

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TRANSFORMADOR ELÉCTRICO

Daniel Fernando Aranda Contreras, Diana Fernanda Abril Roa, Nicolás Hernández Buitrago,  
Rafael Miguel Segura Garzon

Escuela E3T, Universidad Industrial de Santander

Correo electrónico: {daniel2221648, diana2212074, nicolás2204593, rafael2202194 }@correo.uis.edu.co

**Index Terms**—Transformador Tensión, Bobinado, Relación de transformación, Aislante, Fusibles, Corriente, Potencia, Diseño, Construcción.

## I. OBJETIVOS

- Identificar correctamente los bornes de conexión y los devanados internos (de campo y de armadura) de una máquina de corriente continua, con base en su configuración eléctrica y esquema de conexión.
- Medir la resistencia de aislamiento de los devanados de la máquina de C.C. utilizando un megómetro, verificando su estado eléctrico conforme a los estándares de seguridad eléctrica.
- Determinar la caída de tensión en las escobillas durante el funcionamiento de la máquina, evaluando su condición operativa y su influencia en el rendimiento del equipo.
- Desarrollar habilidades prácticas en el uso de instrumentos de medición eléctrica aplicados al diagnóstico y análisis de máquinas de corriente continua.

## II. EQUIPOS Y MATERIALES

- Máquinas de corriente continua.
- Megómetro (Megger).
- Ohmímetro.
- Voltímetro.
- Amperímetro.

## III. INTRODUCCIÓN

Las máquinas de corriente continua (C.C.) son equipos electromecánicos ampliamente utilizados en aplicaciones donde se requiere un control preciso de la velocidad y el par. Estas máquinas pueden clasificarse, según su tipo de excitación, en tres categorías principales: máquinas en derivación (shunt), en serie y compuestas (compound). Cada una presenta características de operación particulares que las hacen adecuadas para distintas condiciones de carga y aplicaciones industriales.

Antes de poner en funcionamiento una máquina eléctrica nueva, reparada o que haya estado inactiva, es fundamental realizar una serie de pruebas preliminares que garanticen su correcto funcionamiento y la seguridad durante la operación. Estas pruebas

incluyen la identificación y verificación de los bornes de conexión, la medición de la resistencia eléctrica de los devanados, la evaluación de la resistencia de aislamiento, la determinación de la caída de tensión en las escobillas y, en ciertos casos, la comprobación de la zona neutra geométrica. Estas verificaciones permiten prevenir fallos eléctricos, evitar daños en los componentes y asegurar que la máquina cumpla con los estándares técnicos y normativos vigentes. Esta práctica de laboratorio tiene como finalidad aplicar estos procedimientos de diagnóstico en una máquina de corriente continua, desarrollando habilidades en el manejo de instrumentos de medición y fortaleciendo la comprensión del comportamiento eléctrico y mecánico de este tipo de máquinas.

## IV. MARCO TEÓRICO

Las máquinas de corriente continua (CC) son dispositivos electromecánicos que convierten energía eléctrica en energía mecánica (motores) o viceversa (generadores). Aunque en la actualidad han sido en gran parte reemplazadas por máquinas de corriente alterna en muchas aplicaciones, las máquinas de CC siguen siendo fundamentales en entornos industriales, sistemas de control, vehículos eléctricos y laboratorios educativos, debido a su capacidad de control preciso de velocidad y torque.

Una máquina de corriente continua está compuesta principalmente por un **estator**, que proporciona el campo magnético, y un **rotor** o **armadura**, que gira dentro de ese campo. El intercambio de corriente entre la armadura giratoria y el circuito externo se logra mediante el **conmutador** y las **escobillas**, lo que permite mantener una dirección unidireccional de la corriente en el circuito externo, incluso cuando la máquina está en movimiento.

