



Universidad de Chile  
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas  
Departamento de Ingeniería Eléctrica  
EL3003 – Laboratorio de Ingeniería Eléctrica

# Guía de Trabajo

---

Electrodinamómetro de Corriente Continua  
Dínamo - Freno

## Contenido

1	Introducción .....	1
2	Temas a investigar .....	3
3	Trabajo de Laboratorio.....	3
3.1	Equipamiento .....	3
3.2	Consideraciones de Seguridad .....	3
3.3	Determinación de la característica de magnetización del generador de corriente continua .....	4
3.3.1	Procedimiento .....	5
3.4	Determinación de la característica externa del generador de corriente continua con excitación independiente .....	6
3.4.1	Procedimiento .....	6
3.5	Determinación de la característica de regulación con excitación independiente .....	7
3.5.1	Procedimiento .....	7
3.6	Determinación de la característica de regulación con autoexcitación .....	8
3.6.1	Procedimiento .....	9
4	Consideraciones para el informe .....	10
5	Bibliografía .....	10
6	Anexos .....	11
6.1	Datos .....	11
6.1.1	Característica de magnetización .....	11
6.1.2	Característica externa .....	12
6.1.3	Característica de regulación con excitación independiente .....	12
6.1.4	Característica de regulación con autoexcitación .....	13

## 1 Introducción

Esta máquina no difiere mucho del generador de corriente continua, excepto en que toda la estructura del estator no está fija y puede oscilar hacia la derecha o hacia la izquierda mediante dos soportes con cojinete. Se puede observar que el lado del generador está equipado de una protección del sistema conmutador/porta-carbones, al quitarlo se puede examinar la construcción mecánica y eléctrica interna de la máquina. La estructura interna se puede dividir básicamente en dos partes:

- Rotor:
  - Bobinado de armadura.
  - Colector de delgas o conmutador.
  - Delgas del colector.
- Estator:
  - Polos.
  - Bobinado de excitación.
  - Carbones y sistema de porta-carbones.

El bobinado de armadura está constituido por espiras que están conectadas a las delgas del colector.

El circuito de excitación está constituido por un bobinado diferente que se inicia en “C” y termina en “B”, el número de espiras es superior al de la armadura, pero posee una sección inferior.

El circuito porta-carbones está fijo en una posición denominada neutra marcada con una referencia colorada.

Los carbones pueden ser colocados en el colector aflojando un tornillo que permite la rotación de este en ambos sentidos.

La máquina se muestra a continuación:

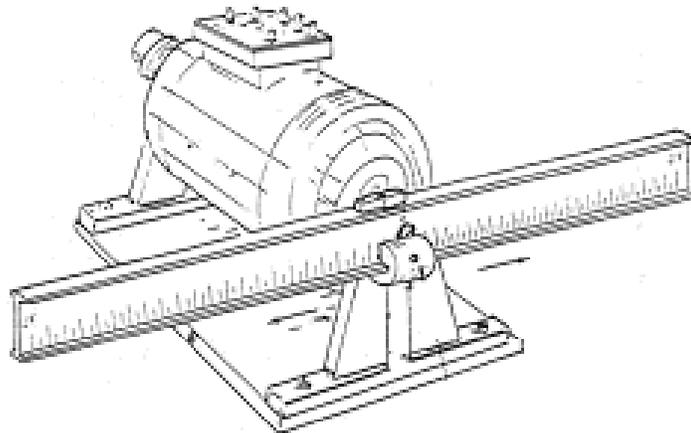


Figura 1: Máquina a utilizar.

En el desarrollo de esta experiencia se realizarán varias pruebas en las cuales la máquina se utilizará como un **generador de corriente continua**.

Es necesario tener claro que esta máquina posee un bobinado de armadura y durante el funcionamiento fluye corriente a través de él. Además, el inductor debe desarrollar un determinado campo magnético, el cual influye directamente sobre la velocidad del motor. Específicamente la velocidad del motor aumenta al disminuir la corriente de excitación y aumenta al aumentar la tensión de armadura, esto provoca que la regulación de la corriente de excitación va ponderada para evitar campos magnéticos muy débiles o nulos, correspondientes a velocidades muy elevadas e inestables, denominadas “velocidades de fuga”. Por lo tanto, al utilizar el reóstato se debe elegir un valor de resistencia no muy elevado, con el objetivo de que no se cree la situación antes mencionada.

El generador de corriente continua con excitación independiente se utiliza para muchas aplicaciones, debido básicamente a su precisión en respuesta a un control externo, pero tiene la desventaja de que requiere una fuente de alimentación C.C. para el circuito de campo. Por este motivo muchas veces se prefiere un generador C.C. con autoexcitación, la cual es posible debido al aprovechamiento del magnetismo residual de los polos del estator.

