



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

PUESTA EN MARCHA DE MOTORES DIDACTA ITALIA

“PROGRAMA OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE SEÑALES ELÉCTRICAS EN EQUIPOS DE MEDICIÓN Y ESQUEMATIZACIÓN DE MÉTODO PARA LA GENERACIÓN DE CONTROLADORES DE ARRANQUE SUAVE Y ARRANCADORES POR MEDIO DE FPGA PARA EQUIPO DIDACTA ITALIA PARA LIME IV DE INGENIERÍA DEL PIAPI 1861”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A:

OSVALDO SOLIS PEREZ

ASESOR : ING. ÁNGEL ISAÍAS LIMA GÓMEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2020



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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 esta 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.



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
SECRETARÍA GENERAL  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

**ASUNTO: VOTO APROBATORIO**

**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTÁZAR FIGUEROA  
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales  
de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis**

**Puesta en marcha de motores DIDACTA ITALIA  
Programa obtención y análisis de señales eléctricas en equipos de medición y esquematización de método para la generación de controladores de arranque suave y arrancadores para medio de FPGA para equipo DIDACTA ITALIA para lime IV de ingeniería del PIAPI 1861**

Que presenta el pasante: **OSVALDO SOLIS PEREZ**  
Con número de cuenta: **41401438-7** para obtener el Título de la carrera: **Ingeniería Mecánica Eléctrica**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 30 de agosto de 2019.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	M. en I. Jaime Fuentes Sánchez	
<b>VOCAL</b>	M. en A. Diana Fabiola Arce Zaragoza	
<b>SECRETARIO</b>	Ing. Ángel Isaias Lima Gómez	
<b>1er. SUPLENTE</b>	Ing. Fernando Fierro Téllez	
<b>2do. SUPLENTE</b>	M. en I. César Sinhué Moreno Varela	

NOTA: los sindicales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

LMCF/evg

Quien lea y sepa que fue parte de este proceso junto a mí, quiero agradecer y aunque las palabras en comparación a las acciones de su apoyo, de sus gestos de soporte y de sus actos de comprensión, son insignificantes a mis palabras, quiero que este trabajo cree un precedente y un recordatorio de la influencia que han ejercido en mí y que son parte de la persona que soy. Esto es para mi madre, padre, asesor, amigos universitarios y a la misma FESC.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
MARCO TEÓRICO.....	2
OBJETIVOS DEL TRABAJO .....	2
METODOLOGÍA POR EMPLEAR .....	2
SEGURIDAD .....	3
REGLAS DE SEGURIDAD.....	4
CONSECUENCIAS DEL MAL MANEJO DE LOS EQUIPOS.....	5
EL CHOQUE ELÉCTRICO .....	5
QUEMADURAS POR SOBRECALENTAMIENTO.....	6
LESIONES POR CAUSAS MECÁNICAS .....	6
TEORIA DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS.....	7
CLASIFICACIÓN .....	7
PARTES PRINCIPALES DE UNA MÁQUINA ROTATIVA.....	8
MOTOR ASÍNCRONO .....	9
ARRANQUE DE MOTORES DE INDUCCIÓN DE ANILLOS .....	9
MÁQUINA SÍNCRONA.....	10
LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR SÍNCRONO .....	10
ARRANQUE DE MOTORES SÍNCRONOS.....	10
MOTORES DE CD .....	11
ARRANQUE DE LOS MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA.....	11
DEVANADOS PRINCIPALES DE UN MOTOR DE CD.....	11
EFICIENCIA Y POTENCIA DE UN MOTOR .....	12
DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DIDACTA ITALIA .....	14
Módulos de soporte para el apoyo y la fijación de las máquinas eléctricas.....	14
SUD10D grupo dinamométrico universal.....	15
D00210 - Embrague electromagnético universal.....	16
MODULOS DE ALIMENTACIÓN.....	16
D01234 - alimentador corriente alterna .....	17
D01233 - Alimentador de corriente continua .....	21
MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTANTES EN VERSIÓN DIDÁCTICA .....	26
D00208 - Motor asíncrono trifásico de anillos.....	26

D00206NT - Máquina síncrona trifásica reversible .....	27
D01236 - Máquinas de corriente continua reversible .....	29
D00205NT - Máquina de corriente continua reversible .....	30
ACCESORIOS Y COMPLEMENTOS DE LABORATORIO .....	32
D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona .....	32
D00429 - Reóstato para maquina asíncrona D00208 - Regulación de escalón .....	32
D00426 - Reóstato de arranque para motores de C.C.....	33
Módulo de interruptor de paso de dos vías.....	33
Embragues de acoplamiento.....	34
D00221NTB - Carga óhmica .....	34
D00220NTB - Carga capacitiva .....	34
D00222NTB - Carga inductiva.....	34
D00225 - Transformador trifásico .....	35
PUESTA EN MARCHA PARA MOTORES DIDACTA ITALIA .....	36
CONDICIONES PARA PONER EN MARCHA UN EQUIPO ELÉCTRICO .....	36
ADECUACIÓN DEL ESPACIO Y LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA NECESARIA PARA ALIMENTAR EL EQUIPO ELÉCTRICO .....	36
D00208 - MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ANILLOS.....	38
D00206NT - MAQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE .....	45
D01236 - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE (DERIVACIÓN) .....	54
D01236 - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE (COMPUESTO).....	61
D01236 - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE (SERIE).....	66
GENERADOR D00206NT - MAQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE.....	71
GENERADOR D00205NT - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE (EXCITACIÓN INDEPENDIENTE) .....	77
GENERADOR D00205NT - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE (GENERADOR AUTOEXCITADO CON CAMPO DERIVACION).....	81
GENERADOR D00205NT - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE (GENERADOR AUTOEXCITADO CON CAMPO COMPUESTO) .....	84
CONCLUSIÓN .....	86
BIBLIOGRAFÍA.....	87

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>FIGURA 1-1.</b> EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LAS CORRIENTES ELÉCTRICAS. WILDI T. Y DE VITO M. (1987). EXTRAÍDO DE EXPERIMENTOS CON EQUIPO ELÉCTRICO.....	5
<b>FIGURA 2-2.</b> ASPECTOS CONSTRUCTIVOS DE UNA MÁQUINA ELÉCTRICA. FRAILE MORA J. (2003) EXTRAÍDO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS. ....	8
<b>FIGURA 2-3.</b> REPRESENTACIÓN DE LOS DEVANADOS PRINCIPALES EN MOTORES DE C-D CON DISTINTIVO DE LOS DEVANADOS CON COLORES; DEVANADO DE ARMADURA(NEGRO), DEVANADO DE CAMPO SERIE(ROJO), DEVANADO DE CAMPO DERIVACIÓN (AZUL).....	12
<b>FIGURA 3-1.</b> EQUIPOS DIDACTA ITALIA .....	14
<b>FIGURA 3-2.</b> GRUPO DINAMOMÉTRICO UNIVERSAL CON DINAMO-FRENO CON ARMAZÓN OSCILANTE Y DINAMÓMETRO DE LECTURA DIRECTA - SUD10D .....	15
<b>FIGURA 3-3.</b> EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO UNIVERSAL - D00210 .....	16
<b>FIGURA 3-4.</b> REPRESENTACIÓN FRONTAL DEL ALIMENTADOR DE CORRIENTE ALTERNA D01234.....	17
<b>FIGURA 3-5.</b> FOTOGRAFÍA FRONTAL DEL ALIMENTADOR DE CORRIENTE ALTERNA D01234.....	18
<b>DIAGRAMA ILUSTRATIVO 1-1.</b> ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA FUENTE D01234 - ALIMENTADOR CORRIENTE ALTERNA. CADE SIMU (VERSIÓN 3)[SOFTWARE] .....	19
<b>FIGURA 3-6.</b> REPRESENTACIÓN TRASERA DEL ALIMENTADOR DE CORRIENTE ALTERNA D01234 CON SUS RESPECTIVOS VALORES Y DESIGNACIÓN PARA CADA FUSIBLE CILÍNDRICO DE PORCELANA PARA LA FIGURA A Y B. ....	20
<b>FIGURA 3-7.</b> REPRESENTACIÓN FRONTAL DEL ALIMENTADOR CORRIENTE CONTINUA <b>D01233</b> .....	22
<b>FIGURA 3-8.</b> FOTOGRAFÍA FRONTAL DEL ALIMENTADOR DE CORRIENTE CONTINUA <b>D01233</b> . ....	22
<b>DIAGRAMA ILUSTRATIVO 1-2.</b> ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA FUENTE D01233 - ALIMENTADOR DE CORRIENTE CONTINÚA. CADE SIMU (VERSIÓN 3)[SOFTWARE. ....	24
<b>FIGURA 3-9</b> REPRESENTACIÓN TRASERA DEL ALIMENTADOR DE CORRIENTE CONTINUA D01233 CON SUS RESPECTIVOS VALORES Y DESIGNACIÓN PARA CADA FUSIBLE CILÍNDRICO DE PORCELANA. ....	25
<b>FIGURA 3-10.</b> MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ANILLOS - D00208. ....	26
<b>FIGURA 3-11.</b> REPRESENTACIÓN DE PANEL DE BORNES DEL <b>D00208 - MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ANILLOS</b> .. .....	27
<b>FIGURA 3-12.</b> MAQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE - D00206NT .....	28
<b>FIGURA 3-13.</b> REPRESENTACIÓN DE PANEL DE BORNES DE <b>D00206NT - MAQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE</b> .....	28
<b>FIGURA 3-14.</b> MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE - D01236. ....	29
<b>FIGURA 3-15.</b> REPRESENTACIÓN DE PANEL DE BORNES DE D01236 - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE .....	30
<b>FIGURA 3-16.</b> MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE D00205NT. ....	31
<b>FIGURA 3-17.</b> REPRESENTACIÓN DE PANEL DE BORNES DE D00205NT - MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE. ....	31
<b>FIGURA 3-18.</b> REPRESENTACIÓN DEL REÓSTATO TOROIDAL DE EXCITACIÓN PARA MÁQUINAS DE C.C. Y MÁQUINA SÍNCRONA.. .....	32
<b>FIGURA 3-19.</b> REPRESENTACIÓN DEL REÓSTATO PARA MAQUINA ASÍNCRONA D00208 - REGULACIÓN DE ESCALÓN. ....	32
<b>FIGURA 3-20.</b> REPRESENTACIÓN DEL REÓSTATO DE ARRANQUE PARA MOTORES DE C.C .....	33
<b>FIGURA 3-21.</b> REPRESENTACIÓN DEL MÓDULO DE INTERRUPTOR DE PASO DE DOS VÍAS. ....	33
<b>FIGURA 3-22.</b> REPRESENTACIÓN DE LOS EMBRAGUES DE ACOPLAMIENTO DE LOS MOTORES.....	34
<b>FIGURA 3-23</b> REPRESENTACIÓN DE LA CARGA ÓHMICA.. .....	34
<b>FIGURA 3-24</b> REPRESENTACIÓN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO TANTO D00225 Y D00227.....	35

<b>FIGURA 4-1.</b> INTENSIDADES DE ARRANQUE PERMITIDAS POR EL REGLAMENTO ELECTROMECAÁNICO DE BAJA TENSÓN, SEGÚN POTENCIA DE LOS MOTORES (ITC-BT-47). ROLDÁN VILORIA JOSÉ (2005) MOTORES ELÉCTRICOS. ACCIONAMIENTO DE MÁQUINAS, 30 TIPOS DE MOTORES. ....	37
<b>FIGURA 4-2.</b> CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE MOTORES DE INDUCCIÓN. ROLDÁN VILORIA JOSÉ (2005) MOTORES ELÉCTRICOS. ACCIONAMIENTO DE MÁQUINAS, 30 TIPOS DE MOTORES. ....	38
<b>FIGURA 4-3.</b> VALORES ORIENTATIVOS DE LAS INTENSIDADES NOMINALES DE MOTORES TRIFÁSICOS SEGÚN ESPECIFICACIONES BRITÁNICAS (BS), AMERICANAS (ANSI), CANADIENSE (CSA) Y FRANCESA (NF) . ROLDÁN VILORIA JOSÉ (2005) MOTORES ELÉCTRICOS. ACCIONAMIENTO DE MÁQUINAS. ....	39
<b>FIGURA 4-4.</b> REPRESENTACIÓN DE CONEXIÓN DE LOS DEVANADOS, CONEXIÓN DELTA DEL MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ANILLOS D00208.....	40
<b>FIGURA 4-5.</b> REPRESENTACIÓN DEL SELECTOR DEL REÓSTATO D00429 PARA EL ARRANQUE. ....	40
<b>DIAGRAMA ILUSTRATIVO 1-3.</b> CONEXIÓN ILUSTRATIVA DE LA CONEXIÓN ELÉCTRICA DEL MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ANILLOS D00208 ( <b>CONEXIÓN DELTA</b> ). ....	41
<b>FIGURA 4-6.</b> POSIBLES FORMAS DE CONEXIÓN, LAS PRIMERAS DOS CONEXIONES REPRESENTAN AL ESTATOR EN CONEXIÓN ESTRELLA, LAS SEGUNDAS EN CONEXIÓN DELTA, CON O SIN ÉL REÓSTATO PARA MAQUINA ASÍNCRONA CONECTADO AL ROTOR. ....	42
<b>TABLA 1-1.</b> CARACTERÍSTICA DE FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ANILLOS D00208 DEBIDO A LAS DIFERENTES POSICIONES DEL REÓSTATO D00429 DESDE R1 HASTA R7 . ....	43
<b>GRÁFICA 1-1.</b> COMPORTAMIENTO DEL MOTOR ASÍNCRONO DE ANILLOS CONEXIÓN ESTRELLA Y CONEXIÓN DELTA, REPRESENTA LA VELOCIDAD DEL MOTOR MEDIANTE LAS POSICIONES DESDE R1 HASTA R7 DEL REÓSTATO D00429, CORRESPONDIENTE A LA TABLA 1-1.....	44
<b>FIGURA 4-7.</b> ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA MAQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE D00206NT. ....	45
<b>DIAGRAMA ILUSTRATIVO 1-4.</b> CONEXIÓN ILUSTRATIVA DE LA CONEXIÓN ELÉCTRICA DE LA MAQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE D00206NT ( <b>CONEXIÓN DELTA EN EL ESTATOR</b> ).....	46
<b>TABLA 2-1.</b> CARACTERÍSTICA DE FUNCIONAMIENTO DE LA MAQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE D00206NT. ....	48
<b>GRÁFICA 2-1.</b> COMPORTAMIENTO DE LA MAQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE D00206NT, REPRESENTA LA CORRIENTE DEL ESTATOR (CORRIENTE ALTERNA) Y LA CORRIENTE DEL ROTOR (CORRIENTE DIRECTA), CORRESPONDIENTE A LA <b>TABLA 2-1</b> .....	49
<b>TABLA 2-2.</b> CARACTERÍSTICA DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE D00206NT, MUESTRA SU COMPORTAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA. ....	50
<b>GRÁFICA 2-2.</b> LA GRAFICA REPRESENTA UN COMPORTAMIENTO CON UNA LÍNEA DE TENDENCIA DE LOS DATOS OBTENIDO DURANTE UNA SEGUNDA PRUEBA A LA MAQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE D00206NT EN VACÍO. CONOCIDA COMO GRAFICA V DE MOTOR SÍNCRONO, <b>TABLA 2-2</b> .....	51
<b>GRÁFICA 2-3.</b> LA GRAFICA REPRESENTA UN COMPORTAMIENTO CON UNA LÍNEA DE TENDENCIA DE LOS DATOS OBTENIDO DURANTE UNA SEGUNDA PRUEBA A LA MAQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE D00206NT EN VACÍO. RELACIÓN FACTOR DE POTENCIA Y CORRIENTE DE CAMPO, <b>TABLA 2-2</b> .....	52
<b>FIGURA 4-8.</b> RELACIÓN ENTRE CORRIENTE DE ARMADURA Y CORRIENTE DE CAMPO PARA VARIAS CARGAS, DENOMINADA CURVAS V REPRESENTATIVOS DE MOTORES SÍNCRONOS. KOSOW L. IRVING (1993) MÁQUINAS ELÉCTRICAS Y TRANSFORMADORES. ....	53
<b>FIGURA 4-9.</b> RELACIÓN FACTOR DE POTENCIA Y CORRIENTE DE CAMPO PARA VARIAS CARGAS. KOSOW L. IRVING (1993) MÁQUINAS ELÉCTRICAS Y TRANSFORMADORES. ....	53
<b>FIGURA 4-10.</b> ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE D01236 ( <b>CONEXIÓN DERIVACIÓN</b> ).....	54
<b>DIAGRAMA ILUSTRATIVO 1-5.</b> CONEXIÓN ILUSTRATIVA DEL ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE D01236 ( <b>CONEXIÓN DERIVACIÓN</b> ). ....	55

<b>FIGURA 4-11.</b> REPRESENTACIÓN DE LA PERILLA DEL REÓSTATO D00427 AL ARRANQUE. ....	57
<b>TABLA 3-1.</b> MUESTRA EL COMPORTAMIENTO DE LAS CORRIENTES QUE CIRCULAN EN LOS DEVANADOS EN DERIVACIÓN Y LA ARMADURA DEL MOTOR D01236 - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE ADEMÁS SU COMPORTAMIENTO DE VELOCIDAD AL VARIAR LA RESISTENCIA DEL REÓSTATO.....	58
<b>GRÁFICA 3-1.</b> LA GRAFICA REPRESENTA UN COMPORTAMIENTO CON UNA LÍNEA DE TENDENCIA DE LOS DATOS RESPECTO A REVOLUCIONES Y CORRIENTE DEL DEVANDO EN DERIVACIÓN OBTENIDOS DURANTE LA PRUEBA DEL MOTOR <b>D01236 - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE EN VACÍO</b> .....	59
<b>FIGURA 4-12.</b> CURVAS CARACTERÍSTICAS DE PAR, VELOCIDAD E INTENSIDAD DE LOS CUATRO TIPOS DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA. ROLDÁN VILORIA JOSÉ (2005) MOTORES ELÉCTRICOS. ACCIONAMIENTO DE MÁQUINAS, 30 TIPOS DE MOTORES. ....	60
<b>FIGURA 4-13.</b> ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE D01236 ( <b>CONEXIÓN COMPUESTA</b> ). ....	61
<b>DIAGRAMA ILUSTRATIVO 1-6.</b> CONEXIÓN ILUSTRATIVA DEL ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE D01236 ( <b>CONEXIÓN COMPUESTO</b> ).....	62
<b>TABLA 4-1.</b> MUESTRA EL COMPORTAMIENTO DE LAS CORRIENTES QUE CIRCULAN EN LOS DEVANADOS EN DERIVACIÓN Y LA ARMADURA DEL MOTOR D01236 - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE CONEXIÓN COMPUESTO ADEMÁS SU COMPORTAMIENTO DE VELOCIDAD AL VARIAR EL REÓSTATO.....	65
<b>GRÁFICA 4-1.</b> LA GRAFICA REPRESENTA UN COMPORTAMIENTO CON UNA LÍNEA DE TENDENCIA DE LOS DATOS, REVOLUCIONES Y CORRIENTE EN LA ARMADURA, OBTENIDOS DURANTE LA PRUEBA DEL MOTOR <b>D01236 - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE(CONEXIÓN COMPOUND)</b> EN VACÍO. ....	66
<b>FIGURA 4-14.</b> ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE D01236 (CONEXIÓN SERIE).....	66
<b>DIAGRAMA ILUSTRATIVO 1-7.</b> CONEXIÓN ILUSTRATIVA DEL ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE D01236 ( <b>CONEXIÓN SERIE</b> ).....	67
<b>TABLA 5-1.</b> MUESTRA EL COMPORTAMIENTO DE LAS CORRIENTES QUE CIRCULAN EN EL DEVANADO SERIE D01236 - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE CONEXIÓN SERIE. ....	69
<b>GRÁFICA 5-1.</b> LA GRAFICA REPRESENTA UN COMPORTAMIENTO DE LOS DATOS, REVOLUCIONES Y CORRIENTE EN LA ARMADURA, OBTENIDOS DURANTE LA PRUEBA DEL MOTOR <b>D01236 - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE(CONEXIÓN SERIE)</b> .....	70
<b>FIGURA 4-15.</b> ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA MÁQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE D00206NT COMO GENERADOR (CONEXIÓN ESTRELLA). ....	71
<b>FIGURA 4-16.</b> ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA MÁQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE D00206NT COMO GENERADOR (CONEXIÓN DELTA). ....	71
<b>DIAGRAMA ILUSTRATIVO 1-8.</b> CONEXIÓN ILUSTRATIVA DEL ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA MAQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE D00206NT COMO GENERADOR (CONEXIÓN DELTA).Y EL MOTOR DE ARRASTRE, ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ANILLOS D00208 (CONEXIÓN DELTA). . ....	72
<b>TABLA 6-1.</b> MUESTRA EL COMPORTAMIENTO DE LOS VOLTAJES GENERADOS (CONEXIÓN DELTA)POR D00206NT - MÁQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE LOS VOLTAJES DE EXCITACIÓN DEL CAMPO ADEMÁS DE LAS VARIABLES DE COMPORTAMIENTO DEL MOTOR DE ARRASTRE .....	74
<b>GRÁFICA 6-1.</b> LA GRAFICA REPRESENTA UN COMPORTAMIENTO DE LA CORRIENTE DE EXCITACIÓN EN EL ROTOR PARA GENERAR UN VOLTAJE ALTERNO CORRESPONDIENTE A LA TABLA 6-1. ....	75
<b>TABLA 6-2.</b> MUESTRA EL COMPORTAMIENTO DE LOS VOLTAJES GENERADOS (CONEXIÓN ESTRELLA) POR D00206NT - MÁQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE LOS VOLTAJES DE EXCITACIÓN DEL CAMPO.....	75
<b>GRÁFICA 6-2.</b> LA GRAFICA REPRESENTA UN COMPORTAMIENTO DE LA CORRIENTE DE EXCITACIÓN EN EL ROTOR PARA GENERAR UN VOLTAJE ALTERNO CORRESPONDIENTE A LA <b>TABLA 6-2</b> . ....	76
<b>FIGURA 4-17.</b> ESQUEMA ELÉCTRICO DEL GENERADOR D00205NT (EXCITACIÓN INDEPENDIENTE). ....	77
<b>DIAGRAMA ILUSTRATIVO 1-9.</b> CONEXIÓN ILUSTRATIVA DEL ESQUEMA ELÉCTRICO DE LA MÁQUINA DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE. D00205NT COMO GENERADOR (CONEXIÓN INDEPENDIENTE).....	78

<b>TABLA 7-1.</b> MUESTRA EL COMPORTAMIENTO DE LOS VOLTAJES GENERADOS POR EL GENERADOR D00205NT Y LAS CORRIENTES QUE CIRCULAN POR EL DEVANADO EN DERIVACIÓN. ....	80
<b>GRÁFICA 7-1.</b> LA GRAFICA REPRESENTA UN COMPORTAMIENTO DE LA CORRIENTE DE EXCITACIÓN EN EL DEVANADO DE DERIVACIÓN PARA GENERAR UN VOLTAJE DE C-D CORRESPONDIENTE A LA TABLA 7-1. ....	80
<b>FIGURA 4-18.</b> ESQUEMA ELÉCTRICO DEL GENERADOR D00205NT (AUTOEXCITADO CON CAMPO EN DERIVACIÓN).	81
<b>FIGURA 4-19.</b> ESQUEMA ILUSTRATIVO DEL ESQUEMA ELÉCTRICO DEL GENERADOR D00205NT (AUTOEXCITADO CON CAMPO EN DERIVACIÓN).....	81
<b>TABLA 8-1.</b> MUESTRA EL COMPORTAMIENTO DE LOS VOLTAJES GENERADOS POR EL GENERADOR D00205NT CONEXIÓN AUTOEXCITADO CON CAMPO EN DERIVACIÓN Y LAS CORRIENTES QUE CIRCULAN POR EL DEVANADO. ....	83
<b>GRÁFICA 8-1.</b> LA GRAFICA REPRESENTA UN COMPORTAMIENTO DE LA CORRIENTE DE EXCITACIÓN EN EL DEVANADO DE DERIVACIÓN PARA GENERAR UN VOLTAJE DE C-D CORRESPONDIENTE A LA TABLA 8-1 AUTOEXCITADO. ....	83
<b>FIGURA 4-20.</b> ESQUEMA ELÉCTRICO DEL GENERADOR D00205NT (AUTOEXCITADO CON CAMPO COMPUESTO)....	84
<b>FIGURA 4-21.</b> ESQUEMA ILUSTRATIVO DEL ESQUEMA ELÉCTRICO DEL GENERADOR D00205NT (AUTOEXCITADO CON CAMPO COMPUESTO). ....	84
<b>TABLA 9-1.</b> MUESTRA EL COMPORTAMIENTO DE LOS VOLTAJES GENERADOS POR EL GENERADOR D00205NT CONEXIÓN AUTOEXCITADO COMPUESTO Y DEBIDO A LAS REVOLUCIONES DEL MOTOR.....	85

## RESUMEN

El trabajo presenta una recopilación de información de los equipos ITALIA DIDACTA que se componen por máquinas eléctricas rotativas, tanto de corriente alterna y corriente continua, módulos de alimentación, accesorios y complementos de laboratorio. Presenta procedimiento de funcionamiento de los equipos, esquemas eléctricos de conexión, material ilustrativo de los esquemas eléctricos de conexión, representación de los bornes de conexión de cada motor, descripción de fuentes de poder y de sus accesorios, todo esto justificándose matemáticamente, respaldados por normas hacia los motores eléctricos.

## INTRODUCCIÓN

Desde 1968, la empresa didacta Italia ofrece una respuesta eficaz a las necesidades de la técnica del diseño y producción de equipos para laboratorios a través del cual los estudiantes pueden aprender a través de la experimentación práctica.

Todos los productos fueron fabricados utilizando solo componentes industriales que permiten a los estudiantes experimentar los componentes que realmente verán en la industria. esto asegura una mayor habilidad, fácil mantenimiento y permite prácticas mucho más realistas. Diseñados especialmente para las escuelas técnicas y universidades y se han diseñado con el asesoramiento de expertos y profesores de las universidades italianas más importantes, como la politécnica de Turín y el politécnico de Milán.

La presente información hace referencia a los equipos DIDACTA ITALIA y su funcionamiento con el propósito de generar un conjunto que recoja los aspectos básicos para comprender mejor y acceder a la información sobre los equipos para ofrecer una respuesta eficaz del uso didáctico de los equipos para laboratorios a través del cual los estudiantes pueden aprender a través de la experimentación práctica dentro de las instalaciones de LIME IV ubicadas en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

La característica principal de los equipos es que está conformada por una línea de motores eléctricos: motor trifásico de anillos, motor síncrono, motores de corriente continua y sus accesorios para su funcionamiento.

La causa para presentar la información es debido a la falta de material y generar referencias de las características y de la puesta en marcha de cada motor de una forma segura tanto para alumnos como para los equipos. Utilizar los elementos disponibles de DIDACTA ITALIA dentro de laboratorio lime IV, dado que se han restaurado los equipos, pero no se tienen precedentes escritos, ni material de apoyo para docentes o alumnos de la puesta en marcha o arranque, disponibles y que funcionen con sus respectivos módulos de alimentación, accesorios y complementos. De esta forma generar interés y una mayor diversidad de equipos didácticos en el área eléctrica, al alcance de la comunidad.

## **MARCO TEÓRICO**

Como antecedentes la línea de motores DIDACTA ITALIA fue adquirida por la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán con propósitos educativos y didácticos, almacenada y tiempo después restauradas por el ingeniero Aquiles Reyes Flores y junto con el ingeniero Ángel Isaías Lima Gómez presentaron el curso de "puesta en marcha y arranque de motores para la industria mayores a 2 HP de corriente directa, corriente alterna trifásicos" Como programa de actualización y superación docente (PASD). Aun así, no existe una investigación o información de los equipos DIDACTA ITALIA para el alcance de los alumnos.

La información relacionada al funcionamiento de los motores eléctricos está bien fundamentada mediante los principios, leyes y teorías, como la ley de Faraday, ley de ohm, ley de ampere y la teoría de máquinas rotativas. Como complemento existen normas internacionales que han formulado las bases para normalizar las características de construcción, funcionamiento, puesta en marcha, así como las pruebas de funcionamiento de motores.

## **OBJETIVOS DEL TRABAJO**

Formar un precedente en la línea de motores, módulos de alimentación, accesorios y complementos de laboratorio DIDACTA ITALIA, presentes en el laboratorio de LIME IV, generar conocimiento amplio sobre las características eléctricas de las diferentes partes que componen a los motores eléctricos de este tipo y su operación e incentivar el uso para generar proyectos o prácticas en el ámbito eléctrico.

Poner en marcha los motores, de forma segura, con sus respectivos modelos de alimentación y accesorios, verificando el funcionamiento adecuado de estos para mantener los equipos en un estado funcional y activo.

## **METODOLOGÍA POR EMPLEAR**

El presente documento se enmarcará en los siguientes tipos de investigación: descriptiva y experimental considerando el tipo de proyecto investigación-acción.

Descriptiva.

La investigación, se circunscribe a un estudio descriptivo de los equipos DIDACTA ITALIA y características de los equipos, sobre la recolección de datos, con bases en teorías, que permitirá generar actividades recreativas. Además, la modalidad de trabajo generará conocimiento que puede ser compatible con otros proyectos enfocados en esta línea de motores.

Experimental.

La investigación se desarrollará directamente en las FES CUAUTITLAN en los laboratorios de LIME IV sección eléctrica, se mantendrá una relación directa con las fuentes de información tanto a nivel general como individual. Además del asesoramiento por parte del profesor Ángel Isaías Lima Gómez. Se observarán los comportamientos generados con los equipos en busca de variar los parámetros para formar resultados prácticos.

## SEGURIDAD

Las empresas necesitan energía para el funcionamiento de equipos, con la finalidad de desarrollar procesos, así que el uso de electricidad en las empresas es una actividad fundamental y que se debe conocer y enfatizar la importancia de los procedimientos de seguridad apropiadas para el uso de equipos eléctricos que manejan tensiones perjudiciales para el cuerpo humano; como son las fuentes de energía, motores eléctricos, generadores, transformadores y demás circuito relacionados a la fuerza y control de un sistema eléctrico esto es de suma importancia además podemos traducir que, para la empresa un accidente significa pérdidas, pero para el trabajador significa una posible incapacidad física.

Seguridad en la industria, dirigido al ámbito eléctrico será el objeto de respaldo para poder operar, manipular, controlar además de tomar mediciones de forma segura en los equipos de laboratorio DIDACTA ITALIA, que permitirá a los estudiantes relacionarse con componentes usado en la industria y que requieren un cierto grado de seguridad en el manejo de equipos eléctricos; debido a peligrosas tensiones que rebasan el rango de seguridad humana, que podrían resultar en accidentes y poner en riesgo su integridad y al equipo.

Los equipos eléctricos DIDACTA ITALIA como; la fuente de energía eléctrica, motores y generadores eléctricos suministran y requieren de peligrosas tensiones para su funcionamiento debido a esto se requiere conocer reglas fundamentales de seguridad para evitar choques eléctricos, además de aprender a usar la fuente de energía o alimentación de C.A. y C.C. para evitar daños a equipos y a personal.

Si se siguen las instrucciones adecuadamente, no se presentarán peligros ni riesgos graves con los **sistemas electromecánicos** de aprendizaje.

Es necesario que cualquier persona que maneje la electricidad aplique estrictamente las normas de seguridad. La electricidad puede ser peligrosa e incluso fatal para quienes no comprenden o no aplican las reglas básicas de **seguridad**. Se registran muchos accidentes con electricidad, entre técnicos bien preparados que, por un exceso de confianza y descuido rompen las reglas fundamentales de **seguridad** personal. La primera regla es siempre:

### "PENSAR PRIMERO"

La regla se relaciona a todo el trabajo industrial, Adquirir buenos hábitos de trabajo y aprender a manejar los instrumentos en una forma correcta y segura es muy importante. Analizar siempre el trabajo que está por hacer y piense meticulosamente en los procedimientos, los métodos y la aplicación de herramientas, instrumentos y máquinas. No pierda la atención en el trabajo ni distraiga a otra persona en una tarea peligrosa. **¡No juegue en el área de trabajo!** Las bromas son perjudiciales junto a maquinaria energizada y sistemas electrificados. Por lo general, existen tres tipos de accidentes entre estudiantes y técnicos en este campo; electrocución, quemaduras, lesiones por movimiento. Si cada alumno conoce estos casos, y obedece las sencillas reglas de seguridad, dejará de ser una amenaza para sus compañeros. Si lo logra, se evitará experiencias dolorosas y caras, e incluso, puede ser que esté conservando su integridad y su vida.