Las **medidas preliminares** en el estudio de una máquina de CC son esenciales para garantizar un funcionamiento seguro y eficaz antes de realizar ensayos más exigentes. Estas medidas incluyen la **resistencia de los devanados del inducido y del campo**, la **verificación de la polaridad**, la **identificación de terminales**, la **comprobación de la**

**continuidad**, y la **inspección visual de conexiones y escobillas**. Estas pruebas permiten detectar fallas como cortocircuitos, circuitos abiertos o conexiones incorrectas, que podrían afectar el rendimiento de la máquina o provocar daños durante su operación.

Comprender el comportamiento eléctrico básico de la máquina en estado de reposo (sin carga) permite también establecer una línea base para futuros análisis de desempeño, eficiencia y respuesta dinámica. Además, estas mediciones son cruciales para el desarrollo de modelos matemáticos que representen la máquina en simulaciones o aplicaciones de control.

## V. ACTIVIDAD

### Identificación de devanados:

Es necesario realizar algunas medidas preliminares. Estas comprenden la identificación de los bornes y verificación de su marcación. En este laboratorio se tomarán estas respectivas medidas de las máquinas de corriente continua que se encuentran en el laboratorio de Máquinas 1: Shunt y Compound. Para la identifi-

- El devanado de armadura se hace girar el eje, porque si en los bornes medidos se induce tensión, así sea un poco, ese sería el devanado de armadura.
- Para este devanado teníamos también acceso a las escobillas, con este también se podría identificar directamente.
- Para identificar el devanado de campo serie se tiene que aplicar unos pulsos en el devanado shunt y donde se encuentre la mayor tensión en los devanados no identificados, ese sería el devanado de campo serie.

Este procedimiento se realizará para cada una de las máquinas que tenemos en el laboratorio: Shunt, Compuesta. Como la identificación de los bornes no requiere de procedimientos complejos, los instrumentos y equipos que usaremos en el laboratorio serán un multímetro.

### Resistencia en los devanados (shunt)

DEVANADO	VALOR ( $\Omega$ )	BORNES
ARMADURA	3.5	A1-B2
SHUNT	8.77	E1-E2

### Resistencia de aislamiento (shunt)

VALOR (G $\Omega$ )	BORNES
7.45	A1 - TIERRA
926	E2 - TIERRA
5.49	B2 - E2

### Resistencia en los devanados (Compound)

DEVANADO	VALOR ( $\Omega$ )	BORNES
ARMADURA	2.7	A1 – B2
SERIE	0.5	D1 – D2
SHUNT	0.570 (k)	E1 – E2

### Resistencia de aislamiento (Compound)

VALOR (G $\Omega$ )	BORNES
18.8	A1 - TIERRA
20.9	D1 - TIERRA
4.75	E1 – TIERRA
4.93	A1 – D1
1.94	A1 – E1
4.47	D1 – E1

Para la siguiente parte del laboratorio usaremos el esquema que se nos indicó en la guía de la práctica, el cual es tomar el voltaje y corriente del devanado de armadura ( $R_a$ ,  $V_a$ ,  $I_a$ ) con eso generar una tabla y esa misma tabla se extrapolará para poder encontrar el valor aproximado de la caída de tensión en las escobillas.

El esquema que se piensa usar es el siguiente (figura 3).

RESISTENCIA ( $\Omega$ )	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)
Máxima	1.36	0.8
2	2.020	1
3	3.560	1.49
4	5.770	2.07
5 (mínima)	10.93	3.60



Figura 1: Motor compound del laboratorio.



Figura 2: Motor shunt del laboratorio.

cación de los bornes usaremos un multímetro con el que podremos verificar la continuidad de cada uno de los bornes, con eso sabremos cuáles son los bornes a los que tendremos que medirles su valor resistivo. Para identificarlos, tendremos que tener los siguientes puntos en cuenta:

- El devanado de campo shunt tiene el mayor valor resistivo de todos los devanados.

