



## UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

### LABORATORIO DE ACTUADORES MOTOR DC, CONEXIÓN EN SERIE

Angie Caroline Ubaque Almanzar

[u1802576@unimilitar.edu.co](mailto:u1802576@unimilitar.edu.co)

Jorge Alberto Zorro Sánchez

[u1802582@unimilitar.edu.co](mailto:u1802582@unimilitar.edu.co)

David Steven Galvis Arévalo

[u1802584@unimilitar.edu.co](mailto:u1802584@unimilitar.edu.co)

#### 1. RESUMEN:

Durante la práctica de laboratorio se realizará la conexión de un motor de corriente continua en serie y de esta manera determinar las características que posee.

Se procede a realizar diversas mediciones de velocidad, voltaje y corriente para tener un mejor acercamiento al motor.

#### 2. PALABRAS CLAVE

- Devanado
- Potencia
- Carga
- Torque
- Campo magnético
- 

#### 3. ABSTRACT:

During the practice of laboratory is will take to out the connection of a motor of current continuous in series and of this way determine the features that has.

Is proceeds to perform various measurements of speed, voltage and current to have a better approach to the engine.

#### 4. KEY WORDS

- Winding
- Power
- Load
- Torque
- Magnetic field

#### 5. INTRODUCCIÓN:

Los motores de corriente directa eléctricos son dispositivos capaces de transformar energía eléctrica en energía mecánica, en este caso un movimiento rotacional. Su funcionamiento se basa en la fuerza producida por la presencia de un material conductor, como en forma de bobina, excitado con una intensidad de corriente dentro de un campo magnético presente por un imán o electroimán.

Cuando los motores tienen su campo magnético producido por un electroimán, poseen en su interior un embobinado adicional encargado de comportarse como un electroimán. El motor puede tener conectado los embobinados y la alimentación en serie.

## 6. OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL:

- Analizar las características de un motor con embobinados y alimentación conectados en serie.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Analizar el comportamiento de voltajes en los embobinados a diferentes cargas.
- Determinar y analizar el valor del torque, mediante la relación de velocidad y voltaje de alimentación.

## 7. MARCO TEÓRICO:

### ➤ ELECTRODINAMOMETRO:

El electrodinamómetro es un instrumento en el cual el par producido proviene de las fuerzas magnéticas entre bobinas que conducen corrientes, una de las cuales es giratoria.

Este dispositivo fue implementado durante la práctica para colocarle carga al motor y de esta manera determinar diversas relaciones de corrientes y voltajes según la carga que se colocaba en el motor.



Ilustración 1. Electrodinamómetro Lab-volt[1]

### ➤ MOTOR DE CORRIENTE CONTINUA:

Es una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica, mediante un movimiento rotatorio, por medio del campo magnético.

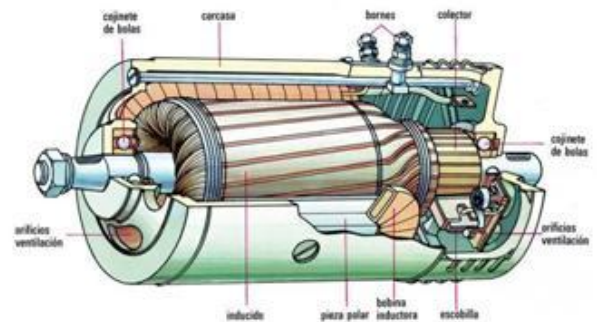


Ilustración 2. Motor de corriente continua [2]



Ilustración 3. Motor de corriente continua Lab-volt [3]

## ➤ CONEXIÓN SERIE:

“Un motor serie es un tipo de motor eléctrico de corriente continua en el cual el devanado de campo (campo magnético principal) se conecta en serie con la armadura. Este devanado está hecho por un alambre grueso, ya que tendrá que soportar la corriente total de la armadura. Debido a esto se produce un flujo magnético proporcional a la corriente de armadura (carga del motor).” [1]

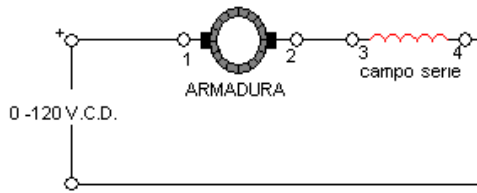


Ilustración 4. Motor de corriente continua [4]

## 8. METODOLOGÍA:

Durante la práctica se llevará a cabo el diseño para un motor con los devanados conectados en serie. La estructura interna de un motor con embobinados en serie es la siguiente:

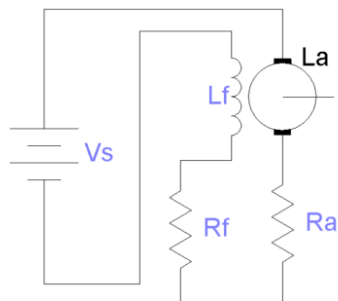


Ilustración 5. Estructura interna.