## REGLAS DE SEGURIDAD

En la literatura Experimentos con equipo eléctrico afirman Wildi, T. y De Vito, M. (1987). Existen nueve reglas de seguridad para evitar los choques eléctricos:

**1. ANTES** de comenzar a trabajar con cualquier equipo, averigüe en qué condiciones está el equipo y si existe algún peligro. Muchas personas han muerto porque se suponía que la pistola estaba descargada y a muchos electricistas les ha pasado lo mismo porque creían que los circuitos estaban "muertos".

**2. NUNCA** confíe en dispositivos de seguridad tales como fusibles, relevadores y sistemas de cierre, como base de su protección. Puede ser que no estén funcionando o que no logren protegerlo cuando más lo necesita.

**3. NUNCA** quite la punta de tierra de un enchufe de entrada de tres conductores. Esto elimina la característica de conexión a tierra del equipo, convirtiéndolo en un verdadero peligro.

**4. ORDEN EN LA MESA DE TRABAJO.** Trabajar entre una maraña de cables de conexión y con un montón de componentes y herramientas sólo propicia el descuido, con lo que aumentan las posibilidades de un corto circuito, choques y accidentes. Acostúmbrese a trabajar en forma sistemática y organizada.

**5. NO TRABAJE SOBRE PISOS MOJADOS.** Esto hace que se reduzca sustancialmente su resistencia, al haber mejor contacto a tierra; trabaje sobre tapetes ahulados o pisos aislados.

**6. NO TRABAJE SOLO.** Siempre conviene que haya otra persona para cortar la corriente, aplicar respiración artificial y llamar a un médico.

**7. TRABAJE SIEMPRE CON UNA MANO A LA ESPALDA O EN EL BOLSILLO.** Cualquier corriente que pase entre las manos atraviesa el corazón y puede ser más letal que cuando va de una mano al pie. Los técnicos experimentados trabajan siempre con una sola mano. Observe con cuidado a su técnico de televisión.

**8. JAMAS HABLE CON NADIE MIENTRAS TRABAJA.** No permita que le distraigan y no converse con nadie, sobre todo si trabajan con equipos peligrosos. No sea la causa de un accidente.

**9. MUÉVASE SIEMPRE CON LENTITUD** cuando trabaje cerca de circuitos eléctricos. Los movimientos rápidos y violentos son la causa de muchos choques, accidentes y cortos circuitos.

## CONSECUENCIAS DEL MAL MANEJO DE LOS EQUIPOS

### EL CHOQUE ELÉCTRICO

Los efectos que producen en el organismo por las corrientes eléctricas se pueden predecir en lo general mediante la **Figura 1-1** que representa la escala de los efectos ante un choque eléctrico.



**Figura 1-1.** Efectos fisiológicos de las corrientes eléctricas. Wildi T. y De Vito M. (1987). extraído de Experimentos con equipo eléctrico.

Como se puede observar, la corriente eléctrica puede ser peligrosa. Las corrientes superiores a 100 miliamperios y hasta tan solo un décimo de ampere, son consideradas peligrosas, descargas producidas por corrientes inferiores a 100 miliamperios pueden ser graves y dolorosos. Una persona que haya recibido una descarga superior a 200 miliamperios podría sobrevivir si se le atiende inmediatamente. Por lo que no se debe tomar a la ligera.

Por supuesto, la resistencia es un factor importante cuando hay una descarga que pasa por nuestro cuerpo debido a que nuestro cuerpo se puede representar como una resistencia, nuestra resistencia corporal varía dependiendo de los puntos de contacto, el estado de la piel y la zona de contacto. La resistencia de la piel varía entre 250 ohm, cuando está húmeda y se tiene una zona grande de contacto, hasta 500,000 ohm en caso de que la piel esté seca. Por ende, los voltajes dependerán de la resistencia del cuerpo y del voltaje de contacto.

## QUEMADURAS POR SOBRECALENTAMIENTO

Los accidentes que producen quemaduras rara vez son fatales, aunque las lesiones son muy dolorosas y graves.

1. Las resistencias se calientan mucho, ya que disipan el calor al fluir los electrones sobre todo las que llevan corrientes elevadas. Tenga cuidado; pueden producir quemaduras en la piel de los dedos. No las toque hasta que se enfríen.
2. Tenga cuidado con todos los capacitores que aún puedan tener alguna carga. La descarga eléctrica no sólo puede producirle un choque peligroso o fatal, sino, también, quemaduras. Si se excede el voltaje nominal de un capacitor electrolítico o se invierten sus polaridades, éste puede calentarse de un modo excesivo e inclusive explotar.

## LESIONES POR CAUSAS MECÁNICAS

Esta tercera clase de reglas de seguridad se aplica a todos los estudiantes que ejecutan algún trabajo mecánico con herramientas y maquinaria. Esta es el área de mayor cuidado y donde las normas de seguridad se basan en el uso adecuado y correcto de las herramientas por lo que se recomiendan cinco reglas para trabajar y evitar lesiones por causas mecánicas.

1. Limar las esquinas de puyas metálicas y los bordes filosos del chasis y los tableros hasta que estén lisas debido a que pueden cortar y arañar.
2. La selección inadecuada de la herramienta para cierto trabajo puede causar daño al equipo y heridas personales.
3. Recuerde que debe proteger los ojos con una careta cuando lime, corte o trabaje con metales calientes que puedan salpicar.
4. Protéjase las manos y la ropa cuando trabaje con ácidos para baterías, y cualesquiera ácidos fuertes o líquidos para acabados. ¡Todos ellos son muy corrosivos!
5. Si hay algo que desconoce **PREGUNTE A SU MAESTRO.**

# TEORIA DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS

## CLASIFICACIÓN

Las máquinas eléctricas son el resultado de los principios de electromagnetismo y en particular de la ley de inducción de Faraday, éstas; se caracteriza por tener circuitos eléctricos y magnéticos en funcionamiento conjunto.

**GENERADOR:** Por definición el generador es aquella máquina eléctrica que transforma la energía mecánica en eléctrica, esta acción se desarrolla por el movimiento de una bobina en un campo magnético resultando una f.e.m. (fuerza electromotriz) inducida y al aplicarla a un circuito externo produce una corriente que interacciona con el campo y desarrolló una fuerza mecánica que se opone al movimiento. Como consecuencia el generador necesita una energía mecánica de entrada para producir energía eléctrica correspondiente.

**MOTOR:** Es aquel mecanismo mecánico que transforma la energía eléctrica en mecánica, la acción se desarrolla introduciendo una corriente en la máquina que interacciona con el campo produciendo un fenómeno magnético produciendo el movimiento, por lo que aparece una f.e.m. inducida que se opone a la corriente, fuerza contraelectromotriz, por lo que, al contrario del generador, el motor necesita una energía eléctrica para producir una energía mecánica.

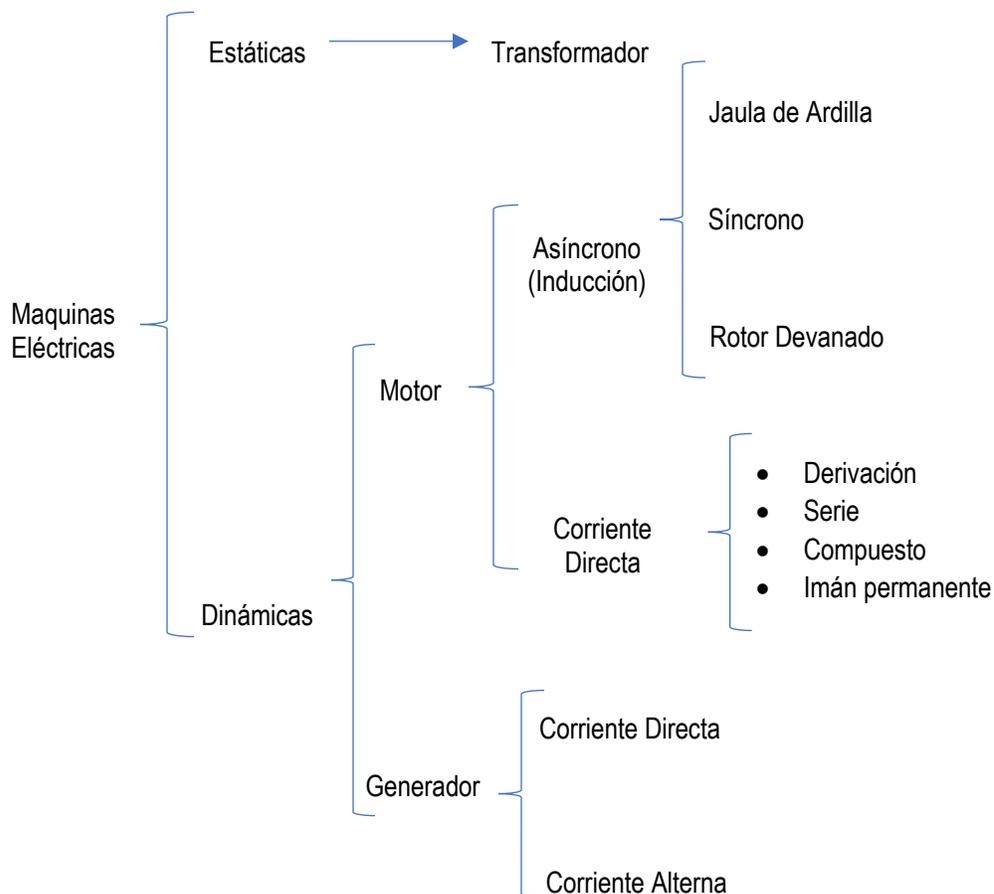


Figura 2-1. Clasificación de las máquinas eléctricas.

## PARTES PRINCIPALES DE UNA MÁQUINA ROTATIVA

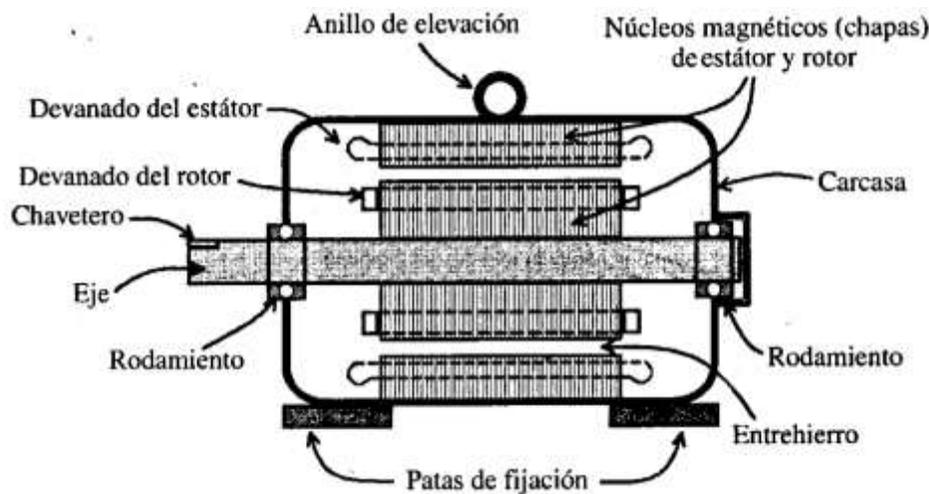
El estator es el componente fijo de la máquina rotativa y es el elemento que induce el campo magnético principal y en la cavidad del estator se coloca el rotor.

El rotor es el componente móvil de la máquina rotativa y es el elemento inducido por el campo magnético del estator, Además de mencionar que se monta en un eje que descansa en dos rodamientos o cojinetes están en soportes con la carcasa.

La carcasa es la estructura soporte de las partes fijas y móviles de la máquina.

Escobilla. parte conductora, que ayuda al contacto eléctrico entre el colector para suministrar la energía eléctrica a los conductores de la armadura o inducido(rotor).

El colector o conmutador en máquinas corriente continua funciona como rectificador mecánico en contraparte los motores de corriente trifásica de devanados tienen anillos deslizantes sólidos. El conmutador está compuesto por segmentos de cobre unidos a cada devanado de la armadura llamados delgas que va aisladas entre si separadas por micas y de igual forma aisladas del cilindro.



**Figura 2-2.** Aspectos constructivos de una máquina eléctrica. Fraile mora J. (2003) extraído de máquinas eléctricas.

Normalmente tanto en el estator como en el rotor devanado hechos con conductores de cobre por los que circulan corrientes suministradas o cedidas que constituyen el sistema eléctrico. Uno de los devanados tiene por objetivo crear un flujo en el entrehierro y por ello se denomina inductor, o también de excitación campo, el otro devanado recibe el flujo del primero y se induce, las corrientes se cierran por el circuito exterior y se denomina inducido.

Entonces el campo magnético principal se produce en las zapatas polares por medio del flujo eléctrico que circulan por los devanados de campo o inductor, campo magnético afecta o se induce sobre la armadura inducido.

## MOTOR ASÍNCRONO

El estudio del motor de inducción trifásico tiene una gran importancia debido a sus características de construcción. gracias a su diseño se logra tener un campo magnético rotatorio con una velocidad fija conocida como velocidad de sincronismo, que se define básicamente por el número de polos magnéticos que tiene el motor y por la frecuencia de la señal de alimentación que se inyecta al estator.

Se puede hacer una primera clasificación elemental de este tipo de máquinas trifásicas a partir del tipo de rotor parte retórica del motor.

**Rotor Jaula de ardilla:** no presenta la posibilidad de tener acceso a ningún parámetro del rotor, ya que se encuentra completamente aislado del estator o de posibles terminales en la parte exterior del motor.

**Rotor de anillos deslizantes:** permite el acceso a las terminales del rotor empleando escobillas, por lo que se puede modificar los parámetros de este, y en especial la resistencia que modifica el valor de su velocidad y además en el cual se encuentra el par máximo.

Con el objetivo principal de **reducir la corriente de arranque** se utilizan distintos métodos

En un motor de inducción de anillos; se debe tener en cuenta que la aneión de un reóstato externo en un motor de este tipo pretende eventualmente controlar la velocidad del sistema modificando la reactancia que será la suma de la resistencia del devanado del rotor, que depende del desplazamiento más la resistencia externa.

Se debe resaltar que, cuando la instalación lo permita, **el arranque del motor a plena tensión es casi siempre la mejor alternativa.**

Se pueden diferenciar varios tipos de métodos de arranque para motores de inducción: aquellos en la que la tensión aplicada a los terminales del motor es el de la red, pero el motor toma una tensión menor (método estrella triángulo y arrollamiento dividido), además otro grupo en el que la tensión aplicada es efectivamente menor que la de la red ( autotransformador, resistencia y reactancia primarias, regulación de voltaje). El arranque a plena tensión y la utilización acoplamiento hidráulicos constituyen un grupo aparte, mientras que motores de anillos constituyen otro grupo.

En cualquier método de arranque con la utilización de reducción de la tensión habrá una reducción del par, incluso en la condición de arranque a plena tensión, por lo general no se mantiene constante a lo largo de la aceleración del sistema, ya que si aumenta la velocidad cae la corriente absorbida y por consiguiente la caída de tensión a lo largo del circuito. En un arranque a plena tensión, el pico de corriente será aproximadamente de 5 veces la nominal.

## ARRANQUE DE MOTORES DE INDUCCIÓN DE ANILLOS

Debido a las características de ajuste del comportamiento de la curva par-velocidad el valor del par de arranque de los motores con anillos está en función de sus resistencias insertadas en el circuito del rotor, que son utilizados en el accionamiento de motores con elevada inercia además en los casos que el par resistente sea alto, comparado a la nominal, bajas velocidades angulares, Por otro lado, accionamientos con inercias elevadas o pares altos.

## MÁQUINA SÍNCRONA

máquina reversible que funciona como motor o generador además están constituidas por un rotor donde concentra el devanado campo con alimentación de corriente directa. también se forma de un estator dónde se ubican las bobinas de armadura alimentadas con corriente alterna.

En otras palabras, es una máquina eléctrica en dónde el rotor es alimentado en corriente directa y el estator en corriente alterna trifásica.

## LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR SÍNCRONO

El motor funciona a velocidad constante sin variaciones en funcionamiento de vacío o a plena carga.

Un motor síncrono **no tiene par de arranque propio** por lo que se utiliza un **devanado en cortocircuito** para producirlo llamado Jaula de ardilla por lo que algunos motores síncronos llevan esta adicción, aunque también pueden ayudarse en el arranque de algún otro motor. El estator contiene el devanado de la armadura que es un devanado trifásico

Cuando la corriente del campo rotor aumenta, el flujo aumenta, en este estado se conoce como sobreexcitación (aporta reactivos capacitivos se comporta como un capacitor dinámico).

Cuando la corriente del campo rotor es igual al flujo que produce la armadura del estator se considera que está a excitación normal es aquí cuando el motor síncrono tiene su máxima eficiencia.

Cuando la corriente del campo rotor decae es entonces cuando el flujo decae y el motor síncrono entra en estado subte subexcitación (consume reactivos inductivos el motor síncrono se comporta como inductor).

## ARRANQUE DE MOTORES SÍNCRONOS

Uno de los problemas del motor es su arranque. **se utilizan tres métodos de arranque.**

- **Motor auxiliar:** Usualmente ayudado por un motor de inducción de anillos; este método es empleado para el arranque de grandes motores.
- **Conversión de frecuencia:** en este método el motor arranca sincrónicamente a una frecuencia creciente y variable.
- **Arranque asíncrono a través de una jaula de amortiguamiento.** este es el método más común de arranque de los motores síncronos y de cierta forma es el caso del arranque de los motores asíncronos. En este método el arrollamiento del campo está cortocircuitado mediante una resistencia.

Una vez alcanzada la velocidad angular de sincronismo o nominal, el arrollamiento del campo se abre se introduce en la corriente continua. después de algunas oscilaciones periódicas a llegar a la velocidad media, el rotor se sincroniza.

## Arranque con un motor auxiliar

En principio el motor funciona como si fuera alternador; por medio de un motor auxiliar se lleva la velocidad nominal, Se excita poco a poco el campo, hasta obtener la tensión igual a la línea, El alternador se debe llevar a las condiciones de sincronismo para que se conecte a la red, se desconecta el motor auxiliar, es cuando el alternador cambia su funcionamiento a motor.

## Arranque con un motor de inducción

El arranque como si fuera de inducción, tiene una serie de pasos. primero se energiza el estator, este induce una corriente en el devanado de amortiguamiento, El par lo desarrolla el devanado, el devanado de campo debe estar en cortocircuito a través de una resistencia de descarga.

El flujo del estator pasará por el entrehierro al núcleo de los polos del rotor, regresa a través de un polo adyacente que produce un campo magnético. el campo magnético del estator reacciona con el campo alrededor de los conductores del rotor. el rotor inicia su movimiento casi hasta una velocidad próxima a la de sincronismo

La excitación debe ser aplicada a la velocidad correspondiente y la relación magnética entre los polos magnéticos del estator y los polos del rotor adecuada. si se ha realizado al rotor entra en sincronismo.

## MOTORES DE CD

### ARRANQUE DE LOS MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

Durante el arranque de los motores de corriente continua, **la corriente debe ser limitada para permitir una conmutación adecuada**, evita sobrecalentamiento perjudicial para los aislamientos.

Una de las formas de limitar la corriente es la **inserción de resistores adicionales** en serie con el inducido, a medida que el motor acelera, generando una fuerza contraelectromotriz interna que limita la corriente, las resistencias serán puestas en cortocircuito, a pesar de ser un método barato convencional, tiene la desventaja del desgaste de contactores mecánicos exigiendo un mantenimiento atento que puede ser sustituida por la conmutación troceadora.

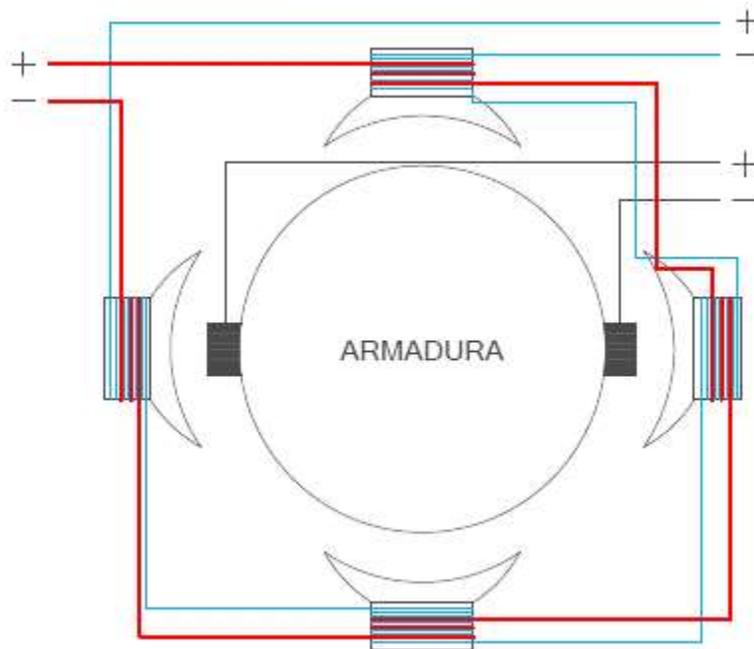
Los resistores se podrán eliminar también por el principio conocido como troceado de tensión. En este proceso, la tensión es conectada y desconectada rápidamente en ciclos repetidos, por lo que se puede variar la tensión media aplicada al motor. De modo que una tensión media baja limita la corriente mientras el motor se acelera. la corriente es aumentada gradualmente hasta obtener una velocidad nominal y adicionalmente la velocidad puede ser ajustada variando la tensión media aplicada al inducido.

### DEVANADOS PRINCIPALES DE UN MOTOR DE CD

Devanado de armadura: devanado que se encuentran en el rotor, cuentan con muchas vueltas y son de baja resistencia

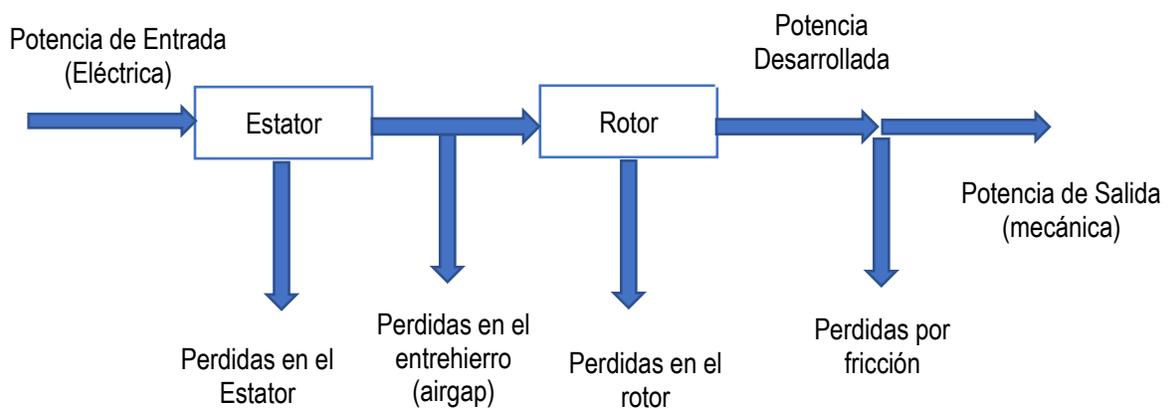
Devanado de campo serie devanado que se encuentran en el estator, son conductores con pocas vueltas con calibre grueso de baja resistencia.

Devanado de campo derivación: es el devanado que se encuentra en el estator compuesto de muchas vueltas de conductores de calibre delgado de alta resistencia.



**Figura 2-3.** Representación de los devanados principales en motores de c-d con distintivo de los devanados con colores; devanado de armadura(negro), devanado de campo serie(rojo), devanado de campo derivación (azul).

### EFICIENCIA Y POTENCIA DE UN MOTOR



**Figura 2-4.** Representación de las potencias durante el funcionamiento de un motor eléctrico

Eficiencia de una máquina eléctrica relaciona las potencias reales a la salida y a la entrada

$$\eta = \frac{P_{SALIDA}}{P_{ENTRADA}} = \frac{P_{MECÁNICA}}{P_{ELECTRICA}}$$

Potencias

$$P_{ENTRADA} = P_{ESTATOR} + P_{AIRGAP}$$

$$P_{AIRGAP} = P_{ROTOR} + P_{DESARROLLADA}$$

$$P_{DESARROLLADA} = P_{FRICCION} + P_{SALIDA}$$

$$P_{AIRGAP} = \text{Perdidas en el etrehierro.}$$

Deslizamientos **S**

$$S = \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_s}$$

Donde:

Velocidad de sincronismo  $\omega_s$

Velocidad del rotor  $\omega_r$

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

Donde:

Número de polos **P**

Frecuencia **f**

La potencia mecánica de salida está dada por el producto del par por la velocidad

$$P_s = \tau \omega$$

Donde:

Potencia de salida **P<sub>s</sub>**

Par o torque **τ**

Velocidad angular **ω**

## DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DIDACTA ITALIA



Figura 3-1. EQUIPOS DIDACTA ITALIA

### Módulos de soporte para el apoyo y la fijación de las máquinas eléctricas.

Estructura de apoyo está constituida de fuerte perfilado de acero "I" electrosoldado.

El telar hecho por dos largueros sobre los cuales pueden fácilmente deslizarse y ser fijado los soportes de las máquinas eléctricas.

Las guías de deslizamiento están galvanizadas de espesor, contra los efectos de la abrasión causada por el traslado y el montaje de las máquinas eléctricas.

Los soportes de los logueros, de perfilado de acero de "I" tienen la forma de "V" para conseguir la máxima estabilidad y robustez.

Los pies de los soportes forman una ancha base de apoyo de banco y tienen pies pequeños de regulación de tornillo hechos de material antivibración, para su nivelación sobre cualquier pavimento.

La altura del banco está calculada de manera que los ejes de las máquinas se encuentran a la altura más cómoda para los alumnos.

Los bancos de apoyo están constituidos en tres dimensiones diferentes

D01230 - largo 3600 mm - ancho 600 mm - altura 700 mm aprox. - peso 125 kg

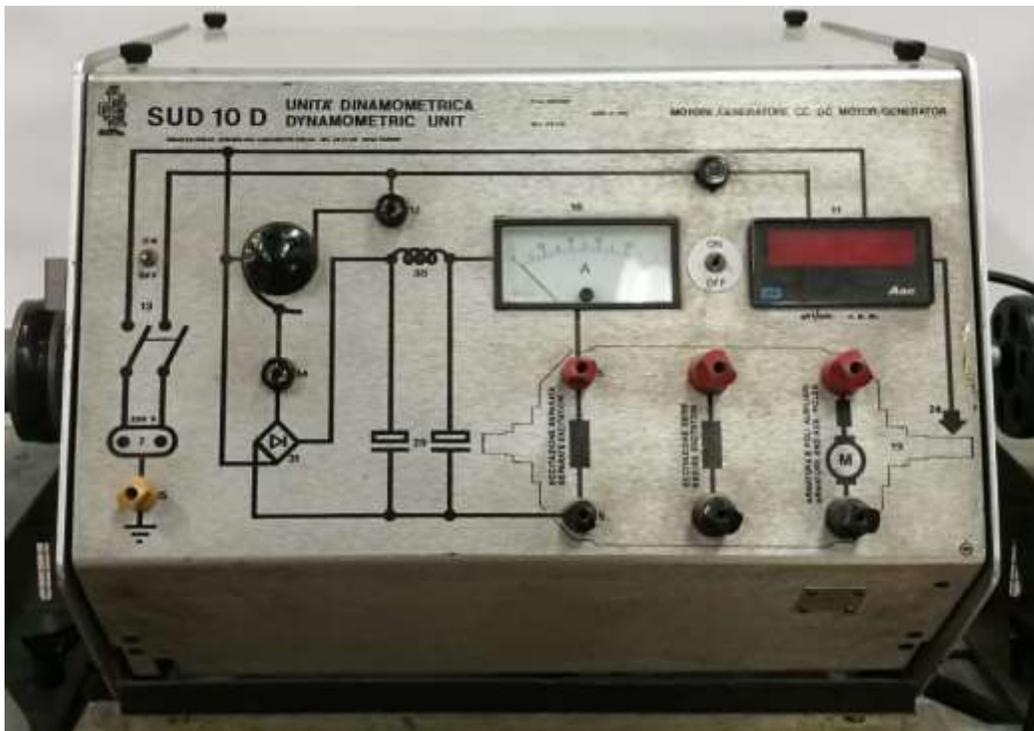
Son los elementos que se pueden apreciar en la **figura 3.1**.

**SUD10D grupo dinamométrico universal con dinamo-freno con armazón oscilante y dinamómetro de lectura directa (Código 902500).**

El grupo dinamo-freno puede funcionar como dinamómetro y puede absorber una potencia de 3 kW con 1500 rpm.

El grupo está constituido de:

- Motor/generador de corriente continua montado sobre soportes oscilantes para la medida de los valores de torsión y potencia en el eje
- Sistema de lectura directa del momento de torsión de accionamiento del motor en prueba, con prisma óptico de amplia escala
- Contagiros electrónico de lectura digital. (no funcionando)
- La alimentación es monofásica 220 V - 50/60 Hz.
- Embragues para complemento con los motores de prueba
- las curvas características dinamométricas de la máquina están dibujadas sobre el grupo SUD10D
- La energía producida en el generador en fase de frenaje puede disiparse en un sistema de resistencias, utilizando La carga óhmica universal D00221 NTB.
- Pesas para suministrar carga (faltantes).



**Figura 3-2.** Grupo dinamométrico universal con dinamo-freno con armazón oscilante y dinamómetro de lectura directa - SUD10D

### D00210 - Embrague electromagnético universal (código 900605)

Embrague electromagnético universal que se puede fijar al banco y puede ser acoplado a los ejes de las máquinas. El empleo de este embrague es esencial cuando se tenga que hacer pruebas con acoplamiento y desacoplamiento de máquinas en movimiento. Su alimentación es de 24 V corriente directa.



Figura 3-3. Embrague electromagnético universal - D00210

### MODULOS DE ALIMENTACIÓN

El **Módulo de Fuente de Energía D01234** proporciona toda la energía necesaria, en c-a y c-d, ya sea fija o variable, monofásica o trifásica, **DEBIDO A LAS ALTAS TENSIONES ES DE SUMA IMPORTANCIA CONOCERLO EN ESTA SECCION DE SEGURIDAD.**

Los módulos se deben conectar a un sistema trifásico de 220 volts, (con un conductor conectado a tierra provisto en los bornes de la fuente misma). La energía penetra a través de un conductor de tres conductores, localizado en la parte posterior del módulo.

#### Descripción de la fuente de poder corriente alterna

Se puede definir a la fuente de alimentación como cualquier aparato electrónico o eléctrico modificador de energía eléctrica que convierte la tensiones tanto alterna o directa además de controlar la intensidad de energía que entrega pudiendo aumentar o disminuir la tensión de entrega.

El equipo eléctrico conocido como fuente de alimentación, poder o de energía, DIDACTA ITALIA tiene como descripción físicas de seguridad; una cubierta, como seguridad principal la fuente de energía cuenta con un interruptor termomagnético, además con terminales de seguridad con botoneras de paro y arranque con lámparas de señalización, como elemento principal cuenta con tres salidas de alimentación; alimentación trifásica C.A. fija de 220 v, alimentación trifásica C.A. variable de 0 a 450 v dispuesta con una perilla de control al voltaje y una alimentación de corriente continua fija de 24 v además de la existencia de un borne a tierra física, como parte de seguridad al equipo y al personal. Además, debido al énfasis de seguridad para cada circuito un selector tipo palanca para salidas de alimentaciones tipo C.A. y un interruptor para la salida de alimentación de C.C. las **figuras 3-4, 3-5, 3-6 y Diagrama ilustrativo 1-1** pueden ayudar a mejorar el entendimiento de este equipo.