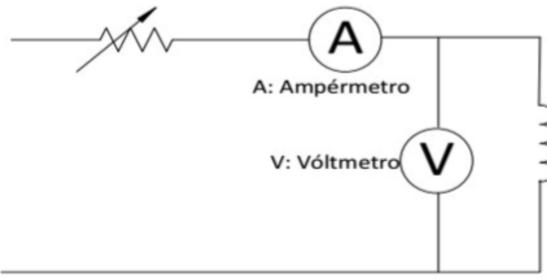


Figura 3: Topología de circuito usada para el equivalente.

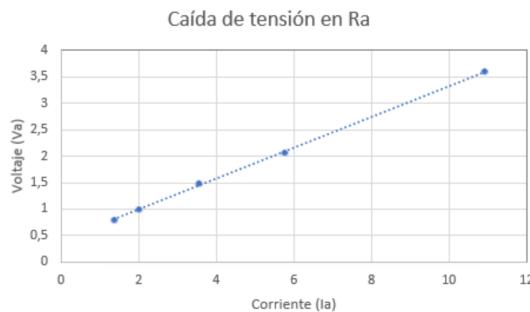


Figura 4: extrapolación de los datos y así obtener la caída de tensión en las escobillas.

Con los datos obtenidos anteriormente en la tabla 1, podremos construir la figura 4.

#### *Imagen. Gráfica caída de tensión en Ra*

Haciendo la extrapolación con los datos obtenidos y analizándolos de forma lineal, podremos conseguir la caída de tensión en escobillas.

Caída de tensión en escobillas: 0.415518 V

#### *¿Qué es la zona neutra geométrica?*

La zona neutra geométrica en una máquina eléctrica, como un generador o motor de corriente continua (DC), se refiere al área específica del conmutador donde la corriente inducida en los conductores del rotor (inducido) cambia de dirección. Es un concepto crucial para la correcta conmutación y operación de la máquina.

#### *Características de la Zona Neutra Geométrica::*

- **Ubicación:** La zona neutra geométrica se encuentra en el plano perpendicular al eje del flujo magnético principal generado por el campo de la máquina. Es decir, está en el lugar donde el flujo magnético es teóricamente cero.
- **Función:** En esta zona, las escobillas del motor o generador deben estar posicionadas para que no haya una fuerza electromotriz (fem) inducida en los conductores del inducido cuando están en contacto con las escobillas. Esto reduce las chispas y el desgaste en el conmutador y las escobillas.
- **Cambio de dirección de corriente:** A medida que el rotor gira, los conductores pasan por la

zona neutra geométrica, cambiando la dirección de la corriente. Este cambio debe ser suave para evitar arcos eléctricos y desgaste prematuro.

## VI. CONCLUSIONES

- La identificación correcta de los bornes en máquinas tipo Shunt y Compound permitió una conexión segura y adecuada para las pruebas posteriores, evitando errores comunes que podrían provocar fallas o daños en el equipo.
- La medición directa de las resistencias de los devanados permitió comprobar la continuidad de los bobinados y diferenciar entre el devanado de campo shunt, de mayor resistencia, y el de armadura, de menor resistencia, lo cual facilitó su identificación.
- La prueba de resistencia de aislamiento arrojó valores aceptables (mayores a 1 [ $M\Omega$ ]), indicando que los devanados no presentan fugas peligrosas de corriente hacia tierra, y que los materiales aislantes se encuentran en buen estado.
- La experiencia práctica facilitó la comprensión de la estructura interna y el comportamiento eléctrico básico de las máquinas de corriente continua, fortaleciendo el vínculo entre teoría y práctica en la ingeniería eléctrica.
- La caída de tensión medida en las escobillas fue de 0,415 V, lo que está dentro de los límites esperados, indicando un buen contacto y mínima pérdida de energía.
- Se destacó la importancia de la zona neutra geométrica, que es el punto donde las escobillas deben estar ubicadas para evitar chispas y desgaste en el conmutador. Su correcta colocación es vital para que la máquina funcione de manera eficiente y segura.
- Las resistencias en las máquinas Shunt y Compound fueron muy diferentes, lo cual es esperado debido a sus distintas configuraciones y funciones.
- Las pruebas iniciales como la identificación de bornes y medición de resistencias son claves para asegurar el correcto funcionamiento y evitar fallos de la máquina.