Conectando en paralelo al inducido el circuito de excitación, este es recorrido por una pequeña corriente, la cual al fluir en la dirección precisa refuerza el campo magnético residual aumentando la tensión inducida y llevando rápidamente la máquina a producir una tensión nominal, Al contrario, al circular esta corriente en sentido contrario, se debilita el campo magnético y por consiguiente no podremos tener una tensión inducida.

## 2 Temas a investigar

Investigue sobre los siguientes temas relevantes para la realización de la presente experiencia de laboratorio:

- Características eléctricas y mecánicas de la máquina de corriente continua.
- Curvas características del generador.
- Tipos de conexión de la máquina de corriente continua.
- Diagramas de conexión.

## 3 Trabajo de Laboratorio

### 3.1 Equipamiento

Para el desarrollo de esta experiencia dispone del siguiente equipamiento:

Tabla 1: Elementos a utilizar en la experiencia

Cantidad	Descripción
2	Voltímetro de 250-500[V]
3	Amperímetro de 2-4[A]
1	Reóstato de carga: 440[Ω] de 1-1.4[A]
1	Reóstato de regulación: 1120[Ω] de 0.5-0.7[A]
1	Máquina M-12/EV
1	Máquina M-4/EV
1	Tacómetro
1	Línea Fija 220Vcc de 3[A]
1	Línea variable 0-430Vca de 3[A]

### 3.2 Consideraciones de Seguridad

- Debido a las altas tensiones presentes en esta experiencia se debe tener extremo cuidado de **desenergizar** el circuito antes de conectar algún dispositivo.
- **No** debe operarse ningún elemento teniendo **energizado** el circuito.
- Tomar nota de las corrientes nominales de ambas maquinas.
- **Monitorear** permanentemente la corriente de fase del motor asíncrono (o de inducción) y las corrientes de campo y de salida del electrodinamómetro (maquina C.C.), para **no superar** las corrientes nominales de las maquinas.
- Los cambios en la tensión de alimentación trifásica se ven tardíamente reflejados en la velocidad del motor asíncrono (o de inducción).
- **Energice** solo después de consultar al auxiliar.

#### Advertencia:

Consulte al auxiliar del laboratorio antes de energizar

### 3.3 Determinación de la característica de magnetización del generador de corriente continua

El objetivo de esta sección es observar la respuesta de la tensión inducida en el generador *al vacío* en función de la corriente de excitación que circula en el campo, la cual a su vez es controlada por la resistencia variable en el circuito de campo.

Este experimento se realiza excitando el campo del estator y haciendo girar el rotor acoplado a la máquina con un motor asíncrono del tipo jaula de ardilla; esta condición se debe a que este motor logra mantener una *velocidad aproximadamente constante*, condición que es muy importante para esta experiencia.

Es importante tener cuidado de que al tomar mediciones variando por ejemplo la corriente de excitación, *no debe volver a valores medidos anteriormente* de modo de evitar pequeños ciclos de histéresis magnética.

Para poder medir y controlar la velocidad será necesario ocupar un contador de revoluciones (tacómetro) disponible en el laboratorio.