## Características de diseño

### D01234 - alimentador corriente alterna (código 900110)

- Alimentación hecha con un circuito de seguridad con un interruptor de llave (el interruptor de llave fue anulado cuando se restauró debido a la falta de la llave, por lo que fue puenteado) y con equipo de desganche rápido de emergencia.
- Todas las salidas se encuentran con bornes de tornillo de seguridad.
- Un transformador general de aislamiento de 4 KVA.
- Una salida de tensión fija trifásica 220 volts corriente alterna.
- Una salida de tensión variable trifásica de 0 a 450 volts corriente alterna.
- Una salida de 24 volts corriente directa.
- Una salida de 220 volts a 110 volts de corriente alterna para alimentación de los instrumentos de medición.
- Una salida (220 volts corriente alterna) para el dispositivo de seguridad contra la sobre velocidad de los motores (cotizado como opcional).
- Dimensiones 650x620x640 h mm - 175 kg.

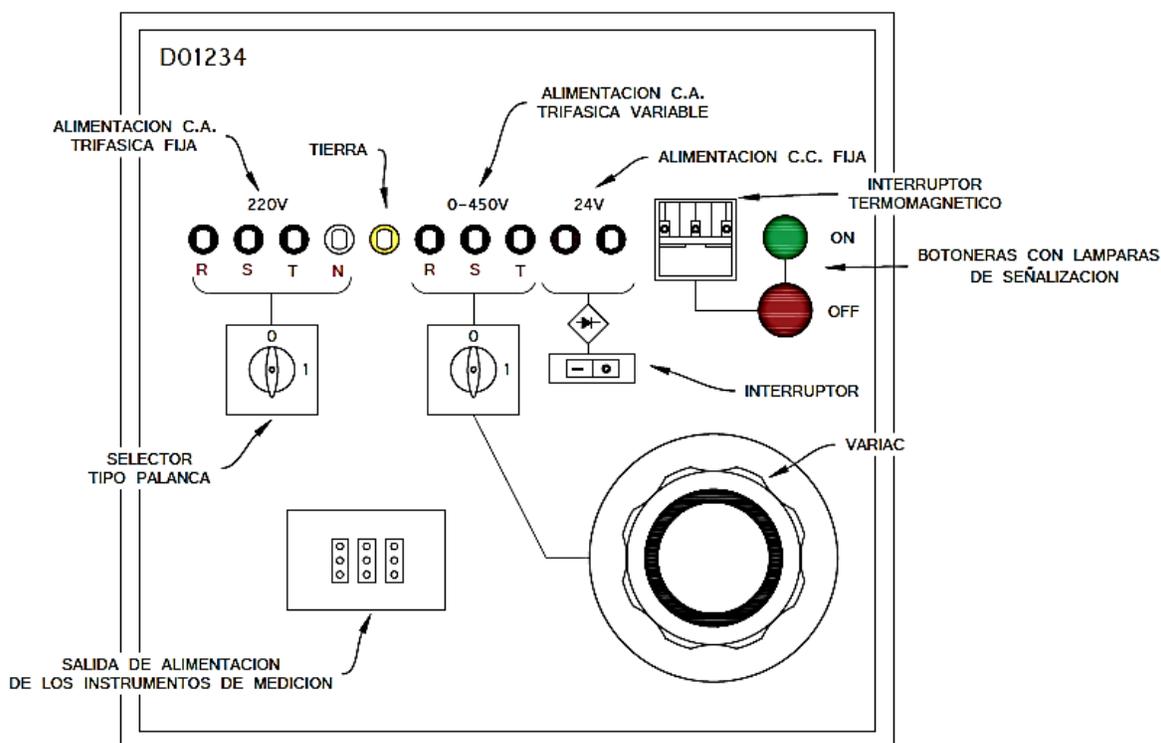


Figura 3-4. Representación frontal del alimentador de corriente alterna D01234.



Figura 3-5. Fotografía frontal del alimentador de corriente alterna D01234.

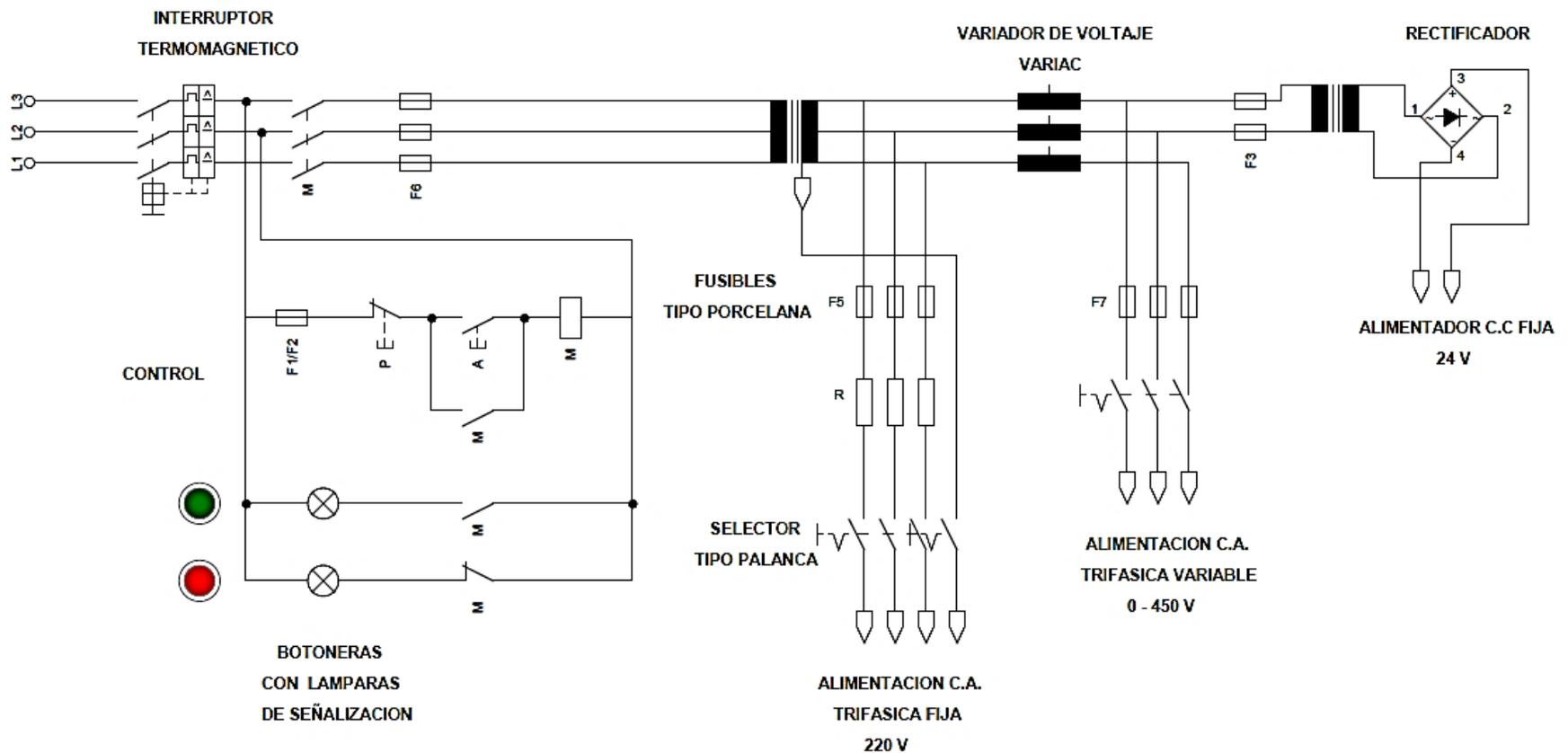
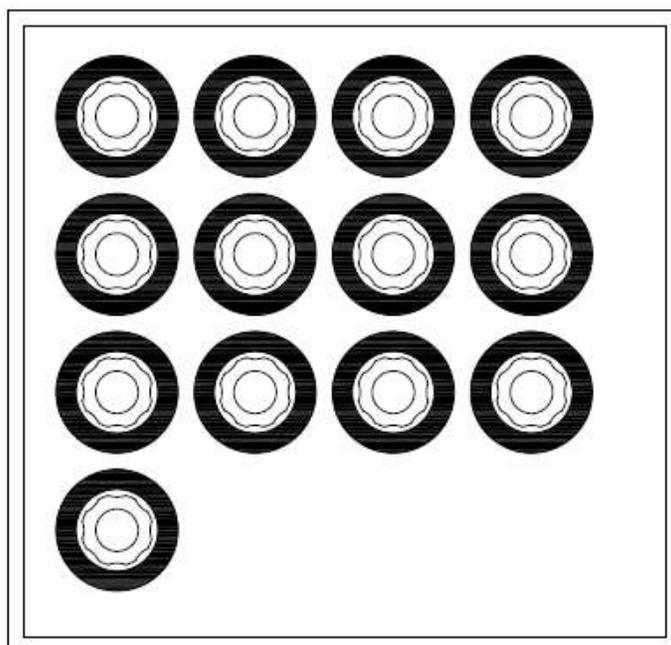
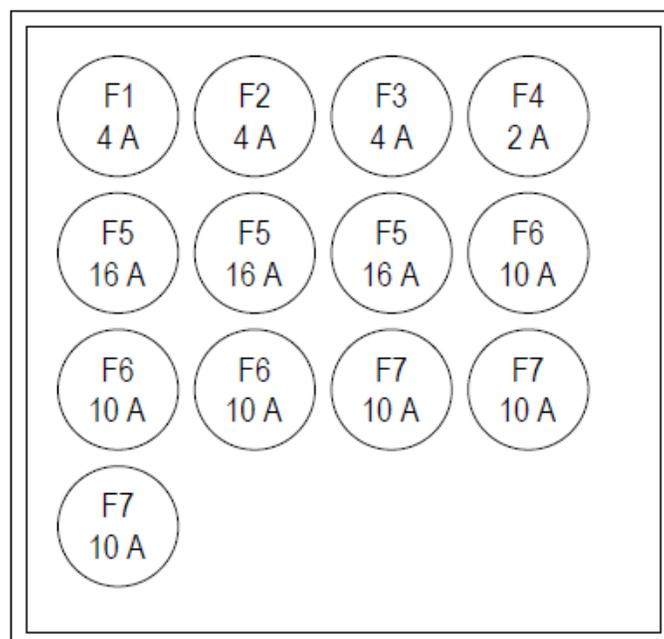


Diagrama ilustrativo 1-1. Esquema eléctrico de la fuente D01234 - alimentador corriente alterna. CA De SIMU (versión 3)[software]

**Figura 3-6.** Representación trasera del alimentador de corriente alterna D01234 con sus respectivos valores y designación para cada fusible cilíndrico de porcelana para la figura A y B.



**FIGURA A.** Representación física



**FIGURA B.** Representación simbólica.

Se comprobaron el estado de los fusibles mediante un multímetro por medio de una prueba de continuidad, se remplazaron fusibles dañados, tomando en consideración la posición de los fusibles como se representa en la **figura 3-6** para fuente de c-a y **figura 3-9** fuente c-d, así como la magnitud de cada amperaje.

Cuando se presente alguna falla en los módulos tanto de corriente continua como de corriente alterna se deberá comprobar el estado de los fusibles y hacer los cambios requeridos. Dentro de los laboratorios de LIME IV existen un limitado acervo de fusibles cilíndricos de porcelana como repuestos.

### **Descripción de la fuente de poder corriente continua**

La fuente de energía eléctrica de corriente continua DIDACTA ITALIA, suministra corriente continua en tres salidas de alimentación rectificadas en C.C. variable dispuesto por perillas (VARIAC), los cuales son; 2 salidas variables de 0 a 250 volts (**la salida de alimentación variable de c-d de 0 a 250 volts, correspondiente a los fusibles F4/F6 durante el uso del equipo presentaron fallas, se analizó y reviso el problema, pero no fue posible resolver los inconvenientes. Por lo que no es una salida disponible**), una salida variable que entrega de 0 a 330 volts en corriente continua, además de una salida fija de solo 24 volts, de igual forma corriente continua. además de estas características cuenta con sus respectivos selectores de seguridad, como medio de protección, además de; una botonera general con lampara de señalización tanto de arranque como de paro, además un interruptor general termomagnético, en similitud la salida de tensión fija cuenta con un interruptor. las **figuras 3-7, 3-8, 3-9** y **Diagrama ilustrativo 1-2** pueden ayudar a mejorar el entendimiento de este equipo.

### **D01233 - Alimentador de corriente continua (código 900111)**

- Alimentación hecha por un circuito de seguridad con un interruptor de llave (el interruptor de llave fue anulado cuando se restauró debido a la falta de la llave, por lo que fue puenteado) y con equipo de desenganche rápido de emergencia.
- Todas las salidas se encuentran con bornes de tornillos de seguridad.
- Transformador general de aislamiento de 4 KVA.
- Una salida de tensión variable de 0 a 330 volts corriente continua para la alimentación de los circuitos de potencia.
- Dos salidas de tensión variable de 0 a 250 volts corriente continua para los circuitos de excitación y pequeñas cargas.
- Una salida de 24 volts corriente continua.
- Una salida de 220 volts o 110 volts corriente alterna para la alimentación de los instrumentos de medición.
- Una salida (220 volts corriente alterna) para el dispositivo de seguridad contra la sobre velocidad de los motores (cotizado como opcional).
- Dimensiones 650 x 620 x 640 h mm. pesó 150 kg.

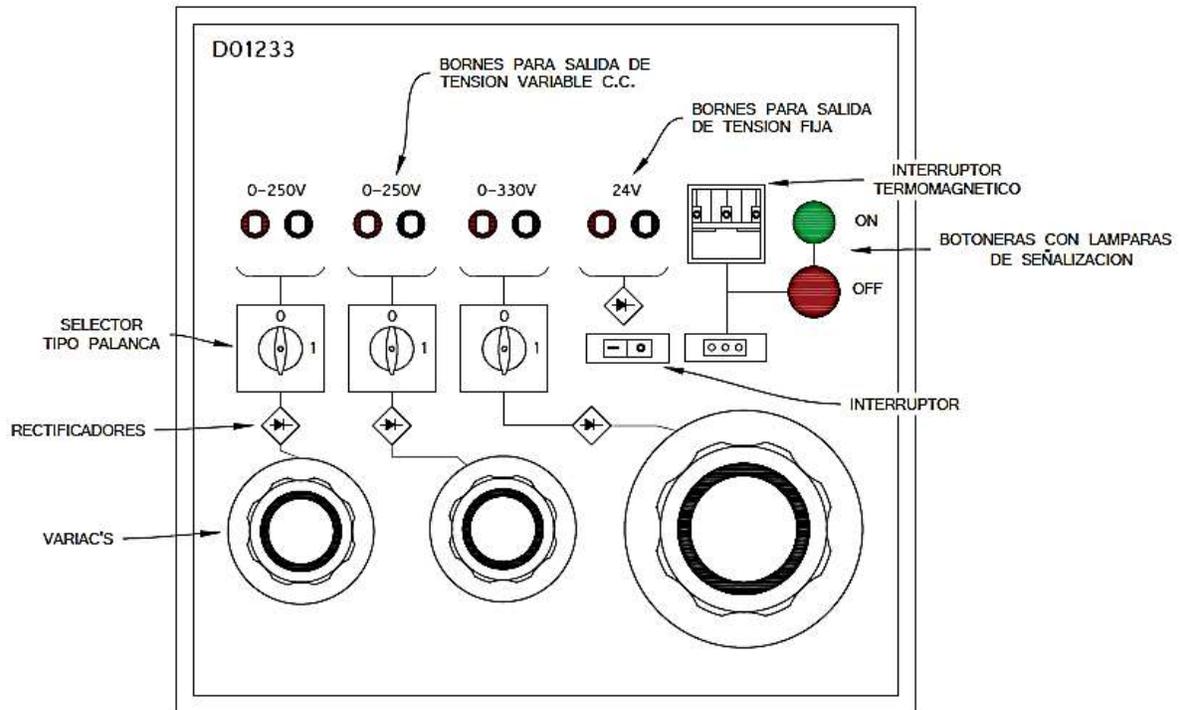


Figura 3-7. Representación frontal del alimentador corriente continua D01233.



Figura 3-8. Fotografía frontal del alimentador de corriente continua D01233.

**ADVERTENCIA: ¡Incluso cuando el interruptor termomagnético está hacia abajo, hay energía disponible detrás de la carátula del módulo! ¡Nunca mueva la fuente de energía sin desconectar primeramente el cable de entrada de la parte posterior del módulo o bajar el interruptor de la caja o gabinete de fusibles!**

La fuente de energía está totalmente protegida contra sobrecargas o cortos circuitos, debido a que cuenta con un interruptor termomagnético general 3 $\Phi$  en el tablero frontal y fusibles tipo cilíndricos de porcelana de diferente capacidad, todas las demás salidas tienen sus propios selectores tipo palanca y botonera de seguridad.

Durante periodos breves la corriente de salida puede sobrepasar considerablemente su valor nominal sin que se produzcan daños en la fuente o trastornos en los interruptores. Esto es especialmente útil cuando se estudian motores eléctricos con sobrecargas o en condiciones de arranque en que se requieren corrientes entre 10 y 20 Amperes.

Todas las fuentes de energía se pueden usar en forma simultánea a condición de que la corriente total requerida no exceda el valor nominal del interruptor. Si maneja con cuidado la fuente de energía, esta le proporcionará un servicio seguro y sin peligros.

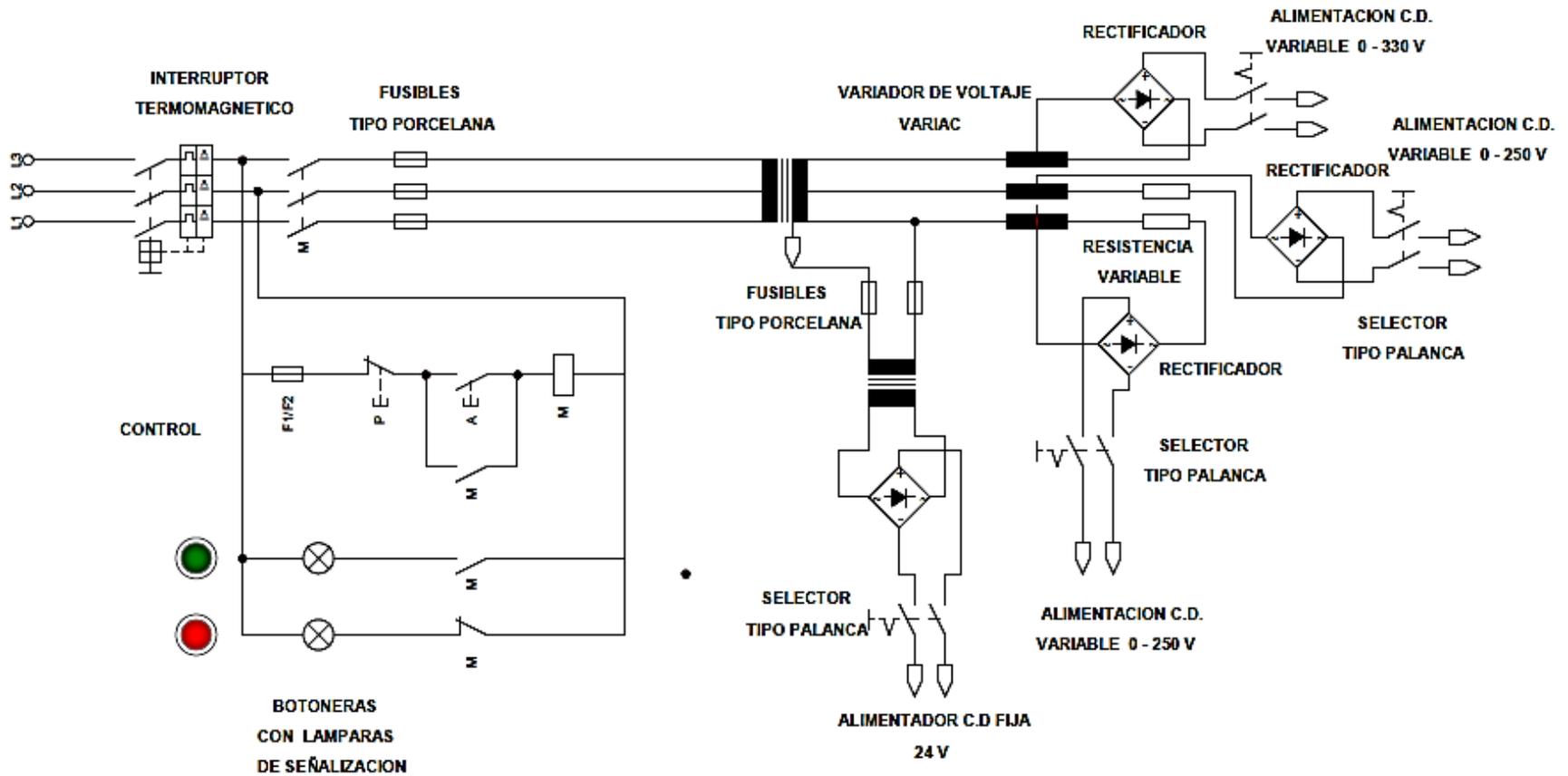
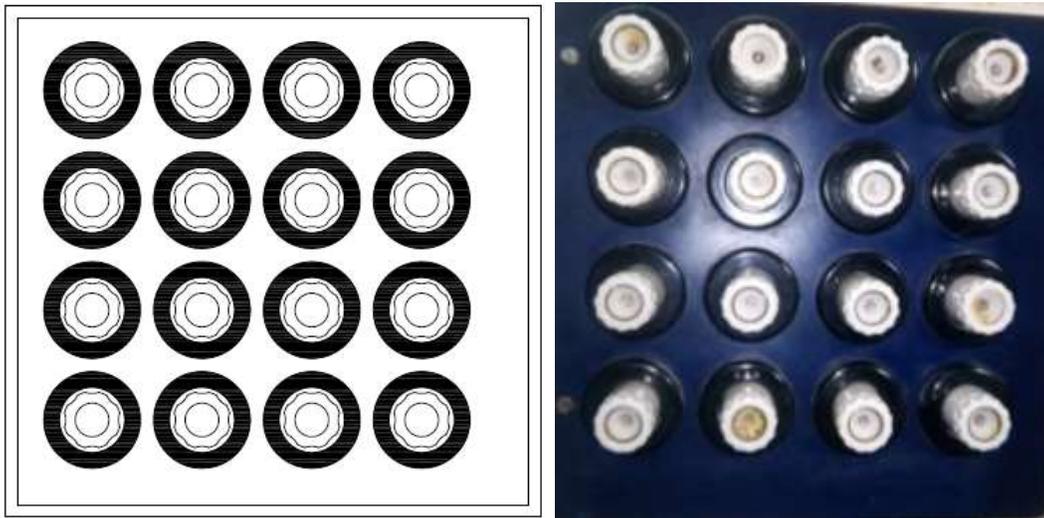
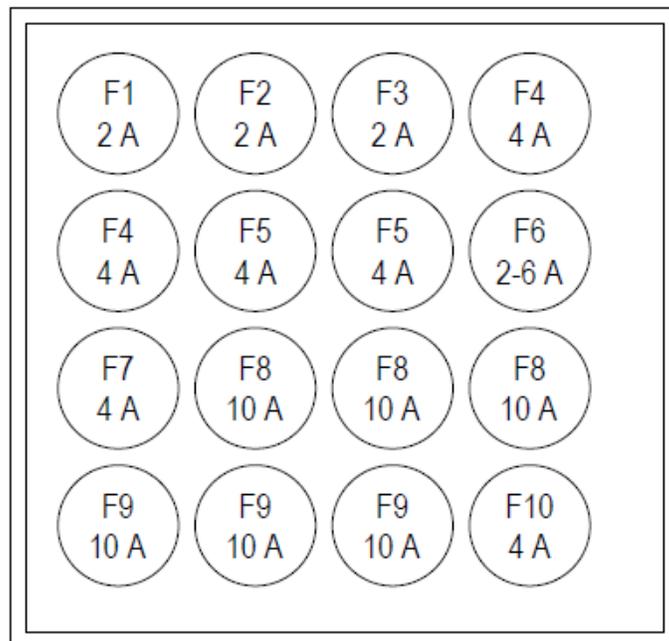


Diagrama ilustrativo 1-2. Esquema eléctrico de la fuente D01233 - Alimentador de corriente continua. CADe SIMU (versión 3)[software.

**Figura 3-9** Representación trasera del alimentador de corriente continua D01233 con sus respectivos valores y designación para cada fusible cilíndrico de porcelana.



**FIGURA A.** Representación física



**FIGURA B.** Representación simbólica y de carácter informativo

## MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTANTES EN VERSIÓN DIDÁCTICA

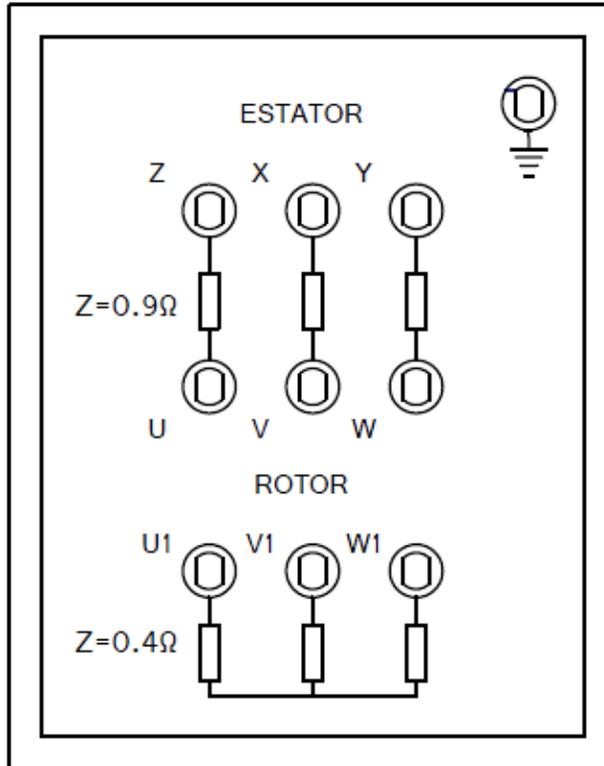
### D00208 - Motor asíncrono trifásico de anillos (código 900604)

Forma constructiva B3, con rotor y escobillas fijas. normas y tolerancias CEI. Dos salidas del árbol.

- Potencia 2.8 kW
- Tensión 220 V (380 V)
- Velocidad 1450/ 1700 r.p.m. - 50/ 60 Hz



Figura 3-10. Motor asíncrono trifásico de anillos - D00208.



**Figura 3-11.** Representación de panel de bornes del **D00208 - Motor asíncrono trifásico de anillos..**

**D00206NT - Máquina síncrona trifásica reversible (código 900602)**

Forma constructiva B3. excitación separada, completa de jaula para el auto arranque, normas y tolerancias CEI. Dos salidas del árbol predispuestas para funcionar. Predispuesta para funcionar:

- ✓ Como generador
  - Potencia 3 kVA –  $\cos \theta = 0.8$
  - Tensión 220 V (380 V)
  - Frecuencia 50/ 60 Hz
  - Velocidad 1500/ 1800 r.p.m.
- ✓ Como motor
  - Potencia de 1.8 kW –  $\cos \theta = 1$
  - Tensión 220 V
  - Frecuencia 50/ 60 HZ
  - Velocidad 1500/ 1800 r.p.m.



Figura 3-12. Maquina síncrona trifásica reversible - D00206NT .

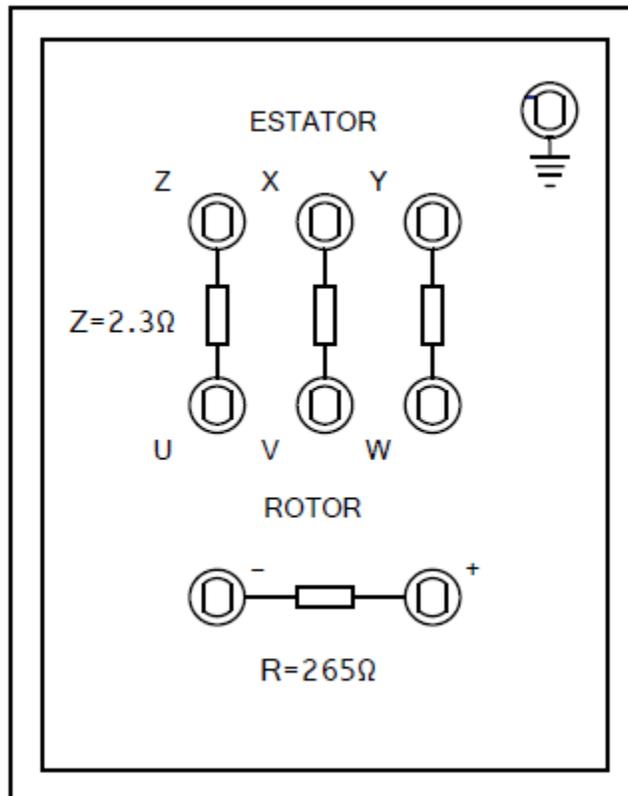


Figura 3-13. Representación de panel de bornes de D00206NT - Maquina síncrona trifásica reversible

### D01236 - Máquinas de corriente continua reversible (código 900600)

Forma constructiva B3 - Protección P21.

La máquina está predispuesta para funcionar con los siguientes tipos de excitación:

- Separada
- Shunt
- Compound larga y corta derivación.
- Serie

De doble salida de árbol, puede funcionar:

- ✓ Como motor:
  - 1.4 kW
  - Tensión 220 V (como motor)
  - Velocidad 1500 r.p.m.
- ✓ Como dinamo:
  - 1.8 kW
  - Tensión 220 V
  - Velocidad 1500 r.p.m.



Figura 3-14. Máquinas de corriente continua reversible - D01236.

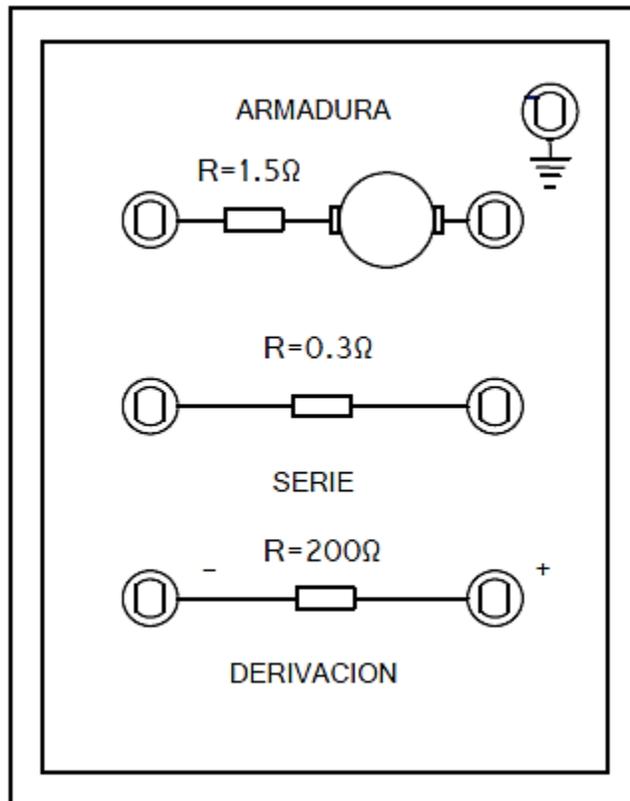


Figura 3-15. Representación de panel de bornes de D01236 - Máquinas de corriente continua reversible

**D00205NT - Máquina de corriente continua reversible (código 900601)**

Forma constructiva B3 - Protección P21 con dos salidas de árbol.

Excitación:

- Separada
- Shunt
- Compound larga y corta derivación.

Predispuesta para funcionar:

- ✓ Como motor:
  - Potencia 2.7 kW
  - Tensión 220 V
  - Velocidad 1500 r.p.m.
- ✓ Como dinamo:
  - Potencia 3 kW
  - Tensión 220 V
  - Velocidad 1500 r.p.m.



Figura 3-16. Máquina de corriente continua reversible D00205NT.