## ANEXOS

### *Hoja de datos*

### REFERENCIAS

- [1] ASTM International, *F1883 Standard Practice for Selection of Wire and Cable Size in AWG or Metric Units*, 1998. doi: 10.1520/F1883-98.
- [2] C. E. Gonzalez Aguas and O. García Colmenares, *Guía para el diseño de núcleos de transformadores de distribución*, Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista, Director H. R. Vargas Torres, Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2008.
- [3] J. Fraile Mora, *Máquinas Eléctricas*, 6<sup>a</sup> ed. Madrid, España: McGraw-Hill, 2008.

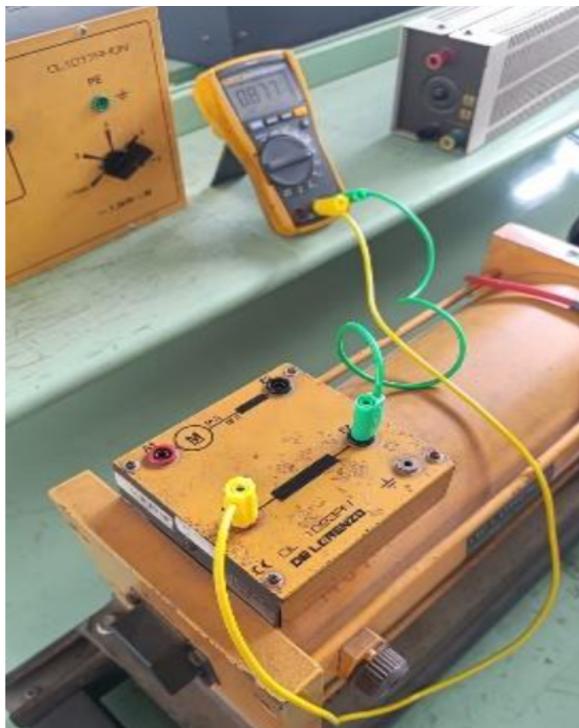


Figura 5: Montaje Resistencia de los devanados máquina shunt.



Figura 6: Montaje resistencia de aislamiento.



Figura 7: Montaje prueba de caída de tensión en las escobillas.

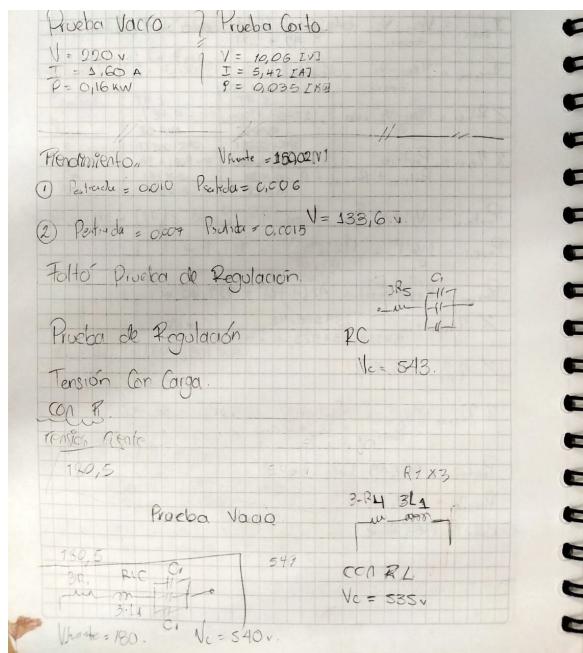


Figura 8: Hoja de los datos tomados en el laboratorio.