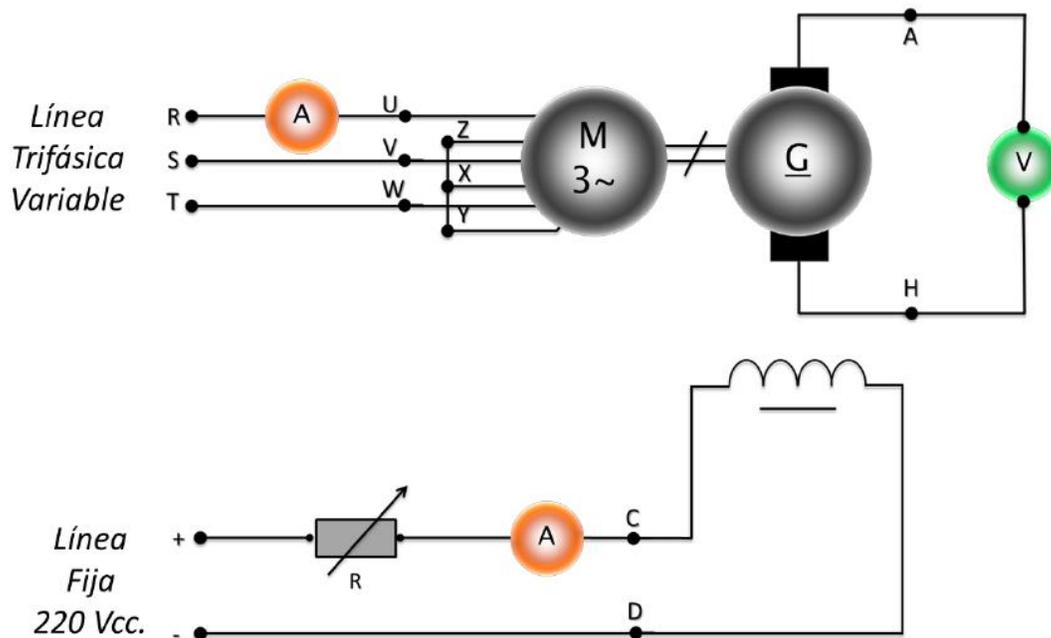


Figura 2: Esquema de circuito para la determinación de la característica de magnetización con excitación independiente.

### 3.3.1 Procedimiento

- i. El diagrama de conexiones se muestra en la Figura 2, en el cual se pueden visualizar dos amperímetros, un voltímetro y una resistencia variable en el circuito de campo que es alimentado por la línea fija de 220 Vcc.
- ii. Conecte entre sí los bornes X—Y—Z del motor asíncrono.
- iii. Conecte un voltímetro en paralelo con los bornes A—H del generador.
- iv. Conecte el reóstato de regulación (en la posición de máximo valor) en el circuito de campo. La función del reóstato en el circuito de campo es proporcionar mayor sensibilidad de regulación.
- v. Conecte el circuito de campo a la línea fija de 220 Vcc. **Energice solo después** de haber efectuado el arranque con la fuente trifásica cuando se lo pidan en el punto xii.
- vi. Conecte un amperímetro en serie con el circuito de campo (al borne C).
- vii. Conecte los bornes R—S—T de la fuente trifásica a los bornes U—V—W del motor asíncrono **sin energizar**.
- viii. Conecte amperímetro en serie entre bornes R y U como muestra la Figura 2.
- ix. Coloque y encienda el tacómetro en el eje de giro del motor asíncrono.
- x. Poner en rotación el generador **aplicando energía** al motor a través del interruptor en la fuente trifásica, aumentando gradualmente la tensión aplicada hasta llegar a la velocidad nominal (2850 rpm) del motor asíncrono, la cual debe mantenerse **constante** a lo largo de la experiencia.
- xi. Antes de activar la alimentación del circuito de campo, anote la primera medición de tensión entre A y H. Esta corresponderá al punto donde, aun siendo igual a cero la corriente de campo, se puede registrar una tensión distinta de cero en la armadura debido a la magnetización residual en el generador.
- xii. Para obtener los demás puntos de la curva es necesario **energizar** el circuito de campo del generador con la fuente fija de 220 Vcc.
- xiii. Luego, aumente **poco a poco** la corriente de excitación con ayuda del reóstato, de modo de tomar las mediciones necesarias (al menos 10 muestras). Para subir la corriente de excitación, la resistencia del reóstato debe disminuir.
- xiv. Anote los datos en la Tabla 2 en el anexo. Con estos datos se podrá construir la característica de magnetización “en subida” del generador.
- xv. De manera análoga, se puede obtener la característica “en bajada”. Para ello, disminuya la corriente de campo hasta anularla, aumentando la resistencia del reóstato hasta su valor máximo.
- xvi. Anote los datos en la Tabla 3 en el anexo.

**Observación:** Si la velocidad de rotación difiere de la velocidad nominal, se debe modificar la tensión de alimentación trifásica hasta llegar a los 2850 rpm requeridos.

### 3.4 Determinación de la característica externa del generador de corriente continua con excitación independiente

El objetivo es determinar la **variación de tensión** en los bornes del generador a **velocidad constante** desde la condición de vacío hasta plena carga. Para mantener la velocidad del generador constante es necesario utilizar la máquina asíncrona, por su capacidad de entregar potencia con velocidad constante.

La carga variable a utilizar es el reóstato de carga.

#### 3.4.1 Procedimiento

El diagrama de conexiones se muestra en la Figura 3, que a diferencia de la Figura 2, este presenta una resistencia variable como carga del generador.