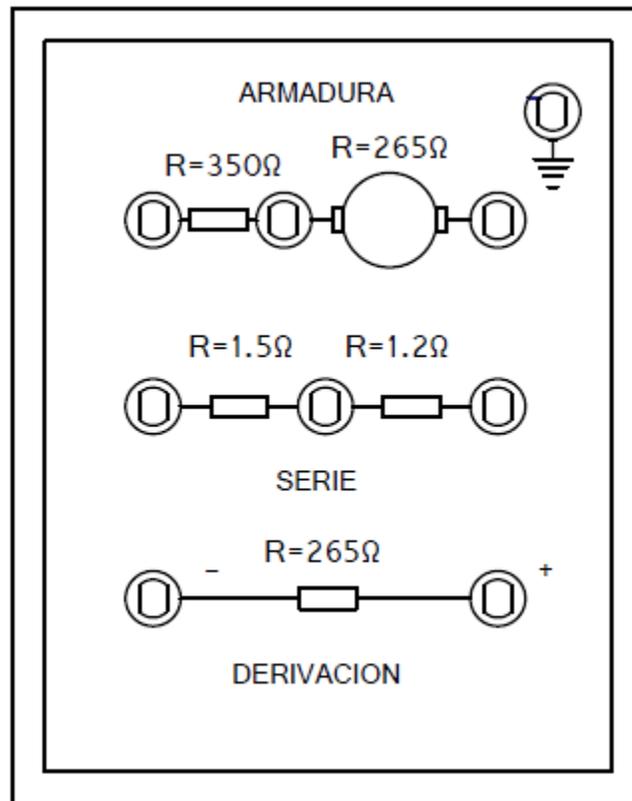


Figura 3-17. Representación de panel de bornes de D00205NT - Máquina de corriente continua reversible.

## ACCESORIOS Y COMPLEMENTOS DE LABORATORIO

D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona. (Código 901504)

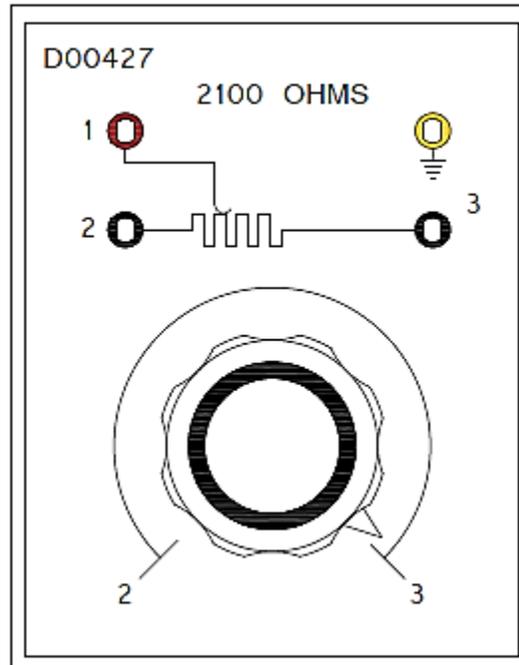


Figura 3-18. Representación del reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona..

D00429 - Reóstato para maquina asíncrona D00208 - Regulación de escalón. (Código 901506)

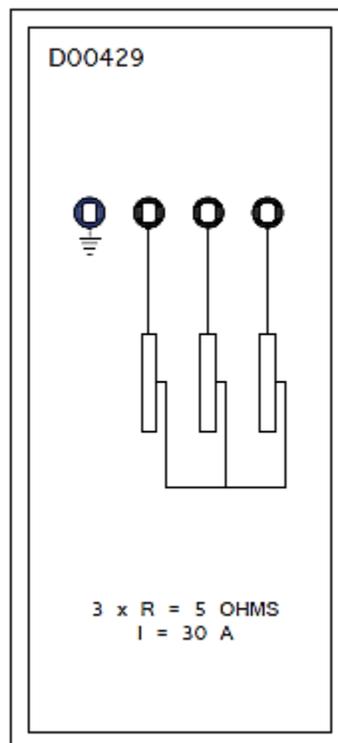
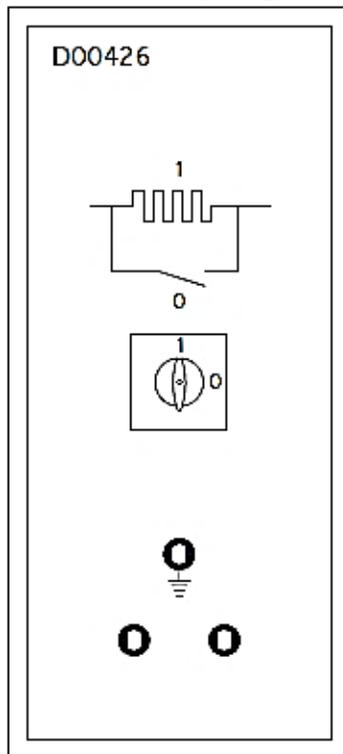


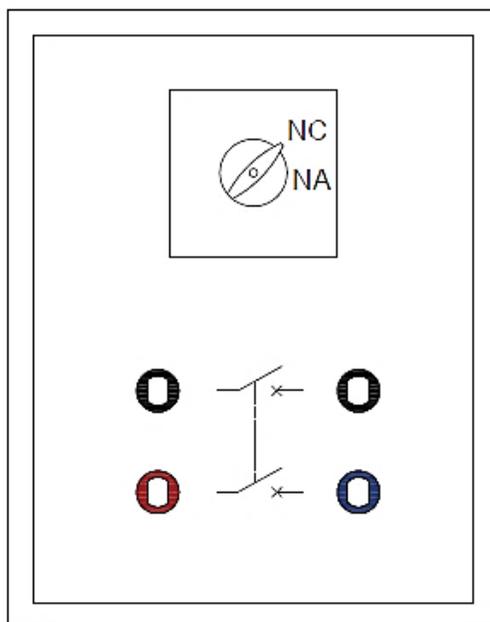
Figura 3-19. Representación del reóstato para maquina asíncrona D00208 - Regulación de escalón.

**D00426 - Reóstato de arranque para motores de C.C. (Código 901503)**



**Figura 3-20.** Representación del reóstato de arranque para motores de C.C

**Módulo de interruptor de paso de dos vías.**



**Figura 3-21.** Representación del módulo de interruptor de paso de dos vías.

### Embragues de acoplamiento.

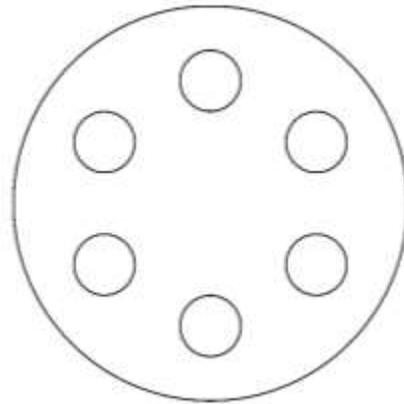


Figura 3-22. Representación de los embragues de acoplamiento de los motores..

### D00221NTB - Carga óhmica (código 901507)

Trifásica y monofásica, con bornes externas - sobre ruedas.

P = 4 KW      V = 220 V

Regulación por conmutadores

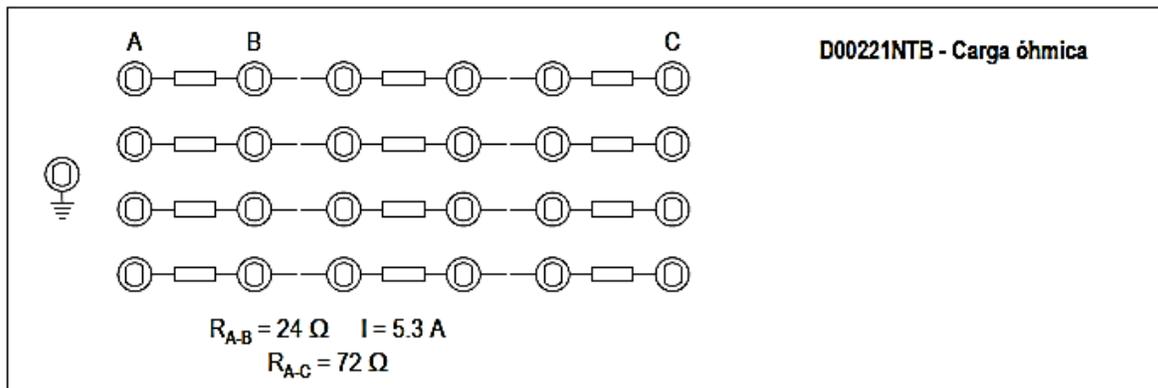


Figura 3-23 Representación de la carga óhmica..

### D00220NTB - Carga capacitiva (código 901500)

Trifásica y monofásica, con bornes externas - sobre ruedas.

P = 4 KW      V = 220 V

Regulación por conmutadores

### D00222NTB - Carga inductiva (código 901502)

Trifásica y monofásica, con bornes externas - sobre ruedas.

P = 4 KW      V = 220 V

Regulación por conmutadores

### D00225 - Transformador trifásico (código 902702) sobre ruedas

P = 4 KVA

V1 = 220/380 V

V2 = 127 - 220 - 254 - 380 - 440 - 508 - 880 V

Según las conexiones: triángulo, estrella, doble triángulo, doble estrella, zig-zag

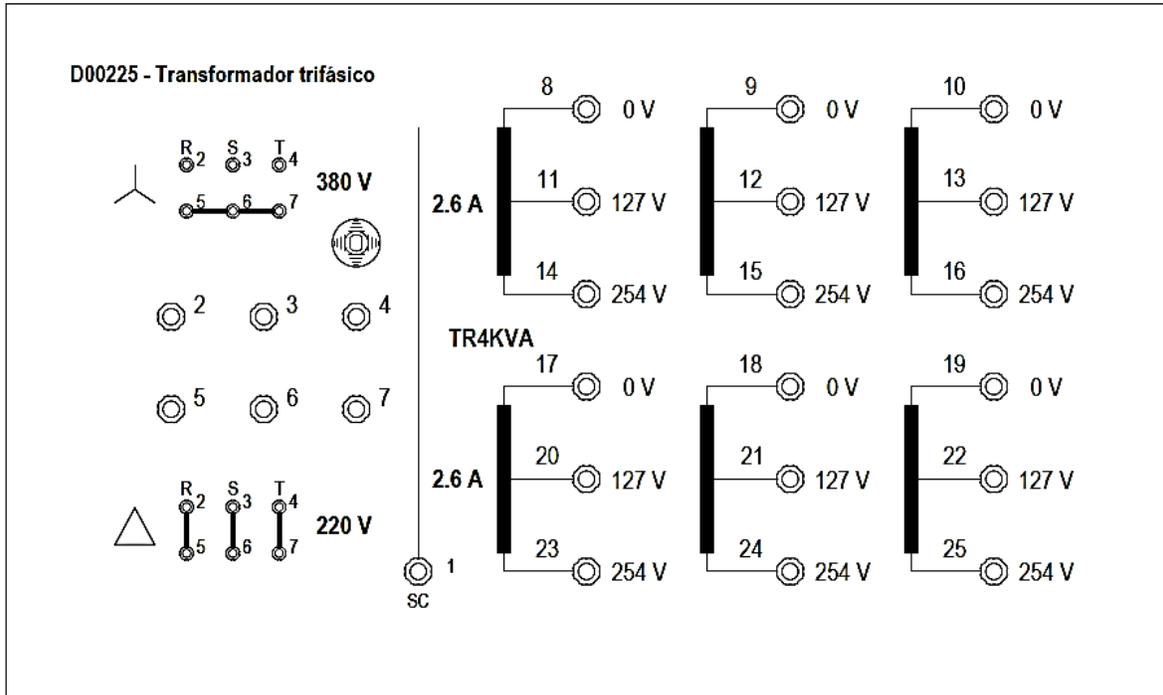


Figura 3-24 Representación transformador trifásico tanto D00225 y D00227.

### D00227 - Transformador trifásico (código 902704) sobre ruedas

P = 4 KVA

V1 = 220 - 380 V

V2 = 127 - 220 V

Tensión secundaria por formular.

## **PUESTA EN MARCHA PARA MOTORES DIDACTA ITALIA**

### **CONDICIONES PARA PONER EN MARCHA UN EQUIPO ELÉCTRICO**

la realización del trabajo en condiciones de seguridad requiere seguir deliberadamente un procedimiento apropiado para cada labor, antes de emprender una tarea debe tener su perfecto conocimiento de lo que se tiene que hacer y de cómo se ha realizado.

Inspección visual de todo el equipo eléctrico, todo Inicia con una inspección visual del equipo para ver las condiciones que se encuentra

Condiciones del equipo.

- A. Daño En Sus Devanados
- B. Humedad.
- C. Suciedad
- D. Terminales Con Falsos Contactos
- E. Rodamientos
- F. Limpieza

### **ADECUACIÓN DEL ESPACIO Y LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA NECESARIA PARA ALIMENTAR EL EQUIPO ELÉCTRICO**

- A. Instalación y revisión del equipo de alimentación y protección.
- B. Revisión de dispositivos de seguridad y de protección
- C. Revisión y conexión de la puesta a tierra de los equipos
- D. Adecuación de los espacios e instalaciones necesarias para tener un lugar seguro y apropiado
- E. Mantenimiento, limpieza, pruebas eléctricas y mecánicas a diferentes equipos.
  - a. Pruebas eléctricas
  - b. Ajuste y revisión de terminales

En el documento que describe los equipos Italia didacta, menciona normas y tolerancias CEI, aunque debido a la poca descripción de las características de cada equipo y al cambio constante de las normas esta se aleja de las normas utilizadas hace 30 años desde la creación de estos equipos. Por lo que se tomaran solo consideraciones muy generales.

La norma IEC 60034, es la Norma internacional de la Comisión Electrotécnica Internacional para máquinas eléctricas rotativas vigente. Otra norma considerada actualmente es NEMA MG1, las cuales solo seguiremos consideraciones de funcionamiento y recomendaciones.

el reglamento ITC-BT-47 y ITC-BT-40 se enfoca a la electrotecnia para baja tensión en España y su objetivo es determinar los requisitos de instalación orientados a los motores y herramientas y cumplen con las directivas europeas, debido a su fácil acceso. el uso CEI 64-8, normas italianas, son más adecuadas pero debido al difícil acceso de las normas se optarán por las primera mencionada.

ITC-BT-40 Instalaciones generadoras de baja tensión

ITC-BT-47 Instalación de Motores

Por lo que se tomara datos generales y se orientara para el análisis previo, arranque de los motores, en el libro Accionamiento de máquinas, 30 tipos de motores. debido a que solo es un análisis para generar estimaciones de operación de nominal y arranque, además de que son unas normas más cercanas a las que posiblemente fueron utilizadas en la construcción de estas máquinas rotativas, también por su fácil acceso.

Las estimaciones de operación sin carga son en promedio menor a operación nominal.

Este análisis tiene el propósito de considerar el comportamiento del motor, previo de un arranque seguro, para conocer una aproximación de la variable que podríamos obtener al arranque de este motor, de esta manera aseguramos la seguridad de los equipos a utilizar, como son; fuentes de alimentación, medidores de c-a, contactores o pastillas e incluso cables o conductores de conexión.

Motores de corriente continua		Motores de corriente alterna	
Potencia nominal del motor	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente de arranque y la de la plena carga	Potencia nominal del motor	Constante máxima de proporcionalidad entre la intensidad de la corriente de arranque y la de la plena carga
De 0.75 kW a 1.5 kW	2.5	De 0.75 kW a 1.5 kW	4.5
De 1.5 kW a 5.0 kW	2.0	De 1.5 kW a 5.0 kW	3.0
De más de 5.0 kW	1.5	De 5.0 kW a 15 kW	2.0
		De más de 15.0 kW	1.5

**Figura 4-1.** Intensidades de arranque permitidas por el reglamento electromecánico de baja tensión, según potencia de los motores (ITC-BT-47). Roldán Viloría José (2005) Motores eléctricos. Accionamiento de máquinas, 30 tipos de motores.

## D00208 - MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ANILLOS

### Análisis nominal

Datos obtenidos del documento MAE10DT que describe muy brevemente los equipos y sus características.

Una potencia de 2,8 kW

Funciona a un voltaje de 220/380 volts dependiendo de la conexión delta/estrella

1450/1700 rpm dependiendo de la frecuencia de entrada 50/60 Hz

Tomaremos a consideración parámetros faltantes que se consideran importante en la placa de datos de un motor trifásico de inducción. Dentro de características típicas de motores de inducción.

Eficiencia para motores pequeños (menores a 15 HP) es alta, pero consideraremos una eficiencia baja de 70% debido al tiempo (aproximadamente 30 años) y al estado desgastado en el que se encontraban, antes de su restauración, tomando en consideración la tabla 4-3 y la figura 4-1, para tener una referencia en cuanto a el factor de potencia, eficiencia y al factor para conocer la intensidad de corriente al arranque.

Consideraremos un factor de potencia de 0.8

Carga	Corriente (por unidad)		Par o momento de torsión (por unidad)		Deslizamiento (por unidad)		Eficiencia		Factor de potencia	
	Pequeño*	Grande*	Pequeño	Grande	Pequeño	Grande	Pequeño	Grande	Pequeño	Grande
Tamaño del motor										
Plena carga	1	1	1	1	0.03	0.004	0.7 a 0.9	0.96 a 0.98	0.8 a 0.85	0.87 a 0.9
Sin carga	0.5	0.3	0	0	≈0	≈0	0	0	0.2	0.05
Rotor bloqueado	5 a 6	4 a 6	1.5 a 3	0.5 A 1	1	1	0	0	0.4	0.1

\*Pequeño(a) significa menos de 11 kW (15 hp); grande significa más de 1120 kW (1500 hp) y hasta 25000 hp

**Figura 4-2.** Características típicas de motores de inducción. Roldán Vilorio José (2005) Motores eléctricos. Accionamiento de máquinas, 30 tipos de motores.

$$\eta\% = \frac{P_S}{P_E} \rightarrow P_E = \frac{P_S}{\eta} = \frac{2.8 \text{ KW}}{0.7} = 4 \text{ KW}$$

$$P_E = \sqrt{3} V I \cos \theta \rightarrow I = \frac{P_E}{\sqrt{3} V \cos \theta} = \frac{4 \text{ KW}}{\sqrt{3} (220 \text{ V}) (0.8)} = 13.12 \text{ A}$$

Por lo que se puede afirmar que la corriente nominal se encuentra dentro de los parámetros siguiendo la referencia de la Figura 4-3. Valores orientativos de las intensidades nominales de motores trifásicos.

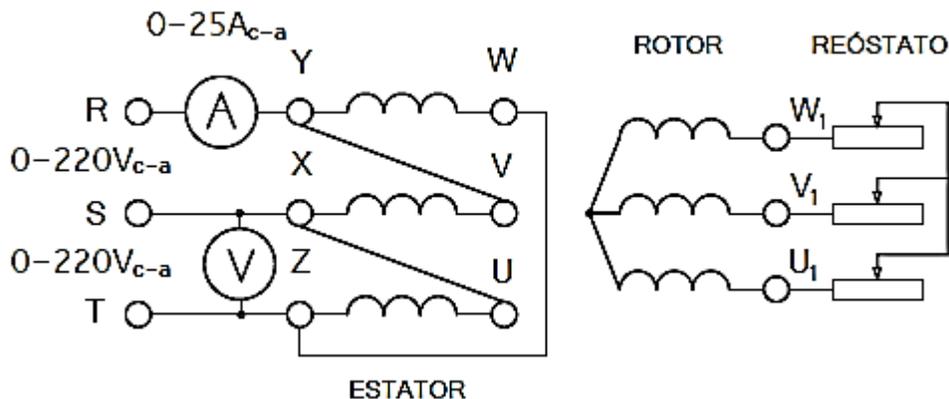
$$I_{\text{arranque}} = 3 (13.12 \text{ A}) = 39.36 \text{ A}$$

Potencias nominales de motores	Valores orientativos de las intensidades nominales de motores trifásicos					Potencias nominales de motores	Valores orientativos de las intensidades nominales de motores trifásicos con 4 polos, según NFC63-110, 1970		
	Según BS 587, 1957	Según ANSI CI-1975 y CSA C22.1-1972					Kw	220 V	380 V
HP	415 V A	115 V A	230 V A	460 V A	575 V A			A	A
1/2	—	4	2	1	0,8	0,55	2,75	1,6	1,2
3/4	—	5,6	2,8	1,4	1,1	0,75	3,5	2	1,5
1	2	7,2	3,6	1,8	1,4	1,1	4,4	2,6	2
1 1/2	2,5	10,4	5,2	2,6	2,1	1,5	6	3,5	2,6
2	3,5	13,6	6,8	3,4	2,7	2,2	8,7	5	3,8
3	5	—	9,6	4,8	3,9	3	11,5	6,6	5
4	6,5	—	—	—	—	4	14,5	8,5	6,5
5	7,5	—	15,2	7,6	6,1	5,5	20	11,5	9
7 1/2	11	—	22	11	9	7,5	27	15,5	12
10	14	—	28	14	11	10	35	20	15
12 1/2	17	—	—	—	—	11	39	22	17
15	21	—	42	21	17	15	52	30	23
20	28	—	54	27	22	18,5	64	37	28,5
25	35	—	68	34	27	22	75	44	33
30	40	—	80	40	32	30	103	60	45
35	47	—	—	—	—	37	126	72,5	55
40	55	—	104	52	41	45	147	85	65
45	60	—	—	—	—	55	182	105	80
50	66	—	130	65	52	75	239	138	105
60	80	—	154	77	62	90	295	170	129
70	95	—	—	—	—	110	356	205	156
75	—	—	192	96	77	132	425	245	187
80	105	—	—	—	—	160	520	300	228
90	120	—	—	—	—	200	640	370	281
100	135	—	248	124	99	220	710	408	310
125	165	—	312	156	125	250	823	475	360
150	200	—	360	180	144				
175	230	—	—	—	—				
200	260	—	480	240	192				
225	290	—	—	—	—				
250	325	—	602	302	242				
300	385	—	—	361	289				
350	450	—	—	414	336				
400	500	—	—	477	382				
500	—	—	—	590	472				

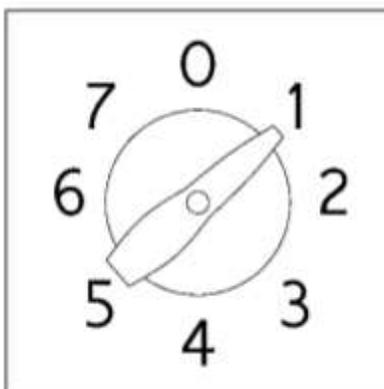
Figura 4-3. Valores orientativos de las intensidades nominales de motores trifásicos según especificaciones británicas (BS), americanas (ANSI), canadiense (CSA) y francesa (NF) . Roldán Viloria José (2005) Motores eléctricos. Accionamiento de máquinas.

## Puesta en marcha

**Advertencia:** ¡En este Experimento de Laboratorio se manejan altos voltajes! ¡No haga ninguna conexión cuando la fuente esté conectada! ¡La fuente debe desconectarse después de hacer cada medición!



**Figura 4-4.** Representación de conexión de los devanados, conexión delta del motor asíncrono trifásico de anillos D00208.

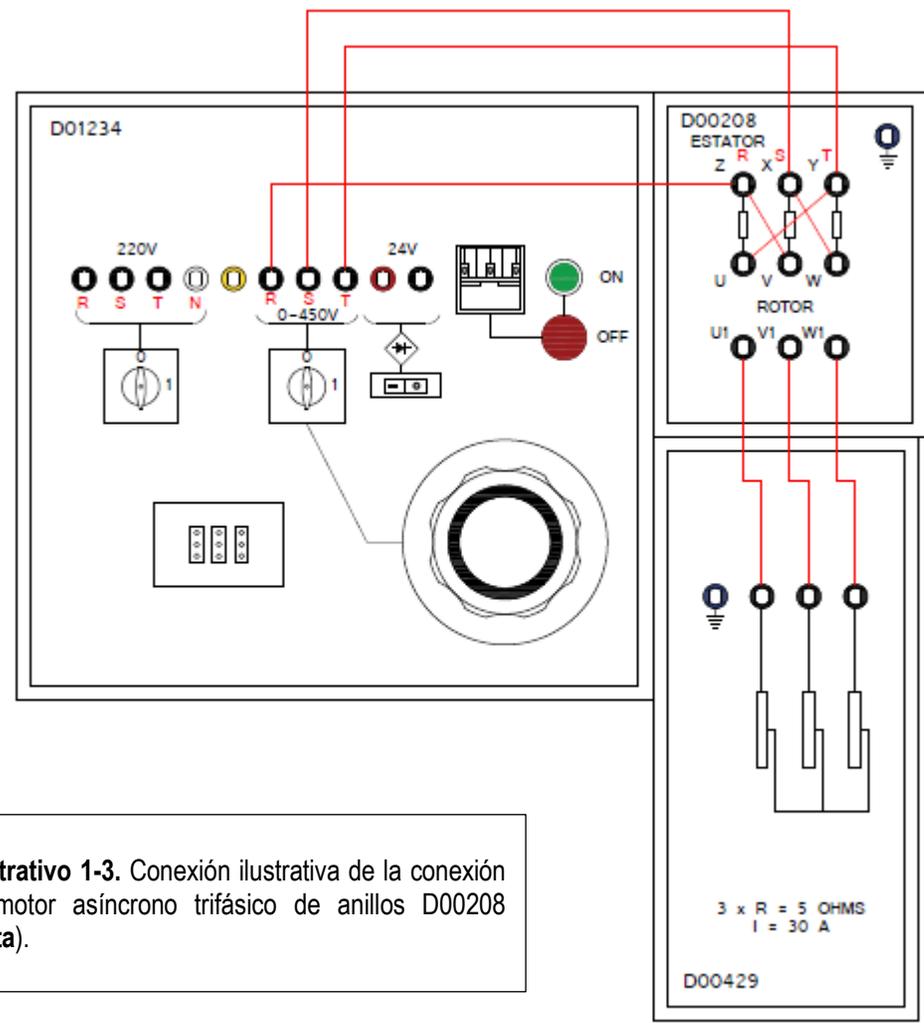


**Figura 4-5.** Representación del selector del reóstato D00429 para el arranque.

1. Conecte el circuito que se ilustra en la **figura 4-4** usando los **módulos; D01234 - alimentador corriente alterna, D00208 - Motor asíncrono trifásico de anillos, D00429 - Reóstato para maquina asíncrona-regulación de escalón y módulos de medición de c-a.** Puede apoyarse con el **diagrama ilustrativo 1-3.**

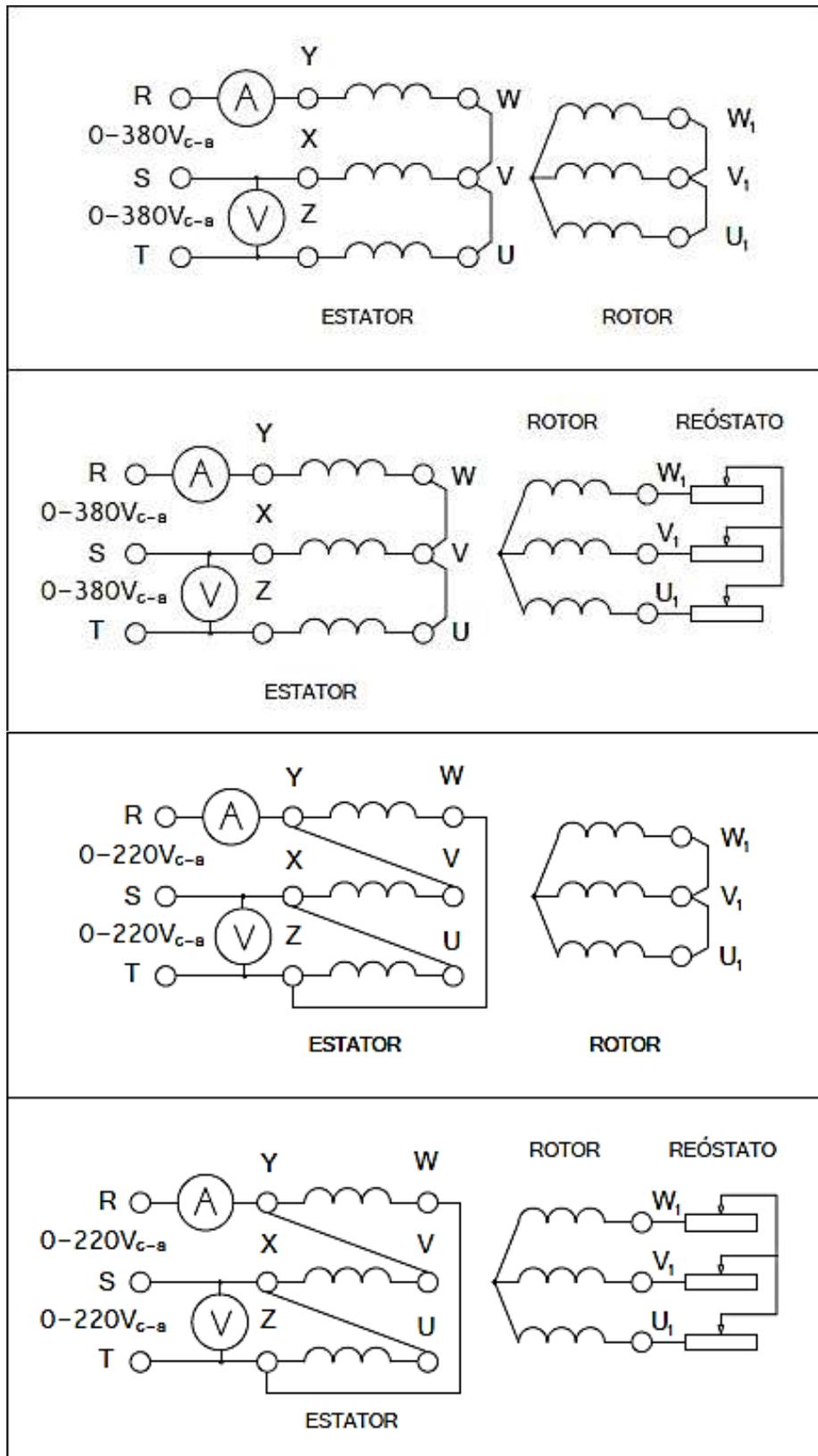
Observe que los devanados del estator están conectados en delta, con la capacidad de conectare en estrella. alimentado a través de la salida trifásica variable de la fuente de alimentación, terminales R, S y T. Los devanados del rotor están conectados al reóstato que internamente está conectado en estrella, de igual forma pueden conectarse uniendo solo las terminales W<sub>1</sub> V<sub>1</sub> U<sub>1</sub> (conexión estrella).

**La posición del selector del reóstato debe estar en su mínima resistencia como se muestra en la figura 4-5, posición 1 y nunca en la posición 0.**



**Diagrama ilustrativo 1-3.** Conexión ilustrativa de la conexión eléctrica del motor asíncrono trifásico de anillos D00208 (conexión delta).

Diagrama ilustrativo 1-3. Conexión ilustrativa de la conexión eléctrica del motor asíncrono trifásico de anillos D00208 (conexión delta).



**Figura 4-6.** Posibles formas de conexión, las primeras dos conexiones representan al estator en conexión estrella, las segundas en conexión delta, con o sin el Reóstato para maquina asincrona conectado al rotor.

**2. Encienda las fuentes de alimentación. suba la pastilla termomagnética** correspondiente del gabinete o caja de distribución eléctrica, **suba el interruptor de seguridad de la caja de fusible** (cuchillas) correspondiente, **suba el interruptor termomagnético** (encendido) del módulo de alimentación D01233 - alimentador corriente continua, **apriete la botonera de encendido** (verde), **mueva el selector tipo palanca de 0 a 1** para energizar de los bornes de alimentación.

**3.** Mueva el selector tipo palanca de **0 a 1** para energizar de los bornes de alimentación **R, S y T**, ajuste el voltaje a **380V c-a o 220V c-a, conexión estrella o delta** respectivamente y coloque el reóstato en resistencia máxima en **R1** como se muestra en la **figura 4-5**, nunca en la posición cero para el arranque ni en una posición mayor a 2. El motor debe comenzar a funcionar.