## Fórmulas:

$$I_a = I_f \quad Ec \ 1.$$

$$E_a = V_s - R I \quad Ec \ 2.$$

$$K_a \Phi_p = \frac{E_a}{\omega_m} \quad Ec \ 3.$$

$$T_d = K_a \Phi_p \cdot I_a^2 \quad Ec \ 4.$$

$$P_d = E_a I \quad Ec \ 5.$$

Donde:

**R:** Resistencia equivalente ( $R_a + R_f$ )

**Vs:** Voltaje de fuente

**I:** Corriente

**Ea:** Voltaje contra electromotriz

**Ia:** Corriente de armadura ( $I_a = I_f$ )

**Pd:** Potencia desarrollada

**Td:** Torque desarrollado

**Wm:** Velocidad angular

$\Phi_p$  : Flujo en los polos

Como en los objetivos se busca hallar el torque desarrollado, se implementan las siguientes ecuaciones a partir de la ecuación 5:

$$Pd = EaI$$

$$Pd = TdWm \quad Ec 6.$$

$$EaIa = TdWm \quad Ec 7.$$

Por ende al realizar las mediciones de corriente y velocidad, se puede encontrar el valor del torque, a partir de las ecuaciones 6 y 7:

$$Td = \frac{EaIa}{Wm}$$

o

$$Td = \frac{Pd}{Wm}$$

Para llevar a cabo la práctica se emplean los siguientes materiales:

- Cables caimán-caimán
- Cable trifásico
- Tacómetro
- Tabla de potencia
- Multímetro
- Cables de conexión banana-banana
- Motor DC universal
- Electrodinamómetro
- Correa de repartición
- Fuente de voltaje

#### - Procedimiento:

1. Se identifican las partes del motor, del electro – dinamómetro y de la fuente de alimentación para tener una conexión adecuada.
2. Realizar las mediciones para el voltaje de alimentación.
3. Tomar las medidas de voltaje, velocidad y corriente cuando el motor se encuentra sin carga y posteriormente con diferentes cargas.
4. Mediante los valores tomados y teniendo en cuentas las ecuaciones mencionadas con anterioridad se halla el torque desarrollado de manera experimental
5. Al realizar los respectivos cálculos se procede a relacionar la velocidad en función del torque y poder obtener su gráfica para de esta manera analizar su comportamiento.
6. Se obtiene otra resultado graficado de torque en función de corriente para verificar su comportamiento exponencial.
7. Se comparan las gráficas obtenidas tanto teórica como experimentalmente, para encontrar su respectivas relaciones.

Por medio de la simulación se puede tener un mayor acercamiento a los resultados que se encontraran durante la práctica y realizar las respectivas

relaciones, como se podrá observar a continuación:

- Plan de pruebas, simulación y análisis

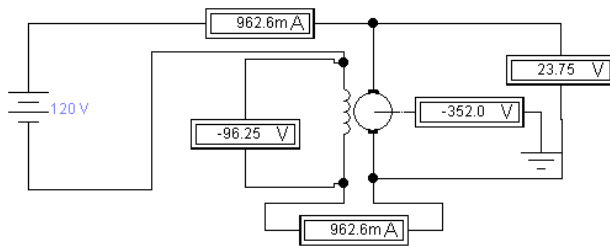


Ilustración 6. Simulación motor DC

- Plan de pruebas:

Se realizan diferentes simulaciones variando su voltaje para poder analizar su comportamiento. Se simula un motor DC con las siguientes características: Resistencia de armadura 10 ohms, inductancia de armadura, 1mH, resistencia de campo 100 ohms y inductancia de campo igual a 1mH.

Voltaje (v)	Corriente (mA)
10	90.81
20	181.0
30	269.9
40	357.1
50	442.1
60	524.7
70	604.6
80	681.7
90	756.1
100	827.6
110	896.4
120	962.6

Tabla 1. Valores de corriente en variación de voltaje

Al realizar las simulaciones con 10 datos diferentes de voltaje se puede evidenciar que a medida de que aumenta su voltaje la corriente se hace más grande, siendo directamente proporcional.

