27.- "PRUEBAS DE EQUIPO ELECTRICO 2". PEREZ AMADOR, Victor. Limu
sa. 1983.

- 28.- "DISEÑO Y FABRICACION DE EQUIPO ELECTRICO". DECFI U.N.A.M. Octubre 1983.
- 29.- "MOTORES ELECTRICOS PARA LA INDUSTRIA". DECFI. U.N.A.M. Noviembre-Diciembre 1983.
- 30.- "NORMALIZACION TECNICA". DECFI. U.N.A.M. Mayo 1984.
- 31.- "MATERIALES PARA INGENIERIA". VAN VLACK. CECSA. 1981.
- 32.- "ORGANIZACION ACADEMICA 1983/84". Facultad de Ingenieria. - Universidad Nacional Autónoma de México.
- 33.- "NORMAS A.S.T.M." (American Society for Testing of Materials).
- 34.- "PROPERTIES AND TESTING OF MAGNETIC MATERIALS". Mc Graw - Hill, Book Co. New York.
- 35.- "NORMAS N.E.M.A." (National Electric Manufacturers Association).
- 36.- "NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-J-169". (CCONNIE 2-1-3) Métodos de Prueba. Transformadores de Distribución y de Potencia. Mayo de 1978.
- 37.- "NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-J-116". (CCONNIE 2-1-1) Transformadores de Distribución. Julio 1971.
- 38.- "NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-J-284". (CCONNIE 2-1-2) Transformadores de Potencia. Octubre 1975
- 39.- "NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-J-123". (CCONNIE 3-8-1) Aceite aislante no inhibido para transformadores. Abril 1974.
- 40.- "NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-J-335". (CCONNIE 13-3) Medición de descargas parciales. Junio de 1978.
- 41.- "NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-J-/5-1977". (CCONNIE 1.1-1-1971) Calidad, Funcionamiento y Métodos de Prueba para Motores - de Inducción de C.A., del tipo de Rotor en Circuito-Corto o de Jaula.
- 42.- IEEE. NORMA 112-A-Sept. 1964. "TEST OF PROCEDURE FOR POLY-PHASE INDUCTION MOTORS AND GENERATORS".