**4.** Mida y compare los valores con la **Tabla 1-1**.

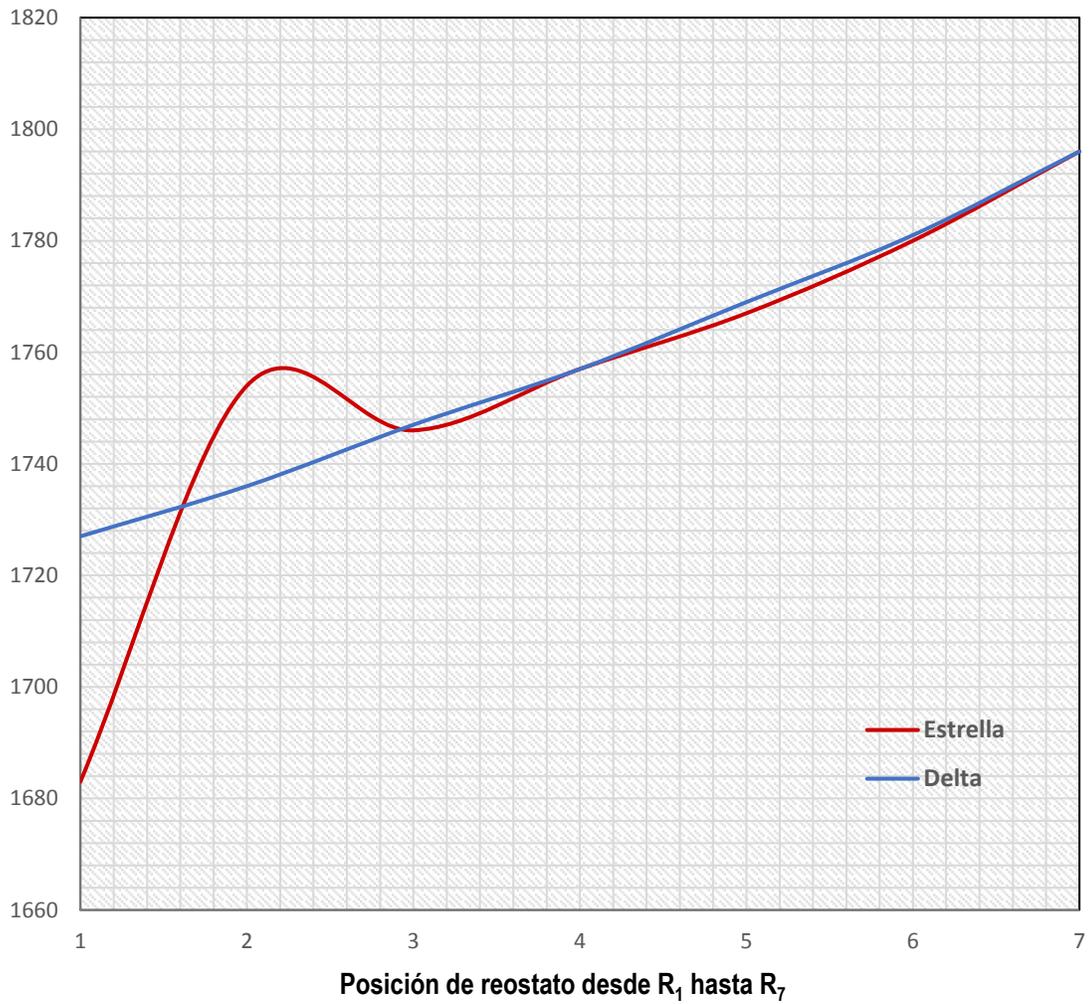
**5.** Mueva el **selector tipo palanca del reóstato** regulable para cada resistencia, para variar velocidad del motor, puede comprobar la de velocidad del motor por medio de un tacómetro.

**6.** Reduzca el voltaje a cero y coloque el selector de palanca de **1 en 0 (abierto)** y presione la **botonera de paro (roja)**.

Conexión Estrella					Conexión Delta				
Resistencia		Estator		Revolución	Resistencia		Estator		Revolución
Posición	Ohm	V <sub>LINEA</sub>	I <sub>LINEA</sub>	R.P.M.	Posición	Ohm	V <sub>LINEA</sub>	I <sub>LINEA</sub>	R.P.M.
R <sub>7</sub>	13,16	380	7	1683	R <sub>7</sub>	13,16	220	14	1727
R <sub>6</sub>	12,48	380	7	1754	R <sub>6</sub>	12,48	220	14	1736
R <sub>5</sub>	9,34	380	7	1746	R <sub>5</sub>	9,34	220	14	1747
R <sub>4</sub>	8,57	380	7	1757	R <sub>4</sub>	8,57	220	14	1757
R <sub>3</sub>	7,2	380	7	1767	R <sub>3</sub>	7,2	220	14	1769
R <sub>2</sub>	6,1	380	7	1780	R <sub>2</sub>	6,1	220	14	1781
R <sub>1</sub>	3,6	380	7	1796	R <sub>1</sub>	3,6	220	14	1796

**Tabla 1-1.** Característica de funcionamiento del Motor asíncrono trifásico de anillos D00208 debido a las diferentes posiciones del reóstato D00429 desde R1 hasta R7 .

### Velocidad (RMP)



**Gráfica 1-1.** Comportamiento del motor asíncrono de anillos conexión estrella y conexión delta, representa la velocidad del motor mediante las posiciones desde R1 hasta R7 del reóstato D00429, correspondiente a la tabla 1-1.

## D00206NT - MAQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE

### Análisis nominal

Datos obtenidos del documento MAE10DT que describe muy brevemente los equipos y sus características.

Una potencia de 1,8 kW con un factor de potencia unitario

Funciona a un voltaje de 220 volts conexión delta

1800 rpm con una frecuencia de entrada 60 Hz

se considerará una eficiencia baja de 70% para el análisis nominal, aunque el motor al ser puesto en funcionamiento no requiera la energía que a plena carga debido que las pruebas son llevadas a cabo sin carga.

$$\eta\% = \frac{P_S}{P_E} \rightarrow P_E = \frac{P_S}{\eta} = \frac{1.8 \text{ KW}}{0.7} = 2.57 \text{ KW}$$

$$P_E = \sqrt{3} V I \cos \theta \rightarrow I = \frac{P_E}{\sqrt{3} V \cos \theta} = \frac{2.57 \text{ KW}}{\sqrt{3} (220 \text{ V}) (1)} = 6.74 \text{ A}$$

Con la referencia de las intensidades de arranque permitidas por el reglamento electromecánico de baja tensión, según potencia de los motores (ITC-BT-47) de la tabla 4-1. Debido a que un motor de 1.8 kW se encuentra entre 1.5 kW a 5.0 kW se recomienda analizar con un factor de la proporción de la intensidad de arranque entre la nominal de 3.

$$I_{\text{arranque}} = 3 (6.74 \text{ A}) = 20.2 \text{ A}$$

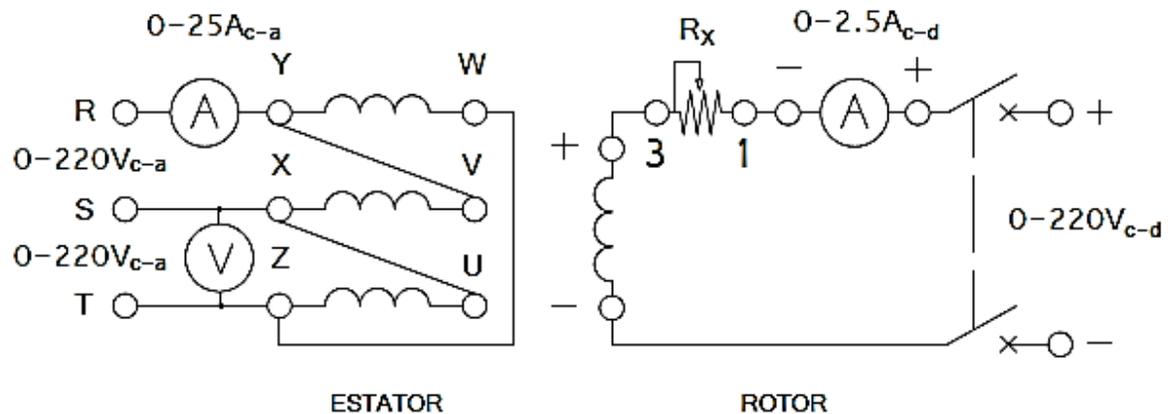


Figura 4-7. Esquema eléctrico de la máquina síncrona trifásica reversible D00206NT.

**Diagrama ilustrativo 1-4.** Conexión ilustrativa de la conexión eléctrica de la maquina síncrona trifásica reversible D00206NT (conexión delta en el estator).

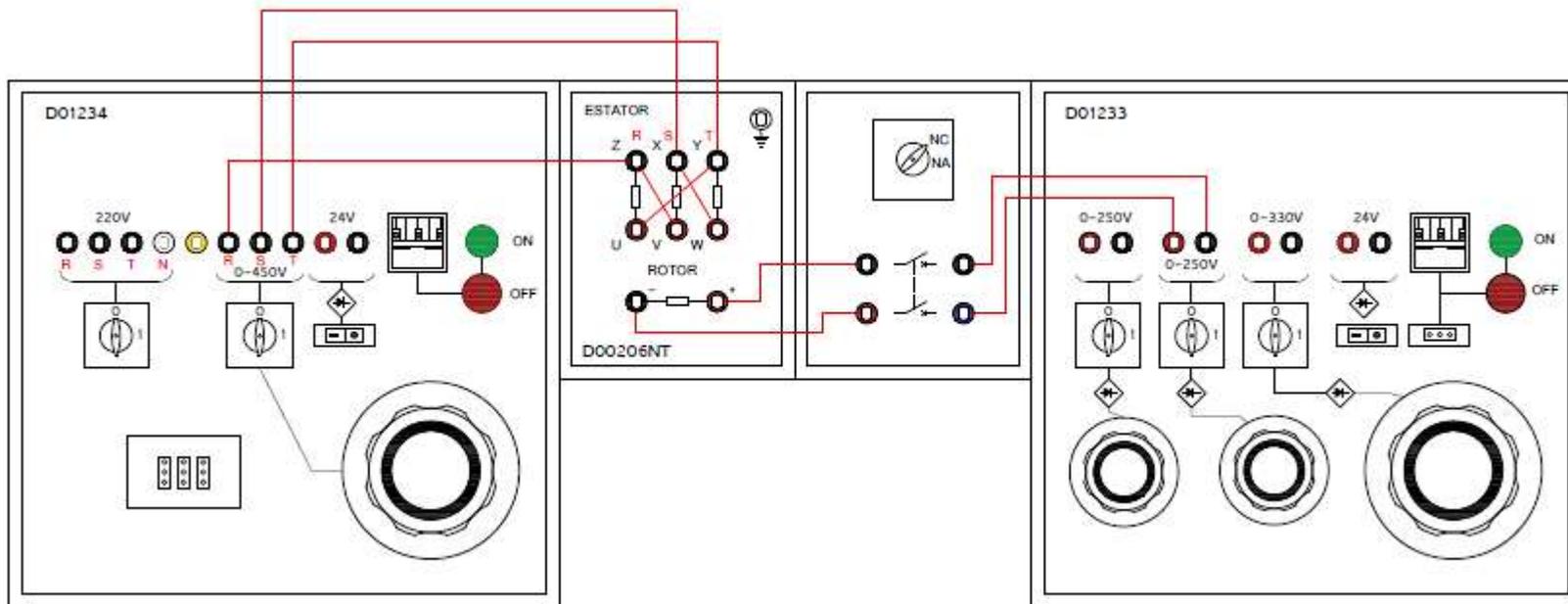


Diagrama ilustrativo 1-4. Conexión ilustrativa de la conexión eléctrica de la maquina síncrona trifásica reversible D00206NT (conexión delta en el estator).

## Procedimiento.

1. Conecte el circuito ilustrado en la **Figura 4-7** correspondiente al estator, utilizando los **módulos; D01234 - alimentador corriente alterna, D01233 - Alimentador de corriente continua, D00206NT - Maquina síncrona trifásica reversible, D00427 - Reóstato toroidal de excitación, Módulo de interruptor de paso de dos vías y módulos de medición de c-a y c-d.** Puede apoyarse con el **diagrama ilustrativo 1-4.**

Observe que los tres devanados del estator están conectados en delta a la **salida trifásica fija de 220Vc-a** de la fuente de alimentación, terminales **R, S y T.** Además, el devanado del rotor es alimentado con **salida variable de 220Vc-d** y el **flujo de corriente puede ser regulado con el reóstato o regulando el voltaje.**

**2. Encienda las fuentes de alimentación: suba la pastilla termomagnética** correspondiente al circuito del gabinete o caja de distribución eléctrica, **suba el interruptor de seguridad de la caja de fusible** (cuchillas) correspondiente para cada circuito, **suba el interruptor termomagnético** (encendido) del módulo de alimentación D01234 - alimentador corriente alterna, **apriete la botonera de encendido** (verde).

**3. Mueva el selector tipo palanca de 0 a 1** para energizar de los bornes de alimentación **R, S y T,** ajuste el voltaje a **220V c-a.** Observe que el motor comienza suavemente a funcionar y sigue operando como un motor ordinario de inducción.

**4. Conecte la fuente de alimentación D01233 - Alimentador de corriente continua** (salida variable de 0-250V c-d) hacia el **módulo de interruptor de paso de dos vías (en posición NA)** a los bornes del devanado de rotor (corriente continua + y -) como se muestra en la **figura 4-7, conecte el reóstato,** no cambie ninguna de las otras conexiones o los ajustes del control.

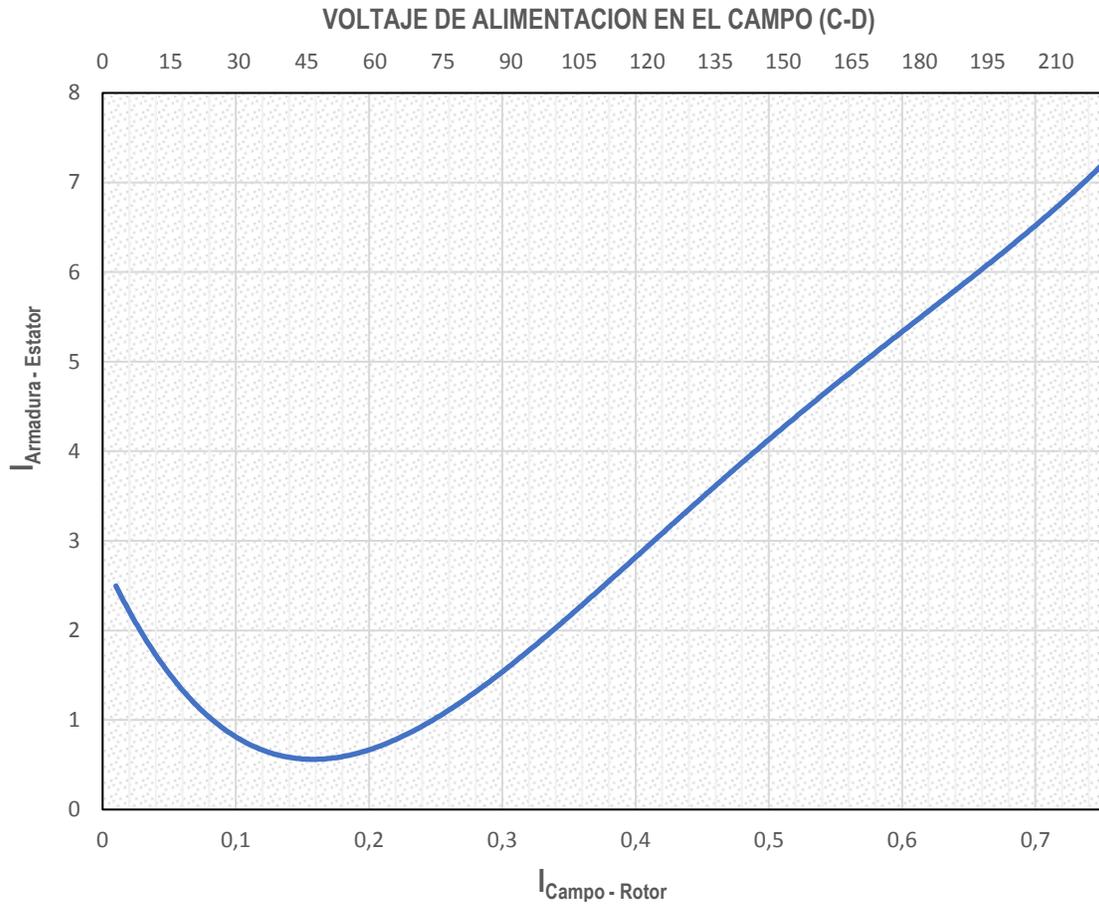
**5. Presione la botonera de encendido** del D01233 - Alimentador de corriente continua, **coloque el selector de palanca de 0 en 1,** ajuste cuidadosamente la salida de la fuente de alimentación a 220V c-d. **Cierre el Módulo de interruptor de paso de dos vías** (sincronización). con el reóstato toroidal o con la fuente ajuste la corriente que circula por los devanados del rotor, mida y observe el comportamiento del motor al variar la corriente directa de la armadura.

**6. Observe el comportamiento comparándolos con las Tabla 2-1 y gráfica 2-1**

**7. Reduzca el voltaje a cero, coloque el selector de palanca de 1 en 0** (abierto) y **presione la botonera de paro** (roja) para ambas fuentes.

Conexión Delta									
Campo - Rotor		Armadura - Estator		Revoluciones	Campo - Rotor		Armadura - Estator		Revoluciones
V <sub>CD</sub>	I <sub>CD</sub>	V <sub>CA</sub>	I <sub>CA</sub>	R.P.M.	V <sub>CD</sub>	I <sub>CD</sub>	V <sub>CA</sub>	I <sub>CA</sub>	R.P.M.
5	0.01	220	2.3	1800	110.2	0.39	220	2.6	1800
10.2	0.03	220	2	1800	120.6	0.42	220	3.1	1800
15.3	0.05	220	1.6	1800	124.1	0.43	220	3.2	1800
20.3	0.06	220	1.4	1800	130.9	0.46	220	3.46	1800
25	0.08	220	1.2	1800	135.1	0.47	220	3.8	1800
31	0.1	220	1	1800	139.8	0.49	220	3.9	1800
35	0.12	220	0.6	1800	146.5	0.51	220	4.2	1800
40	0.14	220	0.65	1800	150.8	0.52	220	4.4	1800
42	0.15	220	0.6	1800	155.8	0.54	220	4.6	1800
45	0.16	220	0.5	1800	160.1	0.56	220	4.8	1800
48	0.17	220	0.44	1800	165.7	0.58	220	5.1	1800
50	0.17	220	0.42	1800	169.5	0.59	220	5.2	1800
55.1	0.19	220	0.44	1800	175.3	0.61	220	5.42	1800
60.2	0.21	220	0.54	1800	179.5	0.62	220	5.6	1800
65.5	0.23	220	0.72	1800	185.1	0.64	220	5.8	1800
70.7	0.25	220	0.94	1800	191	0.66	220	6.1	1800
75.7	0.26	220	1.2	1800	195.7	0.67	220	6.2	1800
81.6	0.28	220	1.43	1800	201	0.69	220	6.4	1800
86.3	0.3	220	1.66	1800	205.1	0.7	220	6.6	1800
90.3	0.31	220	1.8	1800	210.8	0.72	220	6.8	1800
95.5	0.33	220	2.07	1800	215.2	0.73	220	6.9	1800
100.5	0.35	220	2.25	1800	220.2	0.75	220	7.1	1800
105.9	0.37	220	2.5	1800					

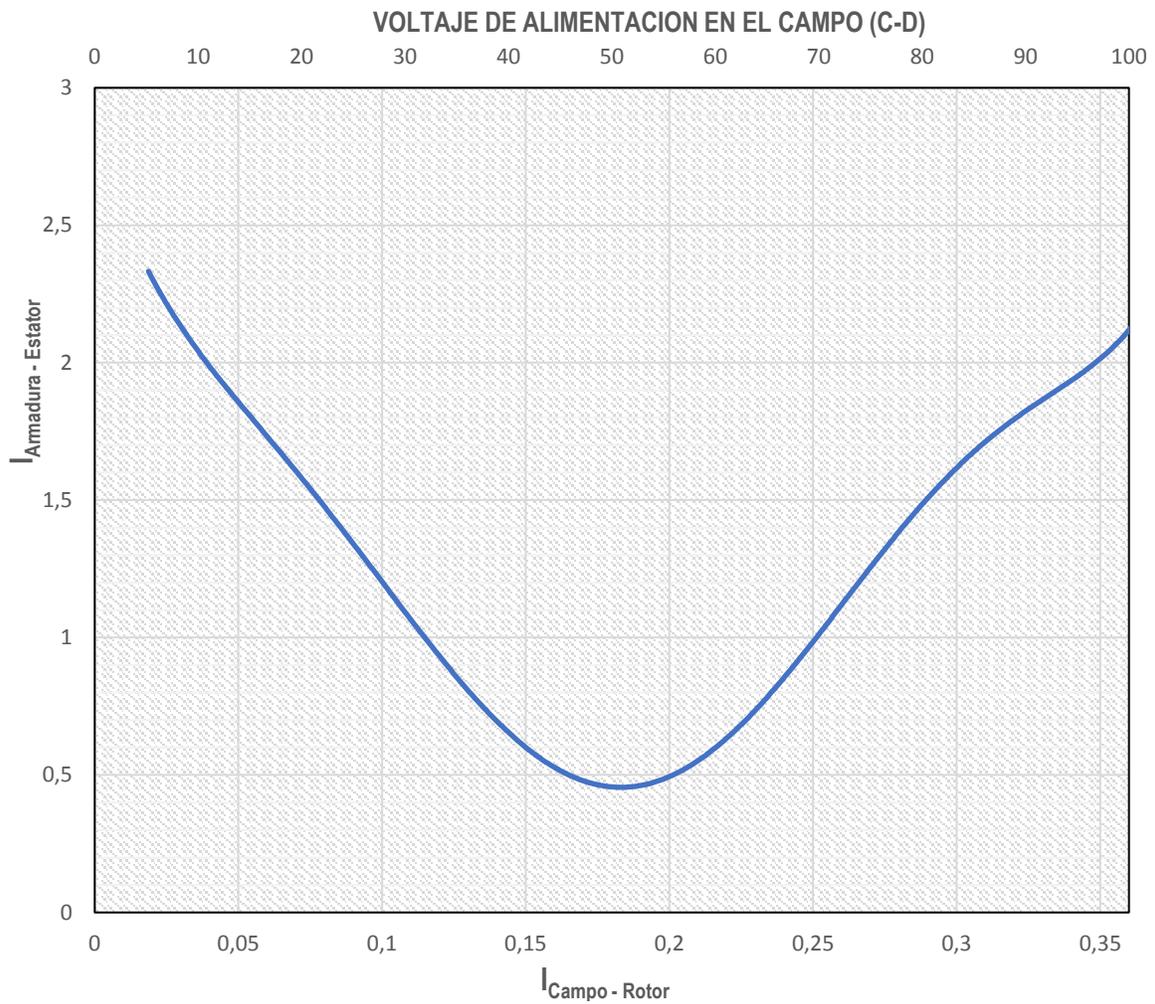
**Tabla 2-1.** Característica de funcionamiento de la maquina síncrona trifásica reversible D00206NT.



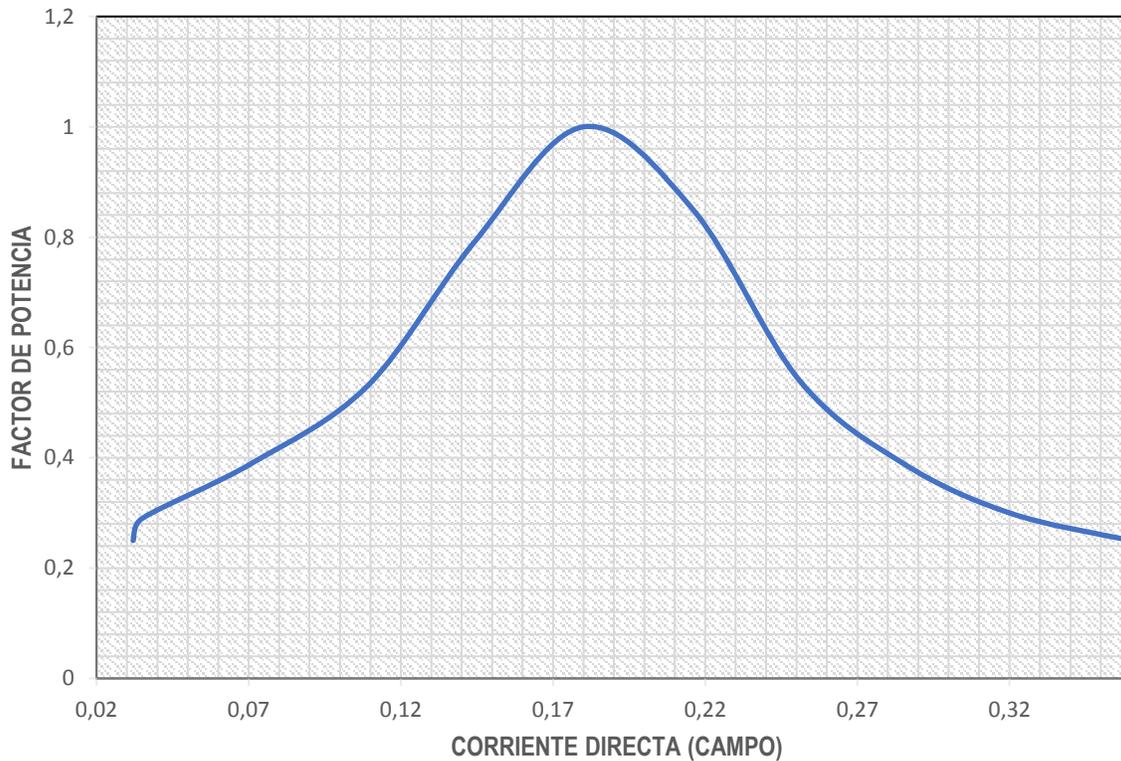
**Gráfica 2-1.** Comportamiento de la máquina síncrona trifásica reversible D00206NT, representa la corriente del estator (corriente alterna) y la corriente del rotor (corriente directa), correspondiente a la **tabla 2-1**

Conexión Delta								
Campo - Rotor		Armadura - Estator		Potencia			Factor de potencia	
V <sub>CD</sub>	I <sub>CD</sub>	V <sub>CA</sub>	I <sub>CA</sub>	Aparente VA	Activa W	Reactiva VARS		
5.2	0.032	220	2.3	930	264	900	0.25	inductivo
10.32	0.035	220	2.1	810	234	780	0.29	inductivo
20.34	0.071	220	1.5	582	216	540	0.39	inductivo
30.95	0.109	220	1.04	402	210	348	0.53	inductivo
40.64	0.144	220	0.68	264	204	168	0.79	inductivo
50.69	0.18	220	0.47	198	198	0	1	
60.71	0.216	220	0.6	228	198	132	0.85	capacitivo
70.7	0.251	220	0.95	366	198	312	0.54	capacitivo
80.2	0.285	220	1.64	510	198	474	0.39	capacitivo
90.1	0.32	220	1.75	690	204	660	0.3	capacitivo
100.6	0.36	220	2.16	858	210	834	0.25	capacitivo
110.4	0.39	220	2.56	1000	220	1000	0.22	capacitivo
120.1	0.42	220	2.94	1180	225	1160	0.19	capacitivo
130.9	0.47	220	3.37	1350	230	1330	0.18	capacitivo
140.5	0.5	220	3.73	1510	240	1480	0.16	capacitivo
150	0.53	220	4.06	1640	250	1620	0.16	capacitivo
160	0.56	220	4.42	1790	260	1770	0.15	capacitivo
170.5	0.59	220	4.79	1950	270	1930	0.15	capacitivo
180.6	0.62	220	5.12	2090	280	2070	0.14	capacitivo
190.1	0.65	220	5.47	2230	290	2210	0.14	capacitivo
200.8	0.69	220	5.8	2380	310	2360	0.13	capacitivo
210.8	0.71	220	6.13	2510	320	2490	0.13	capacitivo
220.5	0.74	220	6.41	2630	330	2620	0.13	capacitivo
230.1	0.77	220	6.73	2750	350	2740	0.13	capacitivo

**Tabla 2-2.** Característica de funcionamiento de la máquina síncrona trifásica reversible D00206NT, muestra su comportamiento del factor de potencia.



**Gráfica 2-2.** La gráfica representa un comportamiento con una línea de tendencia de los datos obtenido durante una segunda prueba a la máquina síncrona trifásica reversible D00206NT en vacío. Conocida como gráfica V de motor síncrono, **tabla 2-2**



**Gráfica 2-3.** La grafica representa un comportamiento con una línea de tendencia de los datos obtenido durante una segunda prueba a la maquina síncrona trifásica reversible D00206NT en vacío. Relación factor de potencia y corriente de campo, **tabla 2-2**

Las gráficas representadas son respaldadas en la literatura de máquinas eléctricas, lo que fundamenta que; la corriente de campo (c-d) de un motor síncrono se reduce o aumenta, se produce una corriente de armadura (c-a) en retraso o atraso. Tomando en consideración una carga constante para los análisis respectivos (sin carga). Haciendo variar la corriente de campo(c-d) de subexcitación, sobreexcitación y registrando cada etapa de la corriente de la armadura(c-a) se obtienen las curvas de las gráficas, como se muestra en las figuras **4-8 y 4-9**

El comportamiento del motor síncrono está representado por graficas denominadas V mediante las corrientes que circulan por el estator y rotor, por grafica que representa una relación factor de potencia y la corriente de campo, corriente que circula por el rotor. Esta grafica están definida y respaldada por literatura, como el muestreo de las variables de los motores síncronos.

El propósito de las gráficas es demostrar el comportamiento de los motores y tener un precedente en las características de funcionamiento en vacío, solamente se hizo el análisis en vacío debido a la falta de un dinamómetro en funcionamiento debido a que **SUD10D grupo dinamométrico universal con dinamo-freno con armazón oscilante y dinamómetro de lectura directa**, debido a la carencia de partes importantes para dar una lectura correcta de torque y La velocidad y poder cuantificar los parámetros a media carga o plena carga.

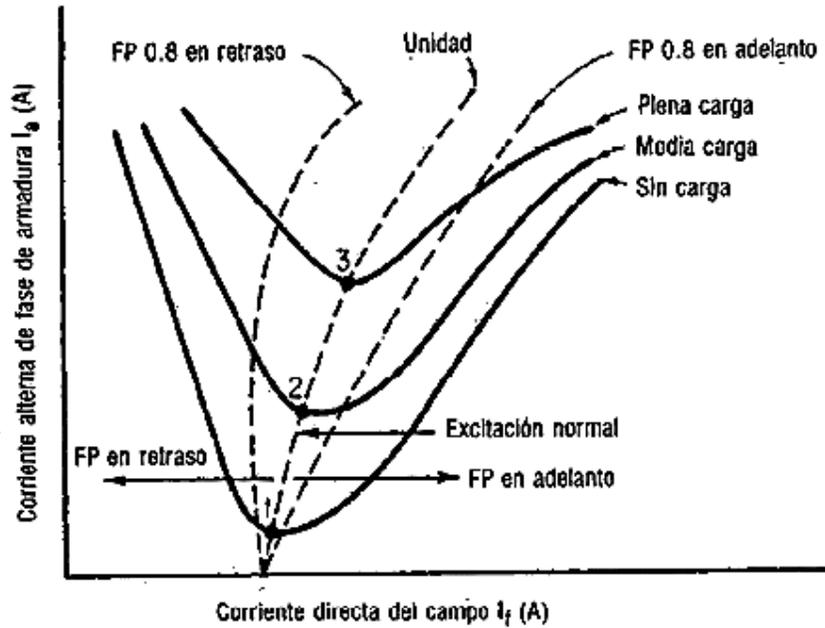


Figura 4-8. Relación entre corriente de armadura y corriente de campo para varias cargas, denominada curvas V representativas de motores síncronos. Kosow L. Irving (1993) Máquinas eléctricas y transformadores.

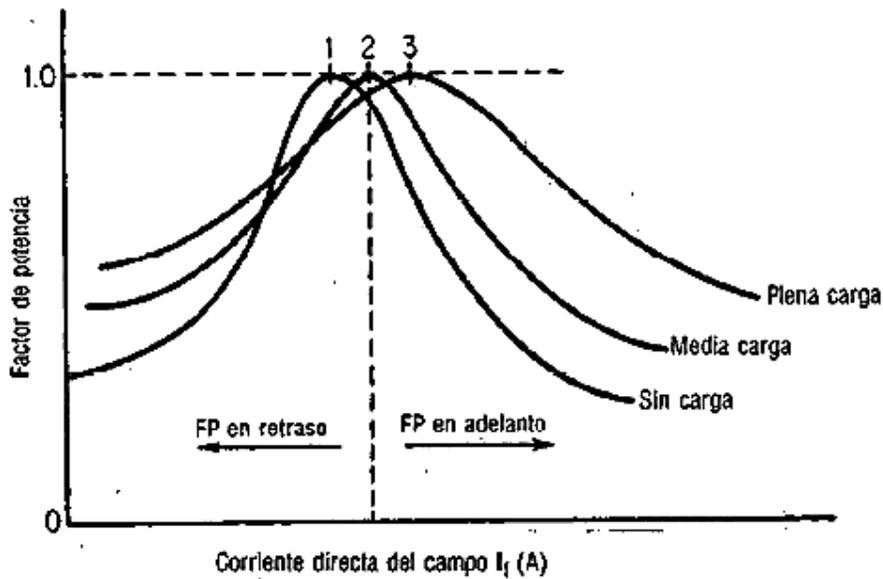


Figura 4-9. Relación factor de potencia y corriente de campo para varias cargas. Kosow L. Irving (1993) Máquinas eléctricas y transformadores.