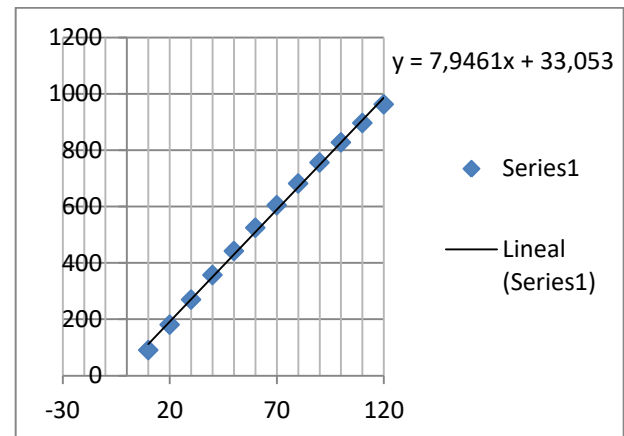


Gráfico 1. Corriente en función de voltaje

Al relacionar Torque con Velocidad angular se obtuvo lo siguiente:

Velocidad(rpm)	Torque (Nm)
3520	0
2849	2
2825	4
2774	6
2699	8
2623	10
2548	12
2473	14
2322	16
2247	18
2171	20

Tabla 2. Valores de Torque y de velocidad en rpm

Se observa que a medida que el Torque sube su valor, la velocidad angular del motor comienza a descender en su valor, y aquí es donde ocurre el aumento de potencia.

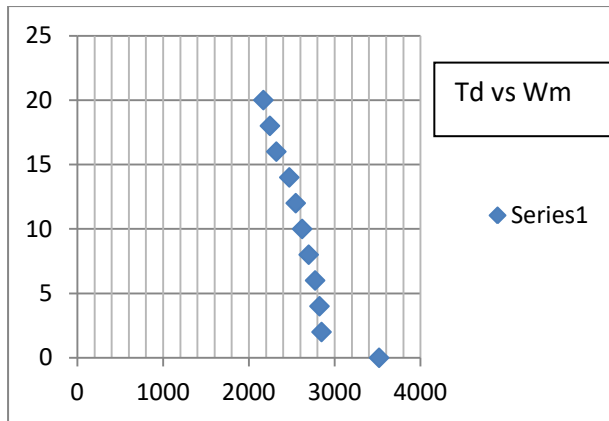


Gráfico 2. Torque desarrollado Vs Velocidad angular del motor

Teniendo en cuenta por ley de Ohm que el comportamiento de la corriente es inversamente proporcional al valor de la resistencia donde un voltaje, generando una corriente. Entonces se tiene que para el circuito en serie, cumpliendo entonces las leyes de Kirchoff para mallas, la corriente es una sola en todo el circuito, es la misma que pasa a través de las resistencias e inductores que componen el motor.

Al aumentar la carga en el sistema, la velocidad disminuyó pero la potencia ejercida por el motor fue la variable que aumentó. Debido a que la potencia y el torque son variables directamente proporcionales.

## 8. RESULTADOS EXPERIMENTALES

Durante la práctica se realizaron diversas mediciones de velocidad y corriente, empleando variaciones en carga y en voltaje, para determinar las reacciones del

sistema mediante los cambios como se podrá observar en la siguiente tabla:

Voltaje (V)	Velocidad (rpm)	Corriente (A)	Carga (Nm)
50	735	900mA	Maquina
119	1550	2,94A	0.12
50	1491	1,26A	0.15
68	1810	1,21A	0.15
68	1530	1,46A	0.23
76	1790	1,39A	0.23
76	1600	1,55A	0.33
81	1826	1.47A	0.28
81	1532	1,76A	0.45
87	1795	1,64A	0.41
87	1500	2,01A	0.56
98	1792	1,85A	0.52
98	1640	2,04A	0.68
102	1807	1,94A	0.59
102	1570	2,29A	0.79
110	1795	2,14A	0.72
110	1625	2,39A	0.9
114	1801	2,27A	0.81
114	1600	2,62A	1.02
119	1800	2,4A	0.93
119	1680	2,64A	1.02
119	1650	2,74A	1.13

Tabla 3. Valores experimentales conexión en serie

La carga involucrada en la tabla 3 es la implementada con el electrodinamómetro, este aparato tiene la escala de las cargas en lbf\*pulg las cuales se cambiaron por Nm mediante la siguiente conversión.

$$1 \text{ lbf} * \text{pulg} \rightarrow 0.112985 \text{ Nm}$$

## 9. ANALISIS DE RESULTADOS:

El motor posee distintas características dependiendo de cómo sea conectado, en este caso se empleó una conexión en serie. El motor fue alimentado con diferentes voltajes los cuales eran variados en un rango de 50V a 120V el cual es su voltaje nominal, a medida de que se variaban estos voltajes se le colocaba carga, debido a que estos motores al no tener una velocidad constante, si se arrancan sin carga tienden a coger mucha velocidad y puede llegar a ser perjudicial para el motor.

Por medio de los datos obtenidos se pueden realizar los siguientes cálculos, encontrando las características del motor implementado.