## D01236 - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE (DERIVACIÓN)

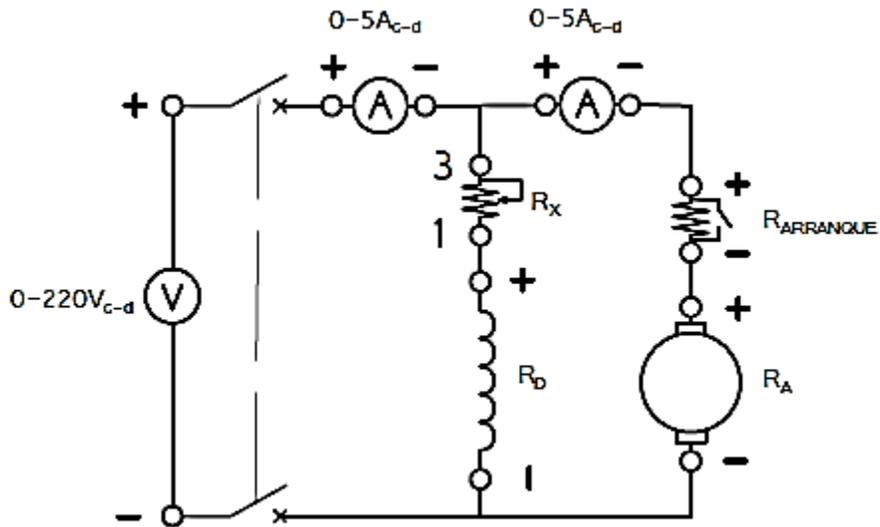
### Análisis de arranque.

Datos obtenidos del documento MAE10DT que describe muy brevemente los equipos y sus características.

Una potencia de 1,4 kW y la resistencia de los devanados se encuentran descritos en la unidad 3

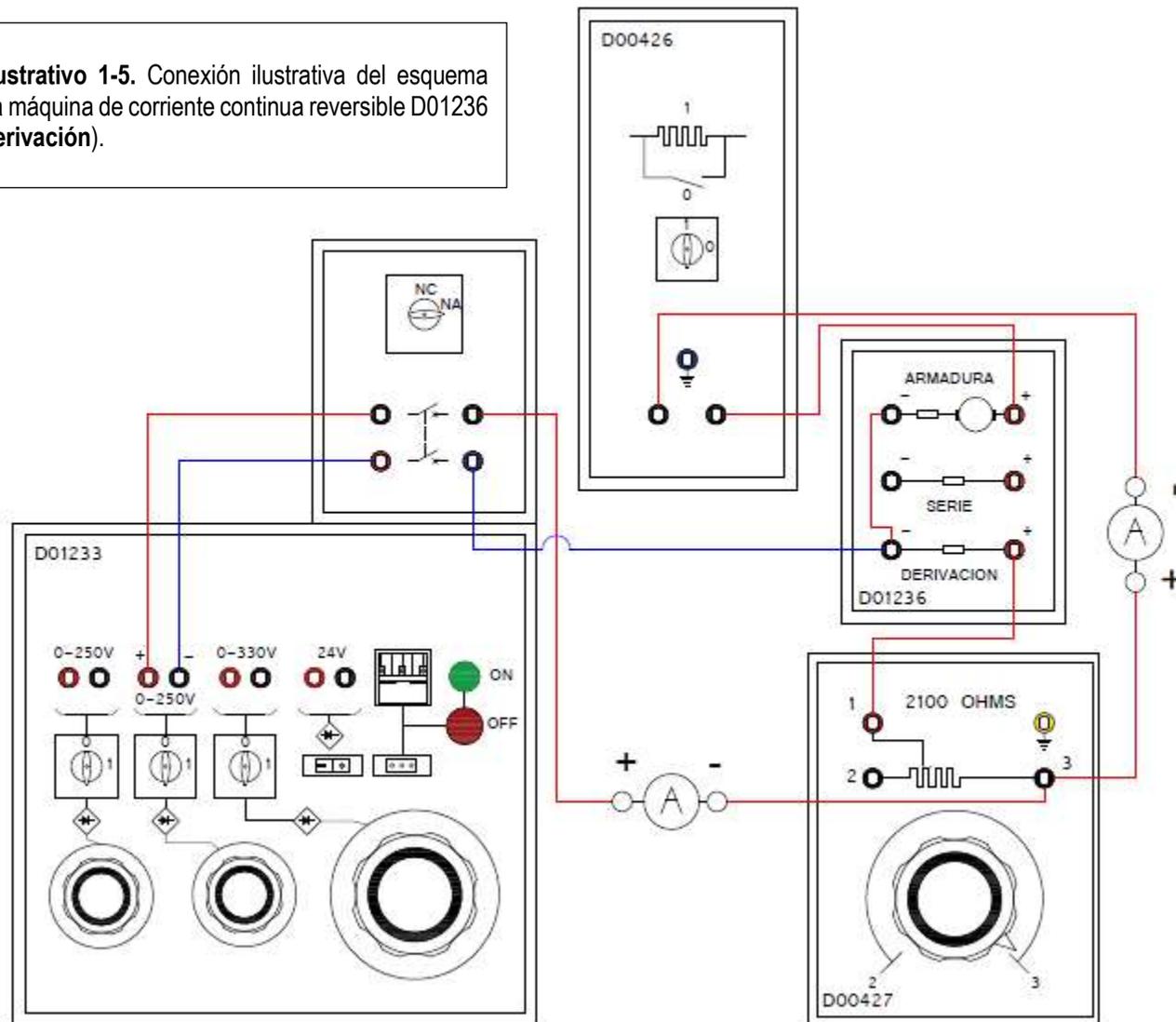
Funciona a un voltaje de 220 volts nominal

Con una velocidad nominal de 1500 rpm



**Figura 4-10.** Esquema eléctrico de la máquina de corriente continua reversible D01236 (**conexión derivación**).

**Diagrama ilustrativo 1-5.** Conexión ilustrativa del esquema eléctrico de la máquina de corriente continua reversible D01236 (conexión derivación).



Datos obtenidos del documento MAE10DT que describe muy brevemente los equipos y sus características.

Realizando el análisis al circuito obtenemos.

$$V_L = I_A R_A + E_C + V_e + I_A R_{\text{arranque}}$$

$$V_L = I_D R_D + I_D R_X$$

$$I_L = I_A + I_D$$

$V_L$  – Voltaje en terminales del motor (nominal)

$I_A$  – flujo en el campo armadura

$R_A$  – Resistencia de armadura

$E_C$  – Fuerza contraelectromotriz del motor

$V_e$  – Caída de voltaje en las escobillas

Debido a que el motor se presenta con solo los datos de voltaje, potencia desarrollada y velocidad nominal Tendremos que hacer suposiciones debido a la falta de datos de placa.

Consideraremos la potencia desarrollada en el eje como la misma potencia eléctrica, en otras palabras, se considerará una eficiencia unitaria, solo como un análisis aproximado.

$$I_L = \frac{P}{V_L} = \frac{1.4 \text{ KW}}{220 \text{ V}} = 6.3636 \text{ A}$$

Se considera un factor de seguridad de 2.5 veces la corriente nominal tomando en consideración la relación entre la intensidad de la corriente de arranque y la de la plena carga descrita.

$$I_{\text{arranque}} = 5 (6.3636 \text{ A}) = 31.81 \text{ A}$$

Bajo el análisis del circuito se obtiene la ecuación siguiente; donde podemos obtener un parámetro para la resistencia de arranque en serie con la armadura. Conocer la corriente que circula por la armadura ayuda a regular la corriente mediante la resistencia (reóstato) en serie con el devanado en derivación en su **posición de resistencia mínima** (20 ohm).

$$I_D = \frac{V_L}{R_D + R_X} = \frac{220 \text{ V}}{200 \Omega + 20 \Omega} = 0.9 \text{ A}$$

$$I_A = I_L - I_D = 31.81 \text{ A} - 0.9 \text{ A} = 30.9 \text{ A}$$

$$R_{\text{arranque}} = \frac{V_L - V_e}{I_A} - R_A$$

La consideración al arranque es que: la fuerza contraelectromotriz al inicio se considera nula debido al estado estacionario del motor, Se considerará una caída de voltaje en las escobillas de 5 V.

$$R_{\text{arranque}} = \frac{V_L - V_e}{I_{\text{arranque}}} - R_A = \frac{220 \text{ V} - 5 \text{ V}}{30.9 \text{ A}} - 1.5 \Omega = 5.45 \Omega$$

$$R_{\text{arranque}} = 5.45 \Omega$$

Como podemos comprobar se requiere una resistencia de 5 a 6 ohm que soporte la corriente antes mencionada. Aquí es donde se justifica el uso del equipo complementario **D00426 - Reóstato de arranque para motores de C.C.** y ajustar la perilla del reóstato **D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona.** conectado en serie al campo en derivación en su posición de resistencia mínima. esto con el propósito de disminuir la corriente que circula por la armadura y protegerla.

#### Procedimiento.

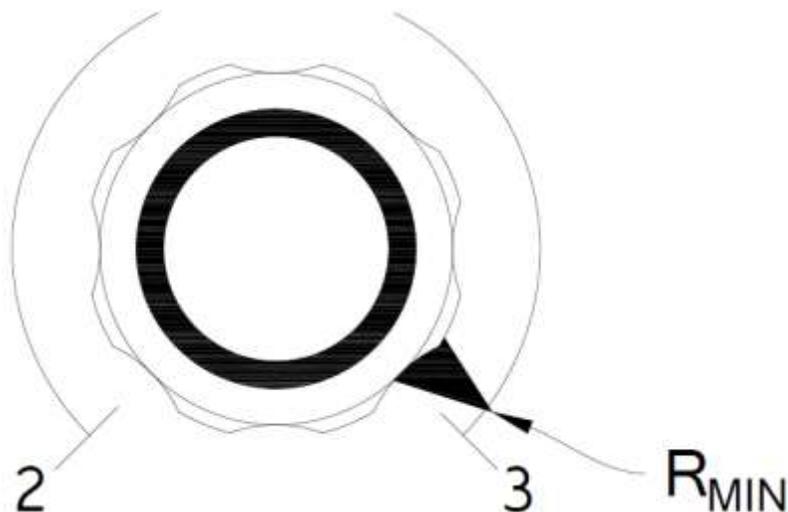
1. Conecte el circuito ilustrado en la **Figura 4-10.** utilizando los **Módulos; D01233 - Alimentador de corriente continua. D01236 - Máquinas de corriente continua reversible. D00426 - Reóstato de arranque para motores de C.C. D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. Módulo de interruptor de paso de dos vías** y módulos de medición de c-d. Puede apoyarse con el **diagrama ilustrativo 1-5.**

Observe que la armadura del motor está conectada en paralelo con su campo de derivación y se conecta a la fuente de alimentación. salida variable de 0-250V c-d (terminales + y -).

Observe que la resistencia de arranque. **D00426 - Reóstato de arranque para motores de C.C.** está conectado en serie a la armadura del motor. esto para evita tener una corriente de arranque muy grande.

El **D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona** está conectado en serie al devanado paralelo del motor, con el fin de regular la corriente y esta a su vez el flujo, y poder controlar la velocidad del motor.

2. **Ajuste la perilla del reóstato D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona,** conectado en serie al campo en derivación en su posición extrema haciéndolo girar en el sentido de las manecillas del reloj (para obtener una **mínima resistencia** con una máxima excitación del campo en derivación). Como se muestra en la **figura 4-11.** Aun así, siempre verifique con un multímetro que la resistencia sea mínima.



**Figura 4-11.** Representación de la perilla del reóstato D00427 al arranque.

3. El selector del **Módulo de interruptor de paso de dos vías** debe estar NA. **gire el selector D00426 - Reóstato de arranque para motores de C.C. a la posición 0 a 1** (resistencia máxima). Esto con el propósito que la corriente de arranque que circula por la armadura sea mínima en los primeros segundos.

**4. Encienda las fuentes de alimentación: suba la pastilla termomagnética** correspondiente al circuito del gabinete o caja de distribución eléctrica. **Suba el interruptor de seguridad de la caja de fusible** (cuchillas) correspondiente. **suba el interruptor termomagnético** (encendido) del módulo de alimentación D01233 - alimentador corriente continua. **apriete la botonera de encendido** (verde), **mueva el selector tipo palanca de 0 a 1** para energizar de los bornes de alimentación. Ajuste el voltaje de salida a 220 V c-d.

**5. Gire el selector del Módulo de interruptor de paso de dos vías a NC.** Observe que este dispositivo ayuda solo a ajustar el voltaje sin desconectar los cables de los bornes. **3 segundos después gire el selector de la resistencia de arranque de la posición 1 a 0**, esto con la finalidad de disminuir la resistencia después del arranque.

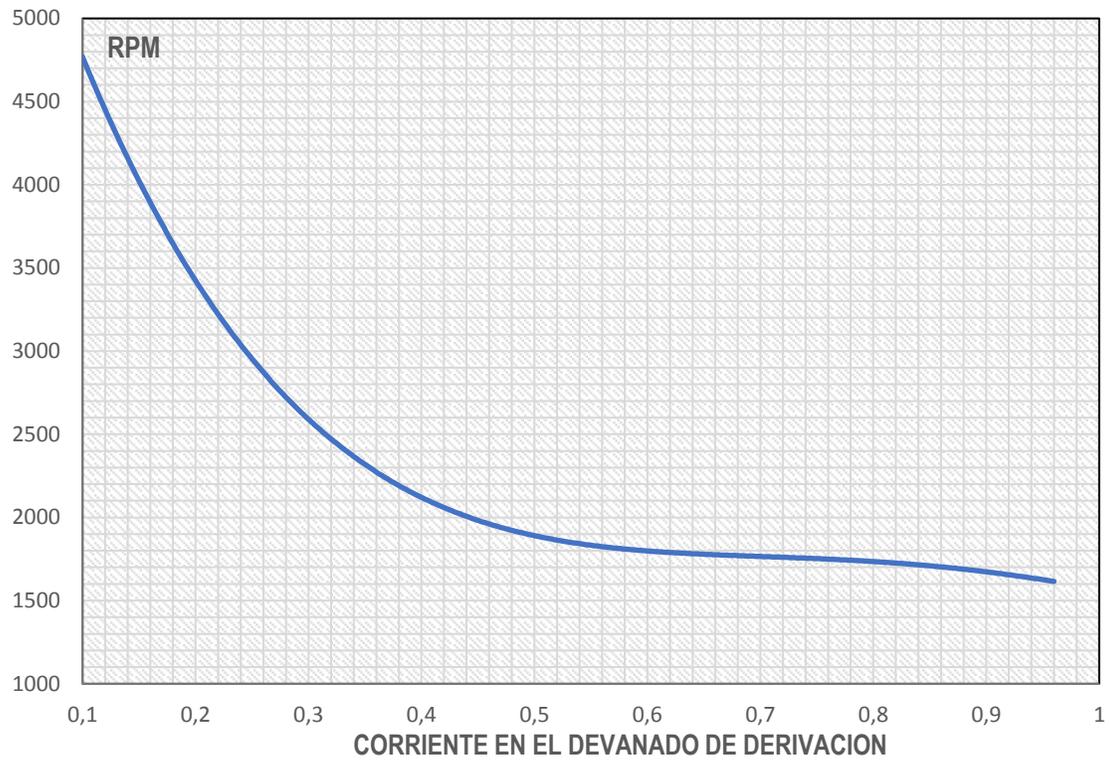
**6. Ajuste el reóstato D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona** para obtener una velocidad en vacío de 1500 r/min. según lo indique el tacómetro de mano. (Cerciórese de que el voltímetro conectado a la entrada del circuito indique exactamente 220V c-d).

**7. Mida la corriente de línea** tomando esta lectura en el amperímetro cuando la velocidad del motor sea 1.500 r/min. Compare los valores con la **tabla 3-1** y observe el comportamiento del motor mediante la **gráfica 3-1**.

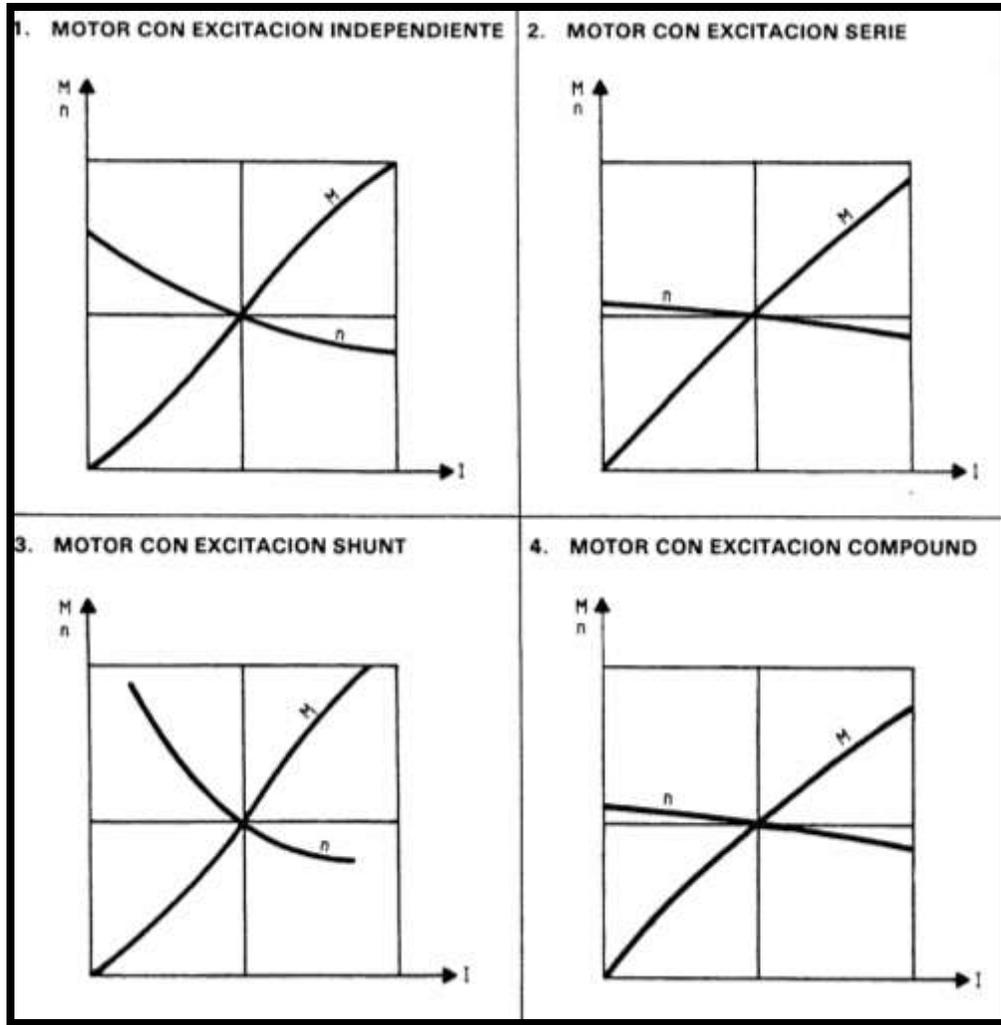
**8. Reduzca el voltaje a cero, coloque el selector de palanca de 1 en 0** (abierto) y **presione la botonera de paro** (roja).

Conexión Derivación (SHUNT)						
Reóstato		Revolución	Corriente (A)			Voltaje (V)
Posición	Rx (ohm)	R.P.M.	Armadura	Línea	Derivación	V <sub>L</sub>
R <sub>1</sub>	58,8	1596	0,5	1,35	0,85	220
R <sub>2</sub>	89,5	1641	0,48	1,24	0,76	220
R <sub>3</sub>	154,8	1745	0,43	1,05	0,62	220
R <sub>4</sub>	240	1842	0,4	0,9	0,5	220
R <sub>5</sub>	323,8	1925	0,38	0,8	0,42	220
R <sub>6</sub>	395	2135	0,38	0,75	0,37	220
R <sub>7</sub>	466,7	2220	0,4	0,73	0,33	220
R <sub>8</sub>	1267	2500	0,45	0,6	0,15	220
R <sub>9</sub>	2550	2690	0,5	0,58	0,08	220
R <sub>10</sub>	5300	3150	0,61	0,65	0,04	220

**Tabla 3-1.** Muestra el comportamiento de las corrientes que circulan en los devanados en derivación y la armadura del motor D01236 - Máquinas de corriente continua reversible además su comportamiento de velocidad al variar la resistencia del reóstato.



**Gráfica 3-1.** La grafica representa un comportamiento con una línea de tendencia de los datos respecto a revoluciones y corriente del devanado en derivación obtenidos durante la prueba del motor **D01236 - Máquinas de corriente continua reversible en vacío**



**Figura 4-12.** Curvas características de par, velocidad e intensidad de los cuatro tipos de motores de corriente continua. Roldán Vilorio José (2005) Motores eléctricos. Accionamiento de máquinas, 30 tipos de motores.

El propósito de las gráficas es demostrar el comportamiento de los motores y tener un precedente en las características de funcionamiento en vacío del motor de corriente directa, para justificar su correcto funcionamiento mediante la comparación de las gráficas correspondientes a las tablas obtenidas mediante pruebas de vacío y las mostradas como la **figura 4-12** para cada tipo de conexión, que están muy bien documentadas y tienen respaldo teórico.

D01236 - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE (COMPUESTO)

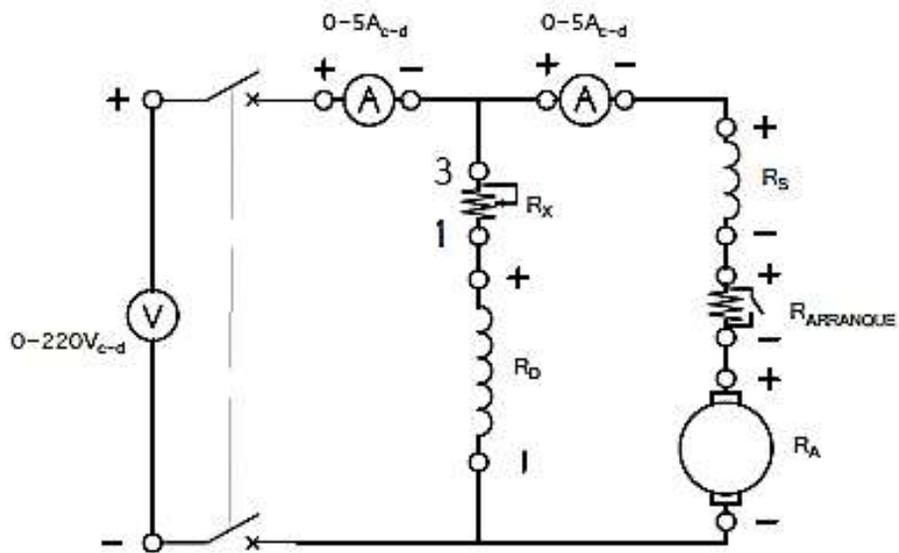


Figura 4-13. Esquema eléctrico de la máquina de corriente continua reversible D01236 (conexión compuesta).

**Diagrama ilustrativo 1-6.** Conexión ilustrativa del esquema eléctrico de la máquina de corriente continua reversible D01236 (conexión compuesto).

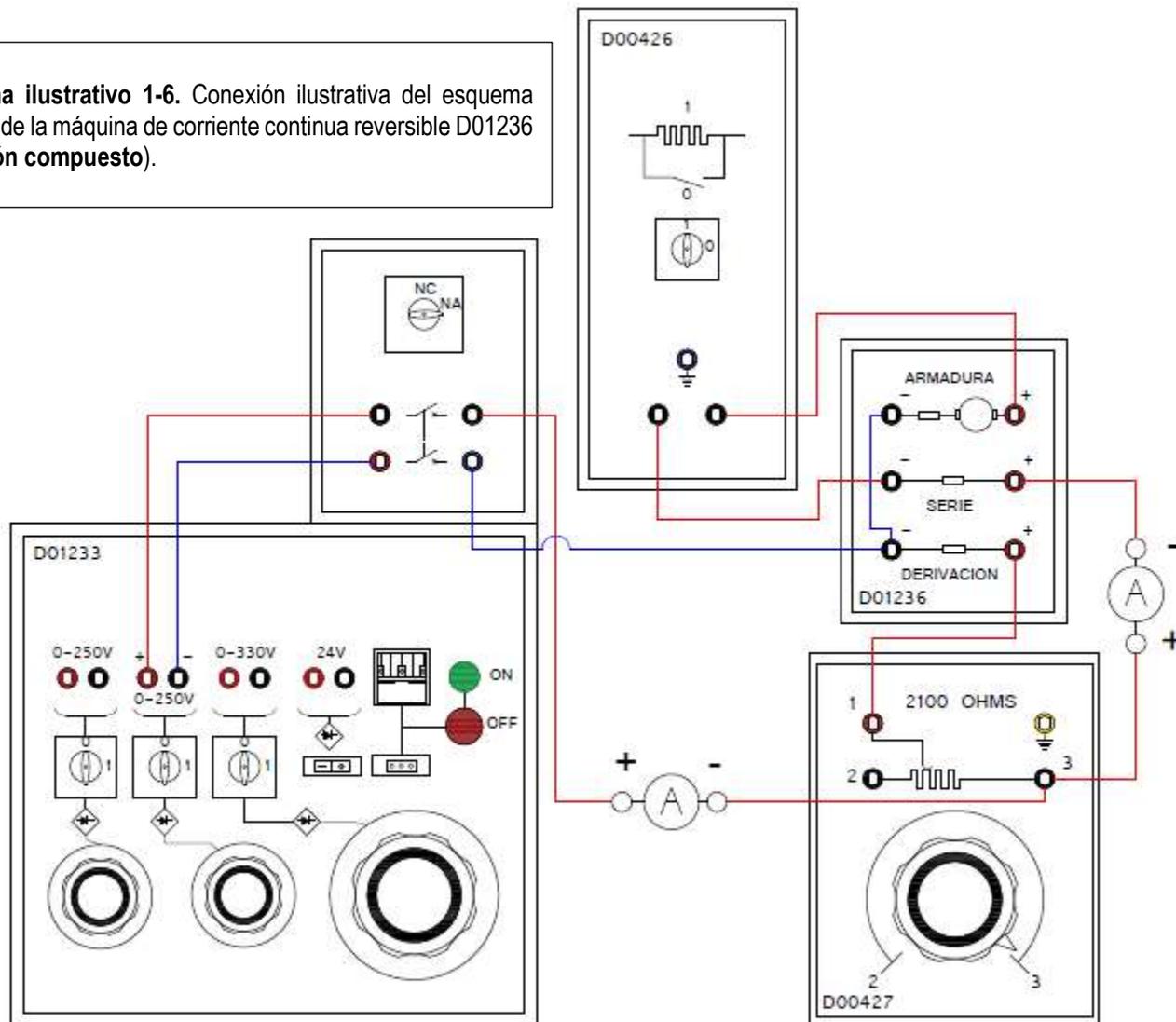


Diagrama ilustrativo 1-6. Conexión ilustrativa del esquema eléctrico de la máquina de corriente continua reversible D01236 (conexión compuesto).

Datos obtenidos del documento MAE10DT que describe muy brevemente los equipos y sus características.

Una potencia de 1,4 kW y la resistencia de los devanados se encuentran descritos en la **unidad 3**

Funciona a un voltaje de 220 volts nominal

Con una velocidad nominal de 1500 rpm

Datos obtenidos del documento MAE10DT que describe muy brevemente los equipos y sus características.

Realizando el análisis al circuito obtenemos.

$$V_L = I_A R_A + E_C + V_e + I_A R_{\text{arranque}} + I_A R_S$$

$$V_L = I_D R_D + I_D R_X$$

$$I_L = I_A + I_D$$

$V_L$  – Voltaje en terminales del motor (nominal)

$I_A$  – flujo en el campo armadura

$R_A$  – Resistencia de armadura

$E_C$  – Fuerza contraelectromotriz del motor

$V_e$  – Caída de voltaje en las escobillas

Debido a que el motor se presenta con solo los datos de voltaje, potencia desarrollada y velocidad nominal. Tendremos que hacer suposiciones debido a la falta de datos de placa.

Consideraremos la potencia desarrollada en el eje como la misma potencia eléctrica, en otras palabras, se considerará una eficiencia unitaria, solo como un análisis aproximado.

$$I_L = \frac{P}{V_L} = \frac{1.4 \text{ KW}}{220 \text{ V}} = 6.3636 \text{ A}$$

Se considera un factor de seguridad de 5 veces la corriente nominal tomando en consideración la relación entre la intensidad de la corriente de arranque y la de la plena carga descrita.

$$I_{\text{arranque}} = 5 (6.3636 \text{ A}) = 31.81 \text{ A}$$

Bajo el análisis del circuito se obtiene la ecuación siguiente, donde podemos obtener un parámetro para la resistencia de arranque en serie con la armadura. Conocer la corriente que circula por la armadura y regular la corriente que en esencia es una resistencia (reóstato) en serie con el devanado derivación en su posición de resistencia mínima (20 ohm).

$$I_D = \frac{V_L}{R_D + R_X} = \frac{220 \text{ V}}{200 \Omega + 20 \Omega} = 0.9 \text{ A}$$

$$I_A = I_L - I_D = 31.81 \text{ A} - 0.9 \text{ A} = 30.81 \text{ A}$$

$$R_{\text{arranque}} = \frac{V_L - V_e}{I_A} - R_A - R_S$$

Las consideraciones al arranque son: la fuerza contraelectromotriz al inicio se considera nula debido al estado estacionario del motor. Se considerará una caída de voltaje en las escobillas de 5 V.

$$R_{\text{arranque}} = \frac{V_L - V_e}{I_{\text{arranque}}} - R_A = \frac{220 \text{ V} - 5 \text{ V}}{30.81 \text{ A}} - 1.5 \Omega - 0.3 \Omega = 5.15 \Omega$$

$$R_{\text{arranque}} = 5.15 \Omega$$

### Procedimiento.

1. Conecte el circuito ilustrado en la **Figura 4-13**, utilizando los **Módulos; D01233 - Alimentador de corriente continua. D01236 - Máquinas de corriente continua reversible. D00426 - Reóstato de arranque para motores de C.C. D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona. Módulo de interruptor de paso de dos vías y módulos de medición de c-d.** Puede apoyarse con el **diagrama ilustrativo 1-6**.

Observe que la armadura del motor está conectada en serie con su campo de excitación en serie y la resistencia de arranque. **D00426 - Reóstato de arranque para motores de C.C.** esto para evita tener una corriente de arranque muy grande, conectada a la fuente de alimentación salida variable de 0-250V c-d (terminales + y -). Observe que el **D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona** está conectado en serie al devanado en derivación del motor, con el fin de regular la corriente, con el fin de controlar la velocidad del motor.

2. **Ajuste la perilla del reóstato D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona**, conectado en serie al campo en derivación en su posición extrema haciéndolo girar en el sentido de las manecillas del reloj (para obtener una mínima resistencia con una máxima excitación del campo en derivación).

3. El selector del **Módulo de interruptor de paso de dos vías** debe estar NA, gire el selector de **D00426 - Reóstato de arranque para motores de C.C.** a la posición 0 a 1 (resistencia máxima). Esto con el propósito que la corriente de arranque sea mínima en los primeros segundos.

4. **Encienda las fuentes de alimentación: suba la pastilla termomagnética** correspondiente al circuito del gabinete o caja de distribución eléctrica. **suba el interruptor de seguridad de la caja de fusible** (cuchillas) correspondiente, **suba el interruptor termomagnético** (encendido) del módulo de alimentación D01233 - alimentador corriente continua, **apriete la botonera de encendido** (verde), **mueva el selector tipo palanca de 0 a 1** para energizar de los bornes de alimentación. Ajuste el voltaje de salida a 220 V c-d.

5. Gire el selector del **Módulo de interruptor de paso de dos vías** a NC. Observe que este dispositivo ayuda solo a ajustar el voltaje sin desconectar los cables de los bornes. 3 segundos después gire el selector de la resistencia de arranque de la posición 1 a 0, esto con la finalidad de disminuir la resistencia después del arranque.

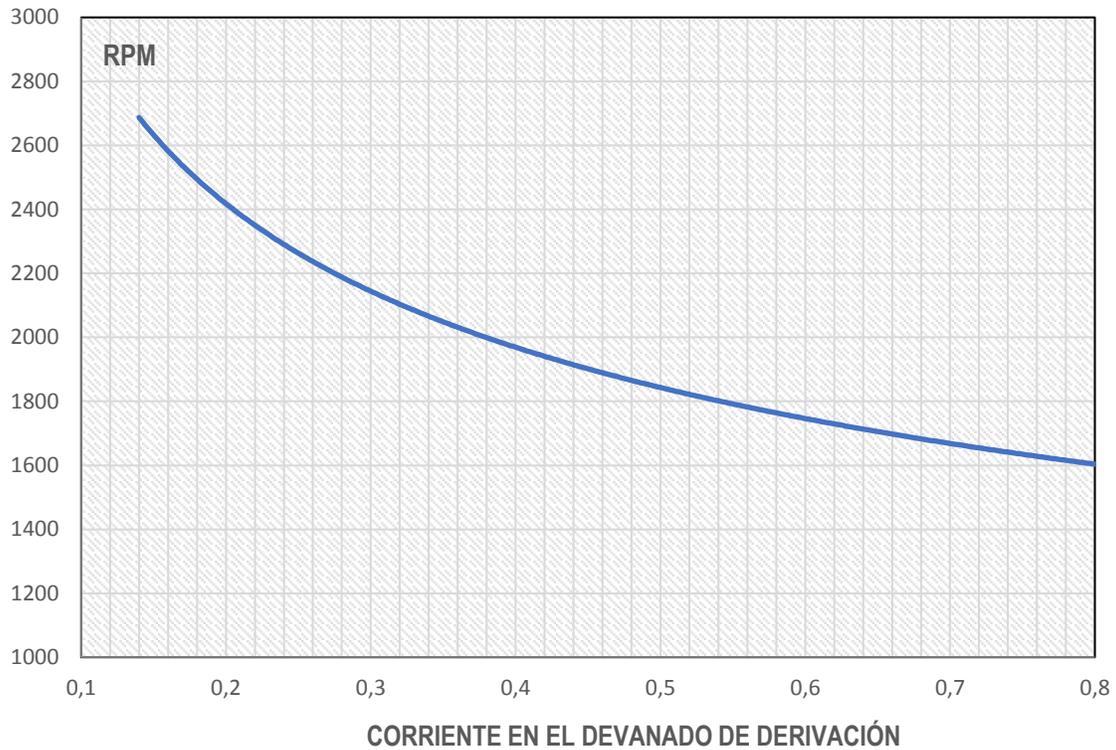
6. Ajuste el reóstato **D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona** para obtener una velocidad en vacío de 1500 r/min. Según lo indique el tacómetro de mano. (Cerciórese de que el voltímetro, conectado a la entrada del circuito, indique exactamente 220V c-d).

7. Mida la corriente de línea y la del campo en derivación tomando estas lecturas en el amperímetro cuando la velocidad del motor sea 1.500 r/min. Compare los valores con la **tabla 4-1** y observe el comportamiento del motor mediante la **gráfica 4-1**.

8. Reduzca el voltaje a cero, coloque el selector de palanca de 1 en 0 (abierto) y presione la botonera de paro (roja).

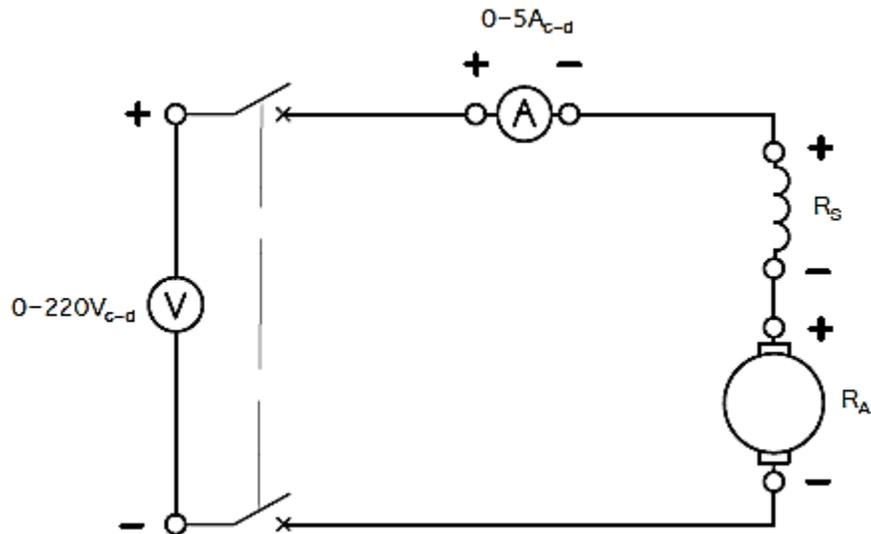
Conexión Compuesto (COMPOUND)						
Reóstato		Revolución	Corriente (A)			Voltaje (V)
posición	Rx (ohm)	R.P.M.	Armadura	Línea	Derivación	V <sub>L</sub>
R <sub>1</sub>	75,0	1623	0,5	1,3	0,8	220
R <sub>2</sub>	138,5	1705	0,45	1,1	0,65	220
R <sub>3</sub>	223,1	1785	0,43	0,95	0,52	220
R <sub>4</sub>	268,1	1872	0,38	0,85	0,47	220
R <sub>5</sub>	364,1	2045	0,36	0,75	0,39	220
R <sub>6</sub>	680	2180	0,4	0,65	0,25	220
R <sub>7</sub>	756,5	2302	0,42	0,65	0,23	220
R <sub>8</sub>	958	2490	0,45	0,64	0,19	220
R <sub>9</sub>	1371,4	2720	0,5	0,64	0,14	220

**Tabla 4-1.** Muestra el comportamiento de las corrientes que circulan en los devanados en derivación y la armadura del motor D01236 - Máquinas de corriente continua reversible conexión compuesto además su comportamiento de velocidad al variar el reóstato



**Gráfica 4-1.** La grafica representa un comportamiento con una línea de tendencia de los datos, revoluciones y corriente en la armadura, obtenidos durante la prueba del motor **D01236 - Máquinas de corriente continua reversible(conexión compound)** en vacío.

**D01236 - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE (SERIE)**



**Figura 4-14.** Esquema eléctrico de la máquina de corriente continua reversible D01236 (conexión serie).

**Diagrama ilustrativo 1-7.** Conexión ilustrativa del esquema eléctrico de la máquina de corriente continua reversible D01236 (conexión serie).

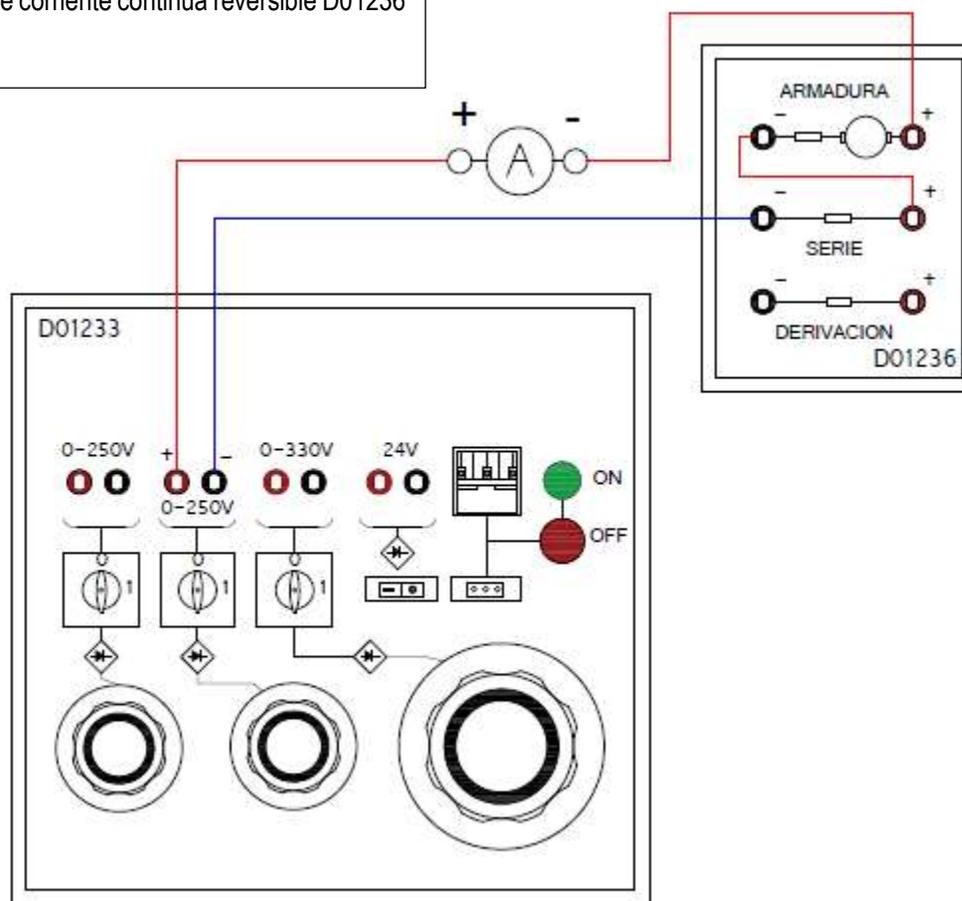


Diagrama ilustrativo 1-7. Conexión ilustrativa del esquema eléctrico de la máquina de corriente continua reversible D01236 (conexión serie).

Datos obtenidos del documento MAE10DT que describe muy brevemente los equipos y sus características.

Una potencia de 1,4 kW y la resistencia de los devanados se encuentran descritos en la **unidad 3**.

Funciona a un voltaje de 220 volts nominal

Con una velocidad nominal de 1500 rpm

Datos obtenidos del documento MAE10DT que describe muy brevemente los equipos y sus características.

Realizando el análisis al circuito obtenemos.

$$V_L = I_A R_A + E_C + V_e + I_A R_{\text{arranque}} + I_A R_S$$

$$I_L = I_A$$

$V_L$  – Voltaje en terminales del motor (nominal)

$I_A$  – flujo en el campo (armadura)

$R_A$  – Resistencia de armadura

$E_C$  – Fuerza contraelectromotriz del motor

$V_e$  – Caída de voltaje en las escobillas

Debido a que el motor se presenta con solo los datos de voltaje, potencia desarrollada y velocidad nominal. Tendremos que hacer suposiciones debido a la falta de datos de placa.

Consideraremos la potencia desarrollada en el eje como la misma potencia eléctrica, en otras palabras, se considerará una eficiencia unitaria, solo como un análisis aproximado.

$$I_L = \frac{P}{V_L} = \frac{1.4 \text{ KW}}{220 \text{ V}} = 6.3636 \text{ A}$$

Se considera un factor de seguridad de 5 veces la corriente nominal tomando en consideración la relación entre la intensidad de la corriente de arranque y la de la plena carga descrita.

$$I_{\text{arranque}} = 5 (6.3636 \text{ A}) = 31.81 \text{ A} = I_L = I_A$$

Bajo el análisis del circuito se obtiene la ecuación siguiente, donde podemos obtener un parámetro para la resistencia de arranque en serie con la resistencia de armadura, conocer la corriente que circula por la armadura, además, un regulador de corriente que en su forma esencial es una resistencia (reóstato) en serie con el devanado derivación.

$$I_A = I_L = 31.81 \text{ A}$$

$$R_{\text{arranque}} = \frac{V_L - V_e}{I_A} - R_A - R_S$$

Las consideraciones al arranque son: la fuerza contraelectromotriz al inicio se considera nula debido al estado estacionario del motor. Se considerará una caída de voltaje en las escobillas de 5 V.

$$R_{\text{arranque}} = \frac{V_L - V_e}{I_{\text{arranque}}} - R_A = \frac{220 \text{ V} - 5 \text{ V}}{31.81 \text{ A}} - 1.5 \Omega - 0.3 \Omega = 5.15 \Omega$$

$$R_{\text{arranque}} = 5.15 \Omega$$

Debido a que en conexión en serie alcanzan altas velocidades debe arrancar con carga, pero dada la imposibilidad de suministrar una carga se preferirá arrancar el motor variando el voltaje de línea.

#### Procedimiento.

1. Conecte el circuito ilustrado en la **Figura 4-14**. Utilizando los **Módulos; D01233 - Alimentador de corriente continua** y módulos de medición **de c-d y D01236 - Máquinas de corriente continua reversible**, el cual deberá estar acoplado con otro motor debido a que no se cuenta con ningún equipo que genere carga mecánica por lo que puede conllevar a generar altas velocidades que pueden ser peligrosas. Puede apoyarse con el **diagrama ilustrativo 1-7**.

Observe que la armadura del motor está conectada en serie con su campo de excitación serie que conectan a la fuente de alimentación salida variable de 0-250V c-d (terminales + y -), esto es importante debido a que la corriente del motor se regulara con la fuente **D01233 - Alimentador de corriente continua**.

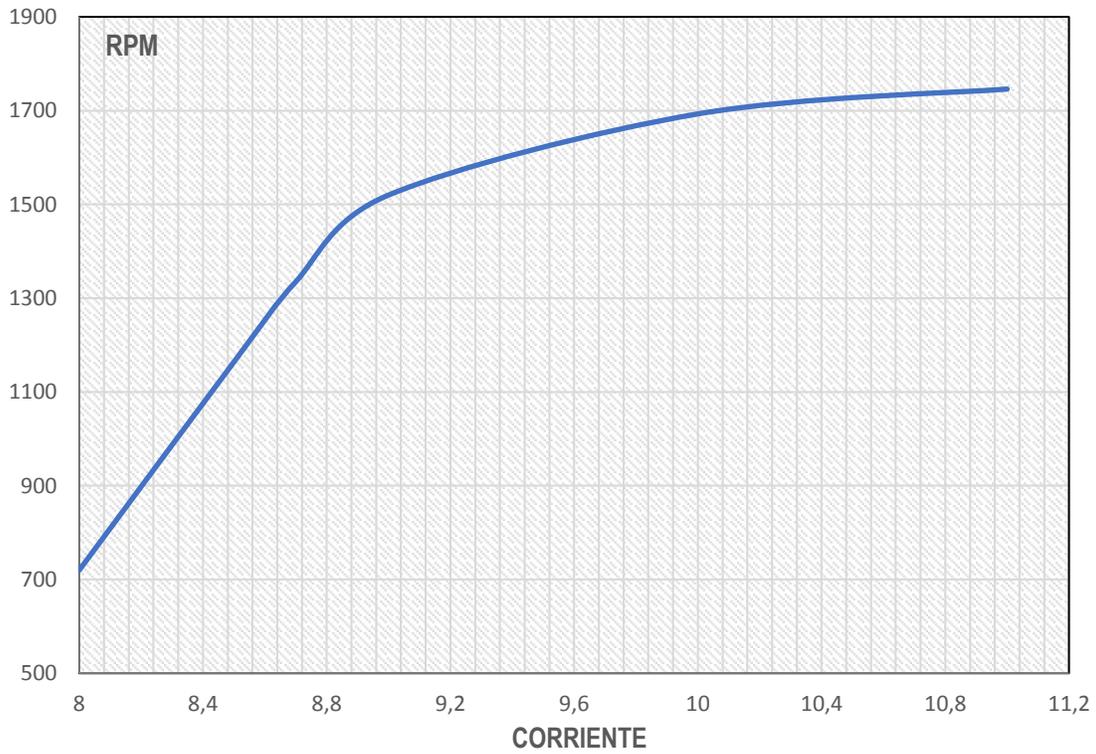
2. **Encienda las fuentes de alimentación: suba la pastilla termomagnética** correspondiente al circuito del gabinete o caja de distribución eléctrica, **suba el interruptor de seguridad de la caja de fusible** (cuchillas) correspondiente, **suba el interruptor termomagnético** (encendido) del módulo de alimentación D01233 - alimentador corriente continua, **apriete la botonera de encendido** (verde), **mueva el selector tipo palanca de 0 a 1** para energizar de los bornes de alimentación. Ajuste el voltaje de salida desde 0 hasta 100 V c-d, sin rebasar los 100 V c-d debido a que la corriente aumenta proporcionalmente a la corriente y esto genera arcos en el contacto de las escobillas y las delgas del colector, además genera mucha vibración mecánica.

7. Mida la corriente de línea y la del campo en derivación tomando estas lecturas en el amperímetro cuando la velocidad del motor sea aproximadamente 1.500 r/min. Con un voltaje aproximado a no más de 100 V c-d compare los valores con la **tabla 5-1** y observe el comportamiento del motor mediante la **gráfica 5-1**.

9. **Reduzca el voltaje a cero, coloque el selector de palanca de 1 en 0** (abierto) y **presione la botonera de paro** (roja)

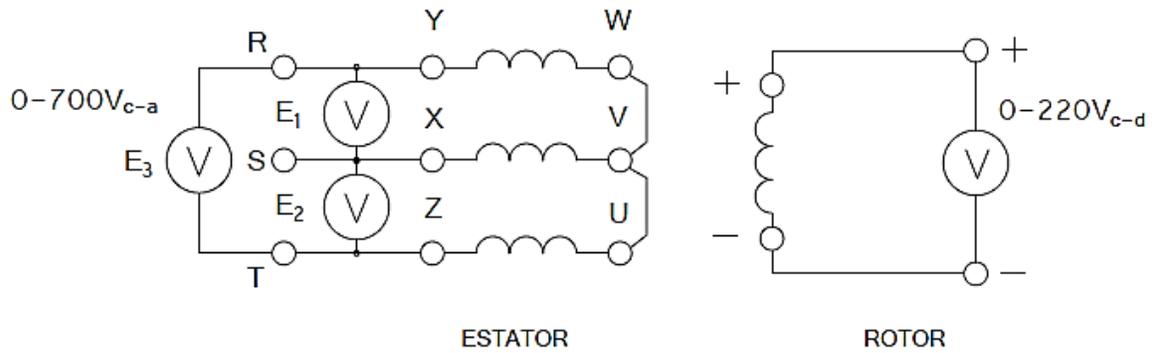
Conexión Serie		
Voltaje (V)	Revolución	Corriente (A)
$V_L$	R.P.M.	Armadura
30,8	720	8
41	1164	8,5
45	1335	8,7
50	1520	9
60	1693	10
70	1746	11

**Tabla 5-1.** Muestra el comportamiento de las corrientes que circulan en el devanado serie D01236 - Máquinas de corriente continua reversible conexión serie.

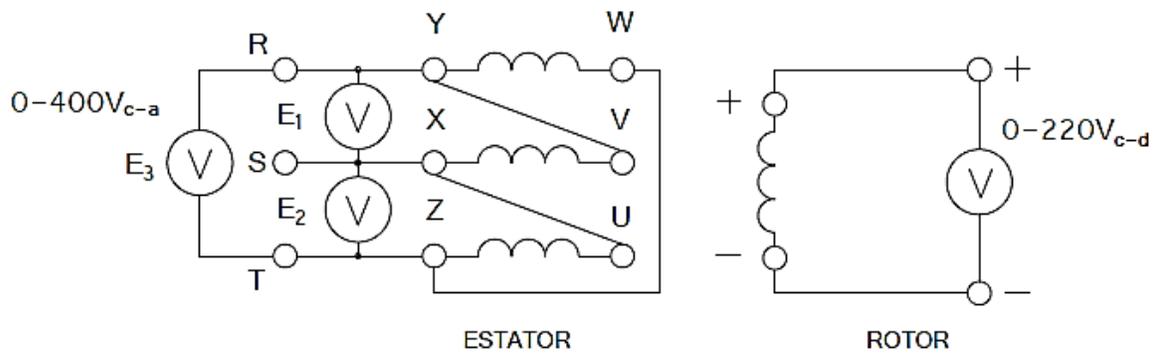


**Gráfica 5-1.** La grafica representa un comportamiento de los datos, revoluciones y corriente en la armadura, obtenidos durante la prueba del motor D01236 - Máquinas de corriente continua reversible(conexión serie).

**GENERADOR D00206NT - MAQUINA SÍNCRONA TRIFÁSICA REVERSIBLE**

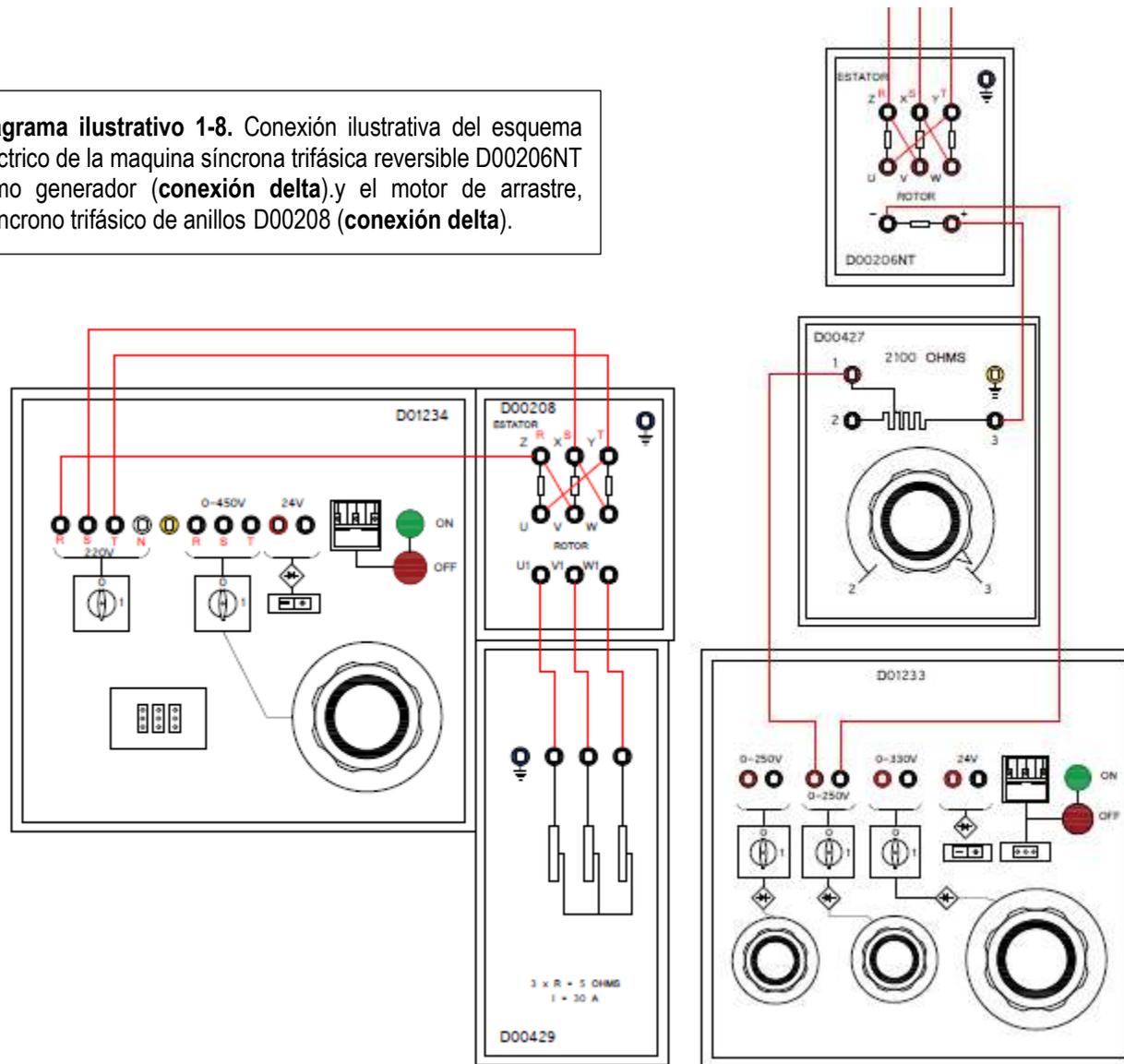


**Figura 4-15.** Esquema eléctrico de la máquina síncrona trifásica reversible D00206NT como generador (conexión estrella).



**Figura 4-16.** Esquema eléctrico de la máquina síncrona trifásica reversible D00206NT como generador (conexión delta).

**Diagrama ilustrativo 1-8.** Conexión ilustrativa del esquema eléctrico de la maquina síncrona trifásica reversible D00206NT como generador (**conexión delta**) y el motor de arrastre, asíncrono trifásico de anillos D00208 (**conexión delta**).



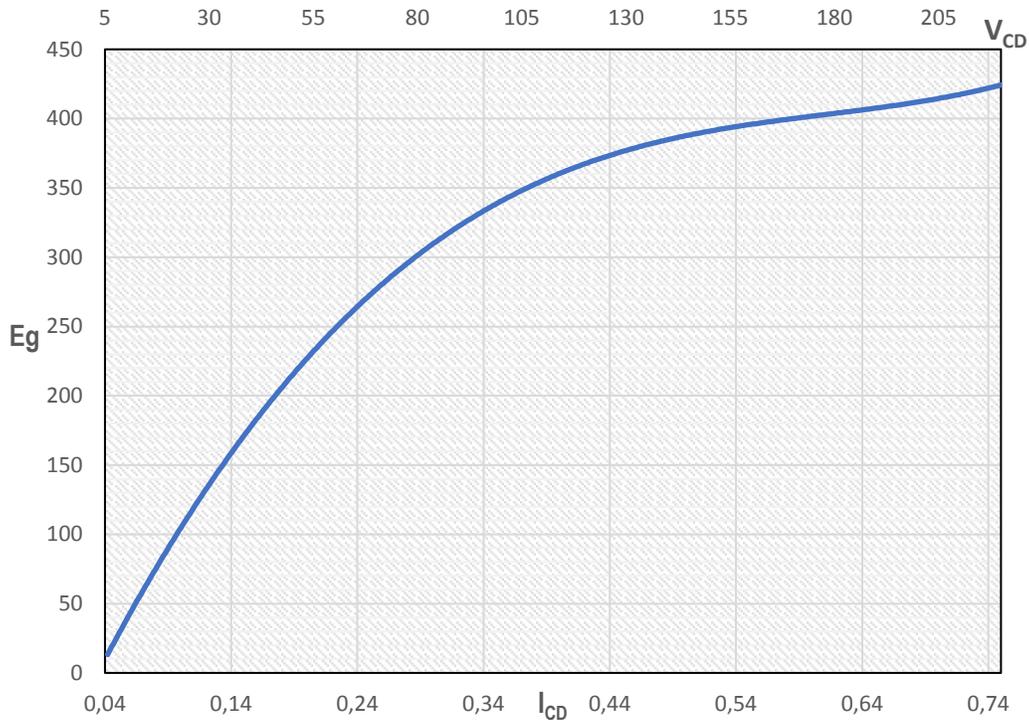
## Procedimiento

1. Acople el **D00206NT - Máquina síncrona trifásica reversible** junto con el **D00208 - Motor asíncrono trifásico de anillos**, mediante los **embragues de acoplamiento**.
2. Conecte los circuitos ilustrados en la **figura 4-16** relacionado con el generador y el esquema del apartado **ARRANQUE D00208 - MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO DE ANILLOS**. Usando los **módulos; D01234 - alimentador corriente alterna. D01233 - Alimentador de corriente continua. D00206NT - Máquina síncrona trifásica reversible. D00208 - Motor asíncrono trifásico de anillos y módulos de medición de c-a y c-d**. Puede apoyarse con el **diagrama ilustrativo 1-8**.  
  
El motor asíncrono “D00208 - Motor asíncrono trifásico de anillos” se usará para impulsar el generador síncrono “D00206NT - Máquina síncrona trifásica reversible” como alternador, se supondrá que tiene velocidad constante.  
Observe que el estator del motor asíncrono “D00208” está conectado a la salida fija de 220V 3Φ conexión delta. terminales R, S y T. El rotor del generador está conectado a la salida variable de 0-250V c-d de la fuente de alimentación, terminales + y –.
3. **Encienda las fuentes de alimentación. Suba las pastillas termomagnéticas** correspondiente a los **circuitos** del gabinete o caja de distribución eléctrica. **Suba el interruptor de seguridad de la caja de fusible** (cuchillas) correspondiente para cada circuito. **Suba el interruptor termomagnético** (encendido) del módulo de alimentación D01234 - alimentador corriente alterna, **apriete la botonera de encendido** (verde), **mueva el selector tipo palanca de 0 a 1** para energizar de los bornes de alimentación (el motor debe empezar a funcionar).
4. Ajuste el reóstato **D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona** del campo del alternador a su posición extrema de resistencia mínima, moviendo el control en el sentido de las manecillas del reloj (para una resistencia mínima)
5. **Suba el interruptor termomagnético** (encendido) del módulo de alimentación D01233 - alimentador corriente continua. **apriete la botonera de encendido** (verde), **mueva el selector tipo palanca de 0 a 1** para energizar de los bornes de alimentación, **regule el voltaje a 220V c-d** y cierre el **interruptor de paso**, **Puede ajustar la corriente del campo de rotor con el reóstato D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. o regulando el voltaje**.
6. Analice y compare los valores en la **tabla 6-1**. los tres voltajes generados  $E_1$ ,  $E_2$  y  $E_3$ . para cada una de las corrientes directas indicadas en la **tabla 6-1**
7. **Reduzca el voltaje a cero y coloque el selector de palanca de 1 en 0** (abierto) y **presione la botonera de paro** (roja) para ambas fuentes.

Generador			Motor		Generador			Motor	
Conexión Delta			Conexión Delta		Conexión Delta			Conexión Delta	
Campo -Rotor		Armadura-Estator	Campo-Rotor		Armadura-Estator		Campo-Rotor	Armadura-Estator	
V <sub>CD</sub>	I <sub>CD</sub>	V <sub>CD</sub>	I <sub>CD</sub>	V <sub>CD</sub>	I <sub>CD</sub>	V <sub>CD</sub>	E <sub>gCA</sub>	I <sub>CA</sub>	V <sub>CA</sub>
5,63	0,05	22,2	14	220	116	0,42	360	14	220
10,1	0,05	40,8	14	220	120	0,45	365	14	220
15,43	0,06	64,2	14	220	126	0,46	369	14	220
20,38	0,08	87,1	14	220	130	0,48	373	14	220
24,75	0,1	107	14	220	136	0,5	378	14	220
30,9	0,12	134	14	220	141,8	0,55	385	14	220
35	0,14	152	14	220	146	0,56	385	14	220
40,6	0,15	178	14	220	150	0,6	390	14	220
45,4	0,18	194	14	220	155	0,61	393	14	220
50	0,2	214	14	220	160	0,63	396	14	220
55,3	0,23	236	14	220	165	0,65	397	14	220
60	0,25	249	14	220	171,4	0,66	402	14	220
65,5	0,25	271	14	220	175	0,67	402	14	220
70	0,26	280	14	220	180	0,68	405	14	220
75,3	0,27	296	14	220	185	0,7	409	14	220
80	0,3	305	14	220	190	0,71	411	14	220
85,8	0,32	319	14	220	195	0,72	413	14	220
91,3	0,35	328	14	220	200	0,73	414	14	220
95	0,36	335	14	220	205	0,74	417	14	220
101,9	0,38	344	14	220	210	0,75	417	14	220
105,1	0,4	347	14	220	215	0,75	418	14	220
111	0,4	354	14	220	220	0,76	420	14	220

**Tabla 6-1.** Muestra el comportamiento de los voltajes generados (conexión delta) por D00206NT - Máquina síncrona trifásica reversible los voltajes de excitación del campo además de las variables de comportamiento del motor de arrastre

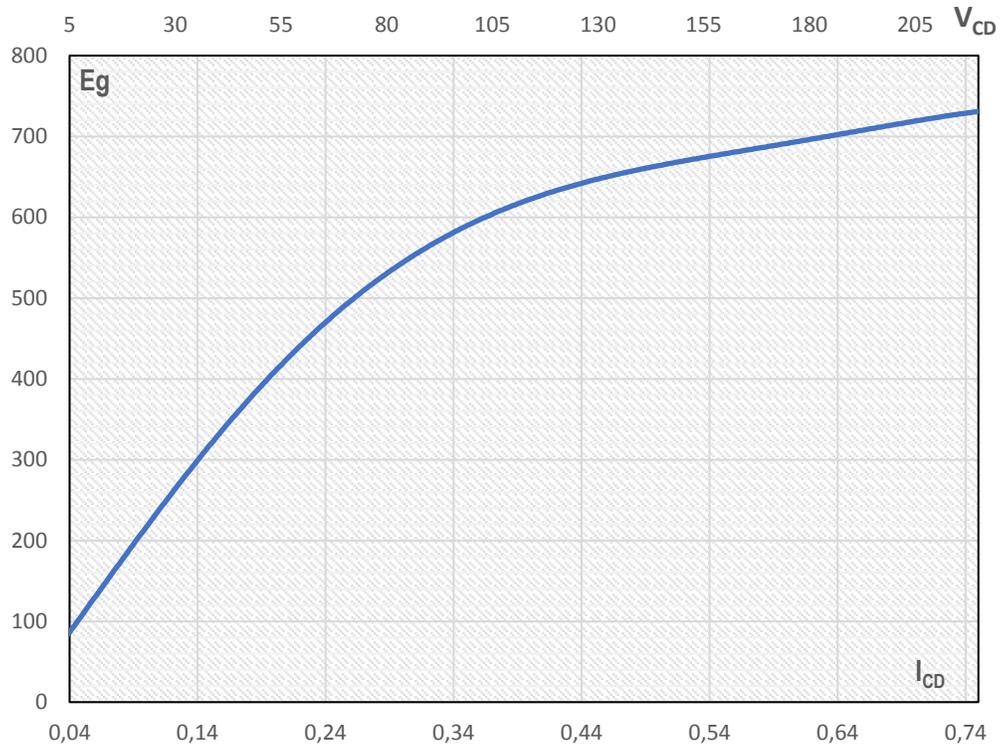
**las conexiones del estator del generador pueden ser conexión estrella o delta**



**Gráfica 6-1.** La grafica representa un comportamiento de la corriente de excitación en el rotor para generar un voltaje alterno correspondiente a la tabla 6-1.