Utilizando la ecuación 6 para hallar potencia.

$$Pd = 1.13 \text{ Nm} * 169.64 \text{ rad/s}$$

$$Pd = 191.69 \text{ W}$$

Ecuación 7 para hallar voltaje en la armadura.

$$Ea = \frac{TdWm}{Ia}$$

$$Ea = \frac{1.13 \text{ Nm} * 169.64 \text{ rad/s}}{2.74 \text{ A}}$$

$$Ea = 69.96 \text{ V}$$

Al ser un motor con conexión en serie se cumple la siguiente relación:

$$Ia = If$$

Como ya se halló la potencia desarrollada, mediante los datos experimentales, se puede encontrar el valor del torque:

$$Td = \frac{Pd}{Wm}$$

$$Td = \frac{191.64 \text{ W}}{169.64 \text{ rad/s}}$$

$$Td = 1.1296 \text{ Nm}$$

Por medio de los datos obtenidos se presenta la siguiente gráfica:

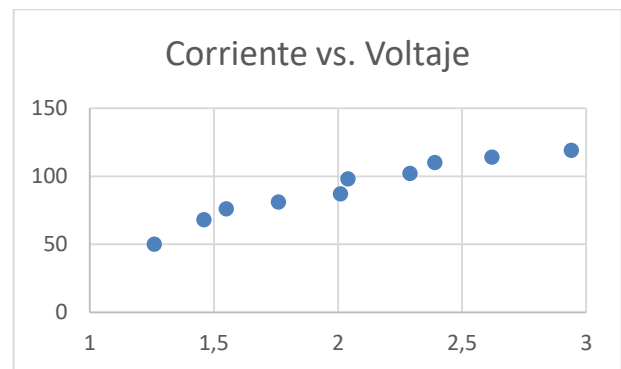


Gráfico 3. Corriente Vs voltaje del motor, con datos experimentales.

Donde se logra evidenciar que a medida de que el voltaje aumenta, la corriente y la velocidad del motor aumentan siendo directamente proporcionales, pero que a

medida de que se incrementa la carga, el motor pierde velocidad, pero su torque aumenta.

## 10. CONCLUSIONES:

- En este tipo de conexión el motor tiene un arranque donde hay un pico alto en corriente que puede dañar el motor y su velocidad no es constante.
- La velocidad del motor es inversamente proporcional al torque, a más torque requerido por el motor, la velocidad disminúa.
- Cuando el motor no tiene carga, su corriente es nominal, la corriente aumenta cuando necesita aplicar un mayor torque, quiere decir que la velocidad no es proporcional a la corriente cuando existe carga.
- La corriente es directamente proporcional al voltaje, Así el motor se encuentre o no con carga.
- El motor al tener este tipo de conexión (en serie), la velocidad es difícil de controlar, esta conexión no es usada para un control de velocidad.

## 11. BIBLIOGRAFIA

[1] Ecured, conocimiento con todos y para todos. "Motor serie". [Online]. Available: [http://www.torontosurplus.com/power-](http://www.torontosurplus.com/power-supplies/electronic-load/lab-volt-labvolt-8911-electro-dynamometer-ems-electromechanical-training-system-see-description.html)

[supplies/electronic-load/lab-volt-labvolt-8911-electro-dynamometer-ems-electromechanical-training-system-see-description.html](http://www.torontosurplus.com/power-supplies/electronic-load/lab-volt-labvolt-8911-electro-dynamometer-ems-electromechanical-training-system-see-description.html)

[2] Ecured, conocimiento con todos y para todos. "Motor serie". [Online]. Available: <http://www.torontosurplus.com/power-supplies/electronic-load/lab-volt-labvolt-8911-electro-dynamometer-ems-electromechanical-training-system-see-description.html>

[3] Murillo, Andres. "Motor serie". [Online]. Available: [https://www.google.com.co/search?q=motor+de+corriente+continua&espv=2&biw=1920&bih=919&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjburYst\\_OAhWNsh4KHUinCT8Q\\_AUIBigB#imgsrc=tsSt4i5bvBWlaM%3A](https://www.google.com.co/search?q=motor+de+corriente+continua&espv=2&biw=1920&bih=919&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjburYst_OAhWNsh4KHUinCT8Q_AUIBigB#imgsrc=tsSt4i5bvBWlaM%3A)

[4] Lizarraga, Miguel Angel. "Motor de Corriente directa". [Online]. Available: [https://www.google.com.co/search?q=conexion+motor+en+serie&espv=2&biw=1920&bih=919&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj9a7Ktd\\_OAhWRix4KHQ0yAcIQ\\_AUIBigB&dpr=1#imgsrc=ROrKZMHtU2ldAM%3A](https://www.google.com.co/search?q=conexion+motor+en+serie&espv=2&biw=1920&bih=919&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj9a7Ktd_OAhWRix4KHQ0yAcIQ_AUIBigB&dpr=1#imgsrc=ROrKZMHtU2ldAM%3A)

[5] Ecured, conocimiento con todos y para todos. "Motor serie". [Online]. Available: [http://www.ecured.cu/Motor\\_serie](http://www.ecured.cu/Motor_serie)