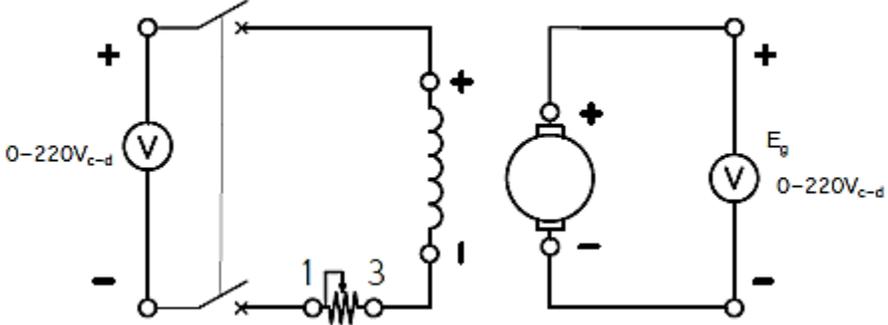
Generador			Generador		
Conexión Estrella			Conexión Estrella		
Campo-Rotor		Armadura-Estator	Campo-Rotor		Armadura -Estator
$V_{CD}$	$I_{c.c}$	$E_{gCA}$	$V_{CD}$	$I_{c.c}$	$E_{gCA}$
1,8	0,0047	14,08	120,8	0,44	635
10,2	0,035	75,3	130	0,48	655
20,8	0,074	155,4	140,5	0,51	668
30,6	0,11	235	150	0,55	680
40,6	0,147	313	160	0,58	690
50,1	0,182	381	170	0,61	698
60	0,218	443	180	0,64	707
70	0,26	500	190	0,69	714
80,7	0,3	543	200,6	0,72	720
90,7	0,33	575	210	0,75	726
100,1	0,37	600	220	0,78	735
110,4	0,4	620	230	0,81	740

**Tabla 6-2.** Muestra el comportamiento de los voltajes generados (conexión estrella) por D00206NT - Máquina síncrona trifásica reversible los voltajes de excitación del campo.



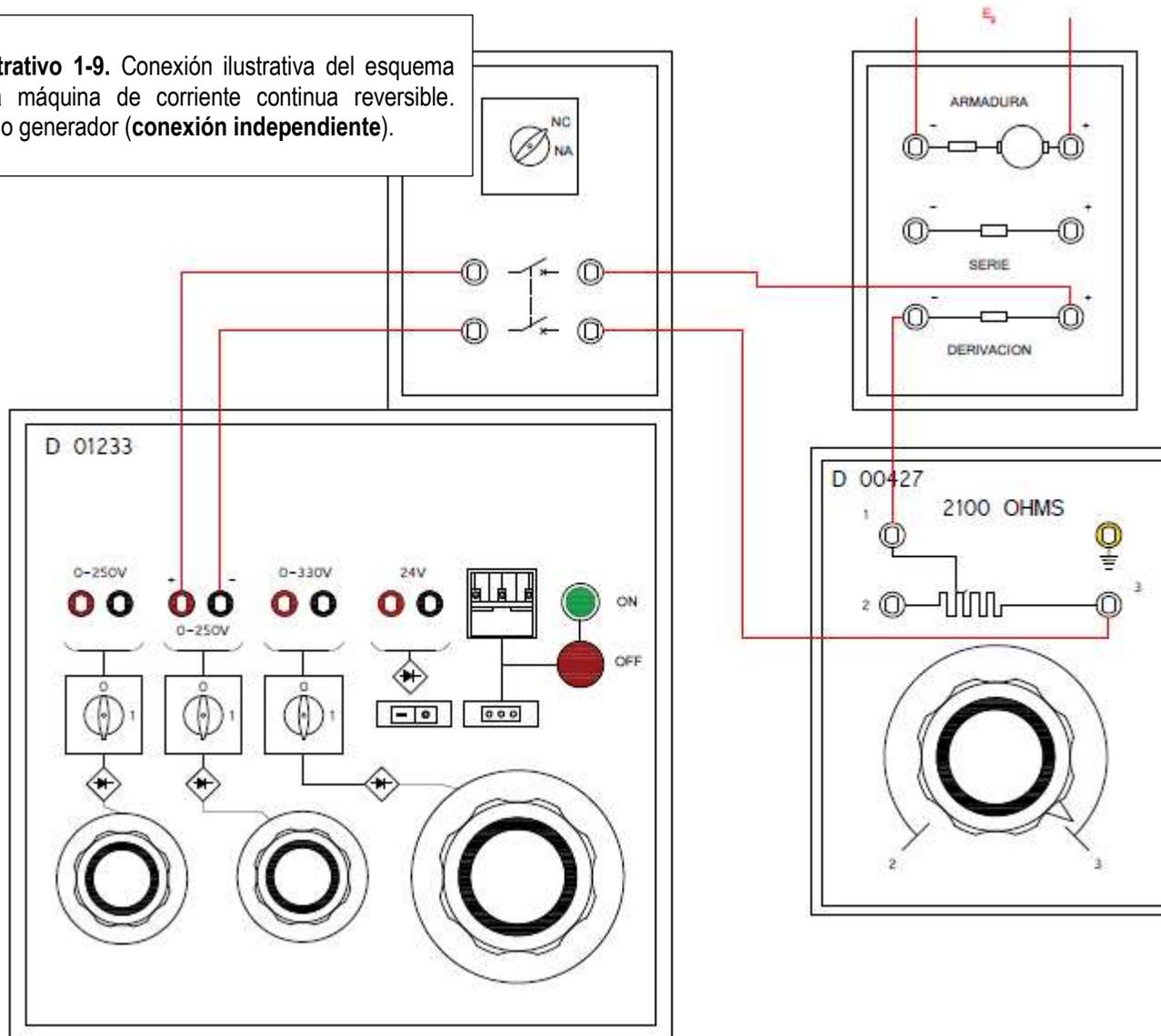
**Gráfica 6-2.** La grafica representa un comportamiento de la corriente de excitación en el rotor para generar un voltaje alterno correspondiente a la **tabla 6-2**.

**GENERADOR D00205NT - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE  
(EXCITACIÓN INDEPENDIENTE)**



**Figura 4-17.** Esquema eléctrico del generador D00205NT (excitación independiente).

**Diagrama ilustrativo 1-9.** Conexión ilustrativa del esquema eléctrico de la máquina de corriente continua reversible D00205NT como generador (**conexión independiente**).



1. Se usará el motor **D01236 - Máquina de corriente continua reversible** para impulsar mecánicamente al generador de c-d. **D00205NT - Máquinas de corriente continua reversible**. Acople los motores mediante los **embragues de acoplamiento**. Conecte el circuito que se ilustra en la **figura 4-17** utilizando los **Módulos; D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona. D01233 - Alimentador de corriente continua. módulos de medición de c-d**. Puede apoyarse con el **diagrama ilustrativo 1-9**.

2. Conecte el motor como en la **Figura 4-10 D00205NT - Máquina de corriente continua reversible** en derivación como en procedimientos anteriores, exceptuando el reóstato para controlar la velocidad del motor debido a que será fijo. Se recomienda usar el motor síncrono, aunque debido al peso de los motores es complicado el cambio de posición de los motores, por lo que por seguridad se mantendrá en esta posición.

3. **Encienda las fuentes de alimentación: suba la pastilla termomagnética** correspondiente al circuito del gabinete o caja de distribución eléctrica. **suba el interruptor de seguridad de la caja de fusible** (cuchillas) correspondiente. **suba el interruptor termomagnético** (encendido) del módulo de alimentación D01233 - alimentador corriente continua. **apriete la botonera de encendido** (verde). **mueva el selector tipo palanca de 0 a 1** para energizar de los bornes de alimentación.

4. Siga los procedimientos de arranque (arranque motor cd en derivación). El motor **D01236 - Máquina de corriente continua reversible** debe comenzar a funcionar si siguió el procedimiento.

Observe que el campo en derivación del generador está conectado a la salida variable de c-d de la fuente de alimentación. **mueva el selector tipo palanca de 0 a 1** para energizar de los bornes de alimentación. en tanto que el medidor de 40 Ac-d se conecta en serie.

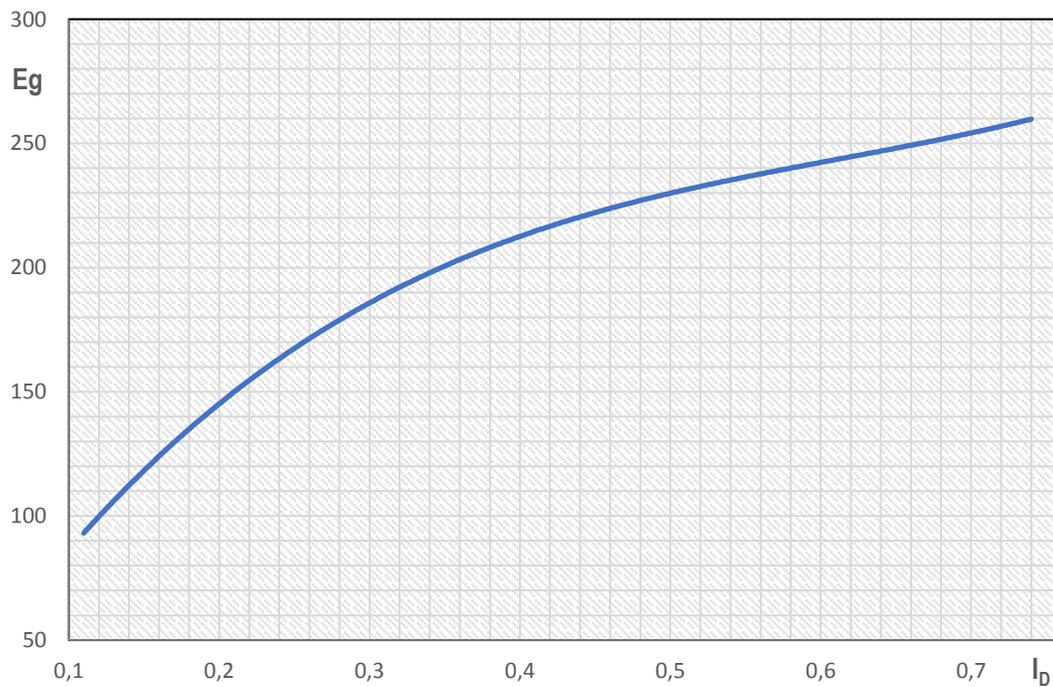
5. Haga variar la corriente de campo en derivación. haciendo girar la perilla de control del voltaje de la fuente de alimentación o mediante el D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona.

6. Conecte el medidor de 200V c-d a la salida del generador (terminales + y - de la armadura). Observe el efecto en la salida del generador (voltaje de armadura  $E_g$  según lo indica el medidor de 200V c-d).

**El motor síncrono es el adecuado para impulsar el generador de c-d. debido a su velocidad constante de operación.**

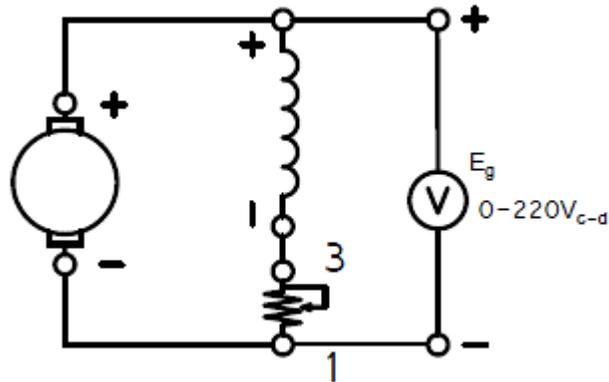
Excitación Independiente				
Reóstato		Revolución	Generador	
Posición	Rx (ohm)	R.P.M.	I <sub>CD</sub> Derivación	E <sub>g</sub>
R <sub>1</sub>	32.3	1632	0.74	258
R <sub>2</sub>	101.6	1637	0.6	249
R <sub>3</sub>	114.3	1637	0.58	240
R <sub>4</sub>	166.3	1635	0.51	229
R <sub>5</sub>	203	1635	0.47	222
R <sub>6</sub>	329	1638	0.37	204
R <sub>7</sub>	468	1640	0.3	185
R <sub>8</sub>	651	1642	0.24	168
R <sub>9</sub>	1110	1646	0.16	125
R <sub>10</sub>	1735	1641	0.11	91

**Tabla 7-1.** Muestra el comportamiento de los voltajes generados por el generador D00205NT y las corrientes que circulan por el devanado en derivación.

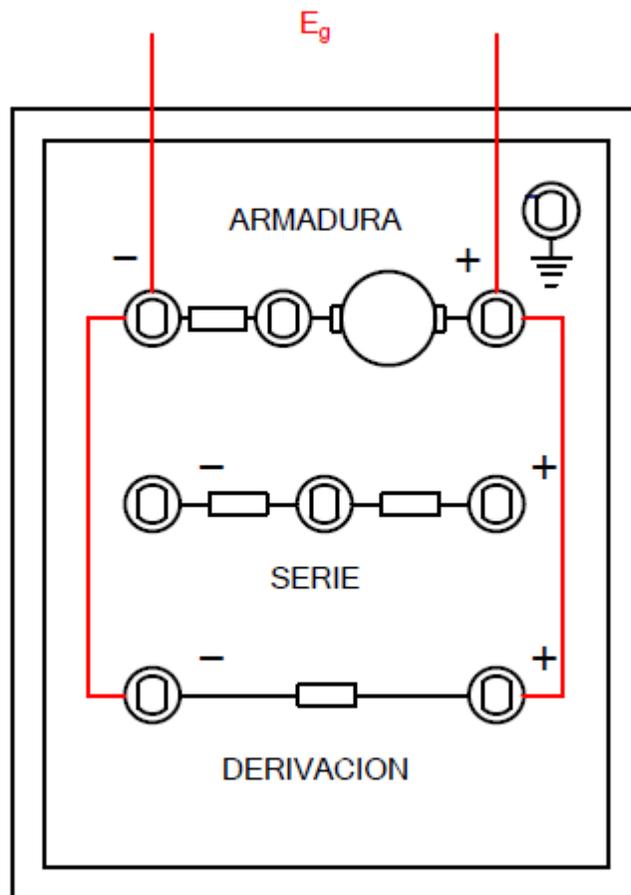


**Gráfica 7-1.** La grafica representa un comportamiento de la corriente de excitación en el devanado de derivación para generar un voltaje de c-d correspondiente a la tabla 7-1.

**GENERADOR D00205NT - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE  
(GENERADOR AUTOEXCITADO CON CAMPO DERIVACION)**



**Figura 4-18.** Esquema eléctrico del generador D00205NT (autoexcitado con campo en derivación).



**Figura 4-19.** Esquema ilustrativo del esquema eléctrico del generador D00205NT (autoexcitado con campo en derivación).

1. Se usará el motor **D01236 - Máquina de corriente continua reversible** para impulsar mecánicamente al generador de c-d. **D00205NT - Máquinas de corriente continua reversible**. Acople los motores mediante los **embragues de acoplamiento**. Conecte el circuito que se ilustra en la **figura 4-18** utilizando los **Módulos; D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona. D01233 - Alimentador de corriente continua. módulos de medición de c-d.**

2. Conecte el motor como, **D01236 - Máquina de corriente continua reversible** en derivación como en procedimientos anteriores. **El flujo de corriente será ajustado regulando la fuente de voltaje.**

3. **Encienda las fuentes de alimentación: suba la pastilla termomagnética** correspondiente al circuito del gabinete o caja de distribución eléctrica, **suba el interruptor de seguridad de la caja de fusible** (cuchillas) correspondiente, **suba el interruptor termomagnético** (encendido) del módulo de alimentación D01233 - alimentador corriente continua, **apriete la botonera de encendido** (verde), **mueva el selector tipo palanca de 0 a 1** para energizar de los bornes de alimentación.

4. Siga los procedimientos de arranque (arranque motor cd en derivación). El motor **D01236 - Máquina de corriente continua reversible** debe comenzar a funcionar si siguió el procedimiento.

Observe que el campo en derivación del generador está conectado a la armadura y esta a su vez a un medidor de c-d. **debido a que el motor no proporciona una velocidad constante, se tomaran los datos de velocidad y se tomara la media. La corriente de la armadura puede ser también regulada por el reóstato.**

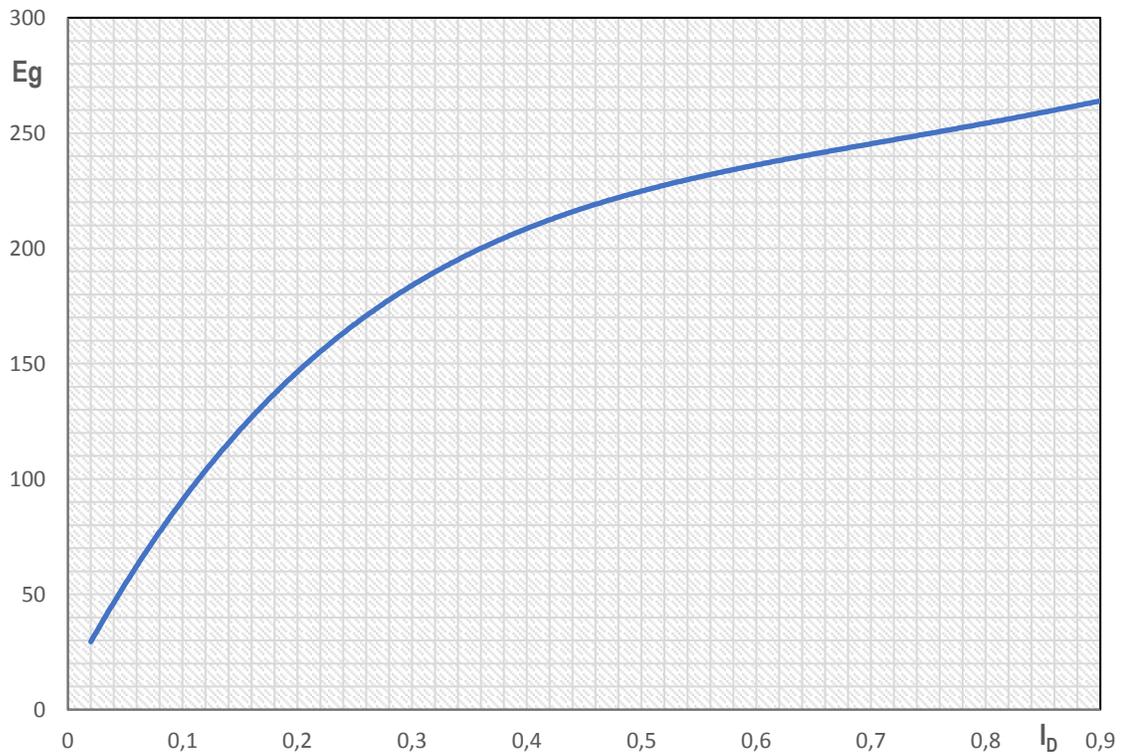
5. Haga variar la corriente de campo en derivación, haciendo girar la perilla de control del D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona. Esto permitirá variar el voltaje generado.

6. Conecte el medidor de 200V c-d a la salida del generador (terminales + y - de la armadura). Observe el efecto en la salida del generador (voltaje de armadura Eg según lo indica el medidor de 200V c-d).

**El motor síncrono es el adecuado para impulsar el generador de c-d. debido a su velocidad constante de operación.**

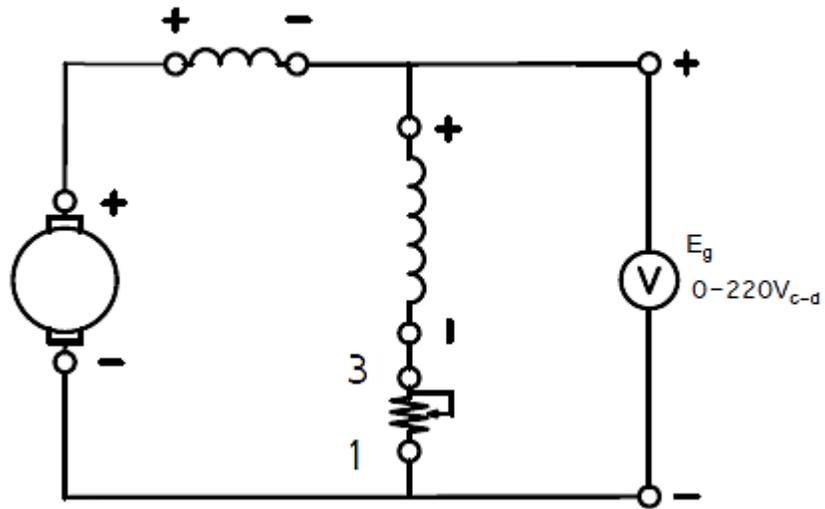
Autoexcitado con campo derivación				
Reóstato		Revolución		
Posición	RV <sub>CD</sub> (Ohm)	R.P.M.	I <sub>cc</sub>	E <sub>g</sub>
R <sub>1</sub>	28.3	1586	0.9	264
R <sub>2</sub>	73.4	1602	0.78	252
R <sub>3</sub>	135	1607	0.66	243
R <sub>4</sub>	223	1610	0.54	230
R <sub>5</sub>	285	1616	0.48	220
R <sub>6</sub>	560	1622	0.32	191
R <sub>7</sub>	935	1629	0.22	156
R <sub>8</sub>	1620	1633	0.14	115

**Tabla 8-1.** Muestra el comportamiento de los voltajes generados por el generador D00205NT conexión autoexcitado con campo en derivación y las corrientes que circulan por el devanado.

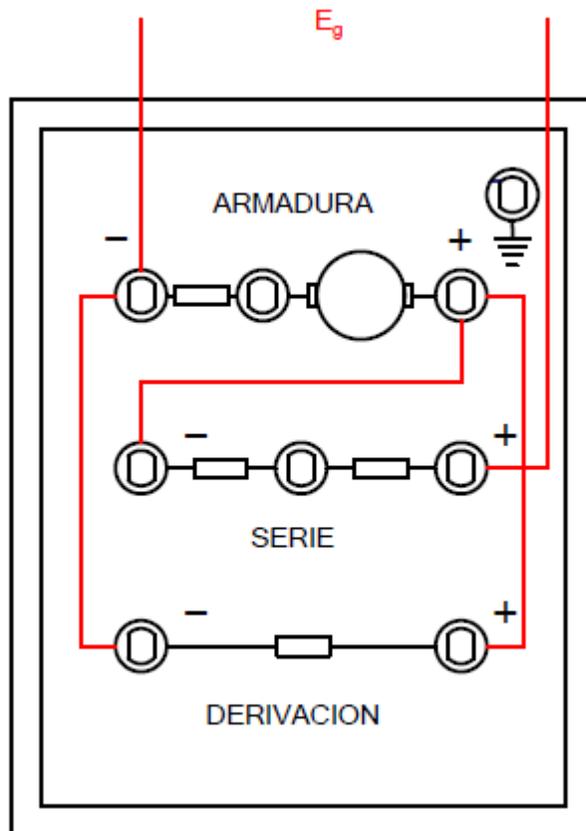


**Gráfica 8-1.** La grafica representa un comportamiento de la corriente de excitación en el devanado de derivación para generar un voltaje de c-d correspondiente a la tabla 8-1 autoexcitado.

**GENERADOR D00205NT - MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA REVERSIBLE  
(GENERADOR AUTOEXCITADO CON CAMPO COMPUESTO)**



**Figura 4-20.** Esquema eléctrico del generador D00205NT (autoexcitado con campo compuesto).



**Figura 4-21.** Esquema ilustrativo del esquema eléctrico del generador D00205NT (autoexcitado con campo compuesto).

1. Se usará el motor **D01236 - Máquina de corriente continua reversible** para impulsar mecánicamente al generador de c-d. **D00205NT - Máquinas de corriente continua reversible**. Acople los motores mediante los **embragues de acoplamiento**. Conecte el circuito que se ilustra en la **figura 4-20** utilizando los **Módulos; D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona. D01233 - Alimentador de corriente continua, módulos de medición de c-d.**

2. Conecte el motor como, **D01236 - Máquina de corriente continua reversible** en derivación como en procedimientos anteriores. **El flujo de corriente será ajustado regulando la fuente de voltaje.**

3. **Encienda las fuentes de alimentación: suba la pastilla termomagnética** correspondiente al circuito del gabinete o caja de distribución eléctrica, **suba el interruptor de seguridad de la caja de fusible** (cuchillas) correspondiente, **suba el interruptor termomagnético** (encendido) del módulo de alimentación D01233 - alimentador corriente continua, **apriete la botonera de encendido** (verde), **mueva el selector tipo palanca de 0 a 1** para energizar de los bornes de alimentación.

4. Siga los procedimientos de arranque (arranque motor cd en derivación). El motor **D01236 - Máquina de corriente continua reversible** debe comenzar a funcionar si siguió el procedimiento.

Observe que el campo en derivación del generador está conectado a la armadura y esta a su vez a un medidor de c-d junto con el campo en serie. **debido a que el motor no proporciona una velocidad constante, se tomaran los datos de velocidad y se calculara la media. La corriente de la armadura puede ser también regulada por el reóstato.**

5. Haga variar la corriente de campo en derivación. haciendo girar la perilla de control del D00427 - Reóstato toroidal de excitación para máquinas de C.C. y máquina síncrona. Esto permitirá variar el voltaje generado.

6. Conecte el medidor de 200V c-d a la salida del generador (terminales + y - de la armadura). Observe el efecto en la salida del generador (voltaje de armadura  $E_g$  según lo indica el medidor de 200V c-d).

Autoexcitado con campo compuesto	
Revolución	Voltaje generado
R.P.M.	$E_g$ (V c-d)
1580	255
1616	261
1669	271
1761	290
1845	307
1997	339
2087	360

**Tabla 9-1.** Muestra el comportamiento de los voltajes generados por el generador D00205NT conexión autoexcitado compuesto y debido a las revoluciones del motor.

## CONCLUSIÓN

El funcionamiento correcto del equipo eléctrico ITALIA DIDACTA, en los que se encuentran tanto estáticos como dinámicos como; módulos de alimentación, equipos de medición, equipos de control y motores eléctricos. El manejo del equipo no solo consiste en energizar los equipos, de hecho, en general ningún equipo se debe usar sin antes conocer las características y procedimientos de funcionamiento. Estos equipos al suministrar energía eléctrica tienen un riesgo de integridad física.

Por lo antes mencionado la puesta en marcha de los motores ITALIA DIDACTA no solo consiste en suministrar energía, puesto que detrás de estos equipos hay antes una limpieza de los equipos, una revisión del estado de estos, mantenimiento, una compilación de información sobre los equipos; como el conjunto de elementos que componen los módulos de alimentación como son los fusibles, botones, selectores, bornes y sus propios elementos de seguridad, así como también información de los motores; como el funcionamiento de estos, como las leyes de las que se rigen, como recomendaciones mediante, normas internacionales, reglamentos y especificaciones, esto si no se cuenta con poca o nula información acerca de los equipos. Después de conocer la información antes mencionadas se requiere hacer un análisis matemático para conocer el comportamiento de las variables en el funcionamiento de los motores, tanto como el arranque, como en funcionamiento nominal para saber si se encuentran dentro de las características de funcionamiento propuestos por las normas, reglamentos o especificaciones de esta forma tener precedentes y justificación, para utilizar con mayor seguridad los elementos de medición, elementos de alimentación, los elementos de complemento y los elementos de seguridad. Por lo que se llega a la conclusión que la puesta en marcha de motores y el uso de equipo eléctrico potencialmente peligroso con poca información, pueden ser utilizados bajo el análisis y criterio de normas, reglamentos y especificaciones con precedentes en la industria europea, debido a la procedencia de los motores, inclusive con motores que fueron construidos aproximadamente hace 20 años como lo son los motores ITALIA DIDACTA, de esta forma generar información de los equipos y comprobar el funcionamiento a lo que nos conduce a crear procedimientos de arranques, esquemas eléctricos y material ilustrativo, mediante las características de seguridad mínimas de funcionamiento, para que el uso de estos equipos sea más seguro y fácil de utilizar para toda la comunidad estudiantil.

## BIBLIOGRAFÍA

- Roldan Vilorio, J. (2005). *Motores eléctricos. Accionamiento de máquinas. 30 tipos de motores* Madrid: Thomson Editores.
- Lobosco, O., Díaz, J. and Lobosco, O. (1998). *Selección y aplicación de motores eléctricos*. México: Alfaomega.
- Wildi. T. (2007). *Máquinas eléctricas y sistemas de potencia*. 4th ed. Distrito Federal: Pearson Educación.
- Fraile Mora. J. (2000). *Máquinas eléctricas*. 5a ed. McGraw-Hill España.
- Kosow. I. (1998). *Máquinas eléctricas y transformadores*. 2nd ed. México: Reverte.
- Richardson. D. (1997). *Máquinas eléctricas rotativas y transformadores*. 4th ed. México: Prentice-Hall Hispanoamericana.
- Alexander. C. and Sadiku. M. (2006). *Fundamentos de circuitos eléctricos*. 3rd ed. Ciudad de México: McGraw-Hill Interamerican.
- Wildi. T. and De Vito. M. (1987). *Experimentos con equipo eléctrico*. 11th ed. México: Limusa.
- Fitzgerald. A., Kingsley. C. and Umans. S. (2004). *Máquinas eléctricas*. México: McGraw-Hill.
- Didacta.it. (2019). [online] Available at: [http://didacta.it/allegati/main\\_catalogs/CE\\_MAE10D\\_S.PDF](http://didacta.it/allegati/main_catalogs/CE_MAE10D_S.PDF) [Accessed 29 Jan. 2019].
- Interpretación de planos eléctricos. (2019). [ebook] México. Available at: <https://es.slideshare.net/kkelvinn/tx-tep0001-mp-interpretacin-de-planos-elctricos> [Accessed 29 Jan. 2019].
- Rodarte Arriaga. A. M., & Lima Gómez. Á. I. (2011). *Prácticas simuladas con ESS. CaDe SIMU y automation studio sobre control de motores eléctricos*. Retrieved from <http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02029a&AN=tes.TES01000671708&lang=es&site=eds-live>
- F2i2.net. (2019). [online] Available at: [http://www.f2i2.net/Documentos/LSI/rbt/ITC\\_BT\\_47.pdf](http://www.f2i2.net/Documentos/LSI/rbt/ITC_BT_47.pdf) [Accessed 10 Jun. 2019]