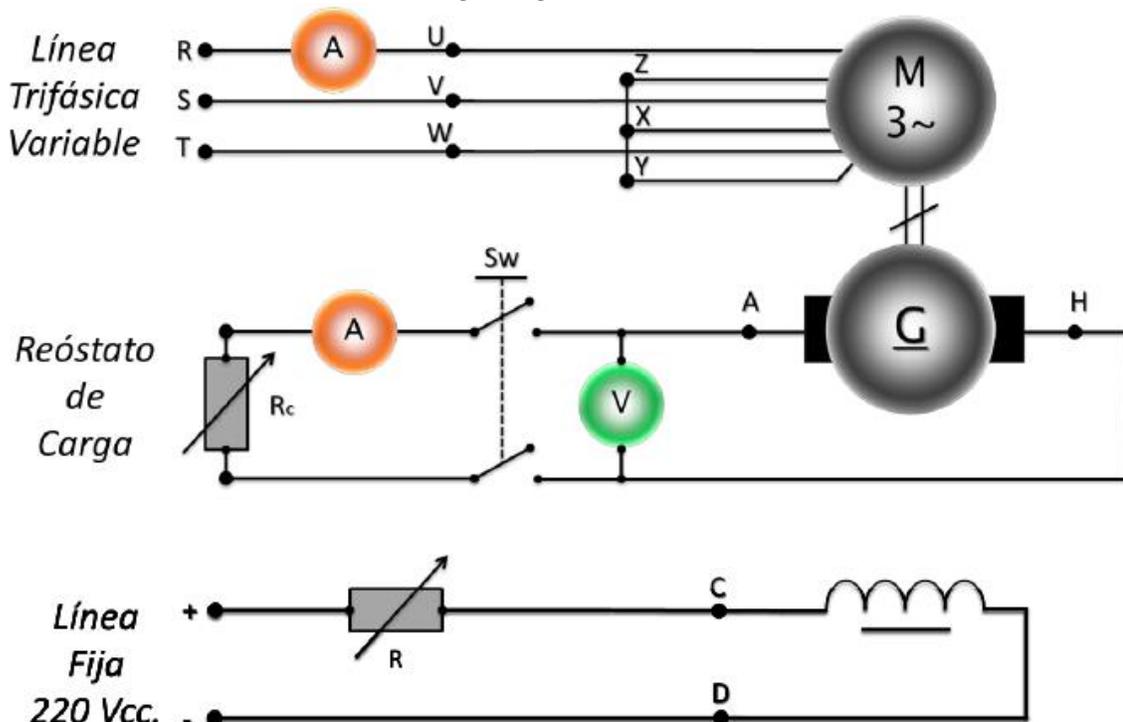


Figura 3: Esquema de conexión para la determinación de la característica externa del generador C.C. con excitación independiente.

- i. Conecte entre sí los bornes X—Y—Z del motor asíncrono.
- ii. Conecte un voltímetro en paralelo con los bornes A—H del generador.
- iii. Conecte en serie el reóstato de carga y el amperímetro entre los bornes A y H como indica la Figura 3.
- iv. Conecte el reóstato de regulación (en la posición de máximo valor) en el circuito de campo.

- v. Conecte el circuito de campo a la línea fija de 220 Vcc. **Energice solo después** de haber efectuado el arranque con la fuente trifásica como se indica en el punto x.
- vi. Conecte los bornes R—S—T de la fuente trifásica a los bornes U—V—W del motor asíncrono **sin energizar**.
- vii. Conecte amperímetro en serie entre bornes R y U como muestra la Figura 3.
- viii. Coloque y encienda el tacómetro en el eje de giro del motor asíncrono.
- ix. Con el switch en apagado (generador sin carga, en vacío), arrancar el generador **aplicando energía** al motor a través del interruptor en la fuente trifásica, aumentando gradualmente la tensión aplicada hasta llegar a la velocidad nominal (2850 rpm) del motor asíncrono, la cual debe mantenerse **constante** a lo largo de la experiencia.
- x. **Después** de realizado el arranque, **encienda** la alimentación del circuito de campo de 220 Vcc.
- xi. Durante este proceso se apreciarán irregularidades en la velocidad de funcionamiento del motor asíncrono, que deben controlarse ajustando la tensión trifásica aplicada.
- xii. Anote la tensión del generador en vacío y la corriente por la carga en la Tabla 4 en el anexo, éste será el punto de partida de la característica.
- xiii. Después se debe cerrar el interruptor con el reóstato de carga a su máxima valor y disminuirla gradualmente tomando nota de los valores de la tensión y corriente. (al menos 10 muestras).
- xiv. Anote los datos en la Tabla 4 en el anexo.

### 3.5 Determinación de la característica de regulación con excitación independiente

El objetivo es encontrar la característica que se utiliza para controlar los valores de corriente de excitación necesaria para tener en los bornes de la máquina una **tensión constante** al **variar la carga**.

Al aumentar la carga en un generador con excitación independiente y queriendo mantener la tensión constante sobre esta, será necesario aumentar la corriente de excitación a medida que se aumenta la carga con el fin de anular los efectos de la caída de tensión debido a las resistencias óhmicas del circuito inducido y a la reacción de armadura.

#### 3.5.1 Procedimiento

El diagrama de conexiones se muestra en la Figura 4, que a diferencia de la Figura 3, este presenta conectado un amperímetro en serie con el reóstato en el circuito de campo.

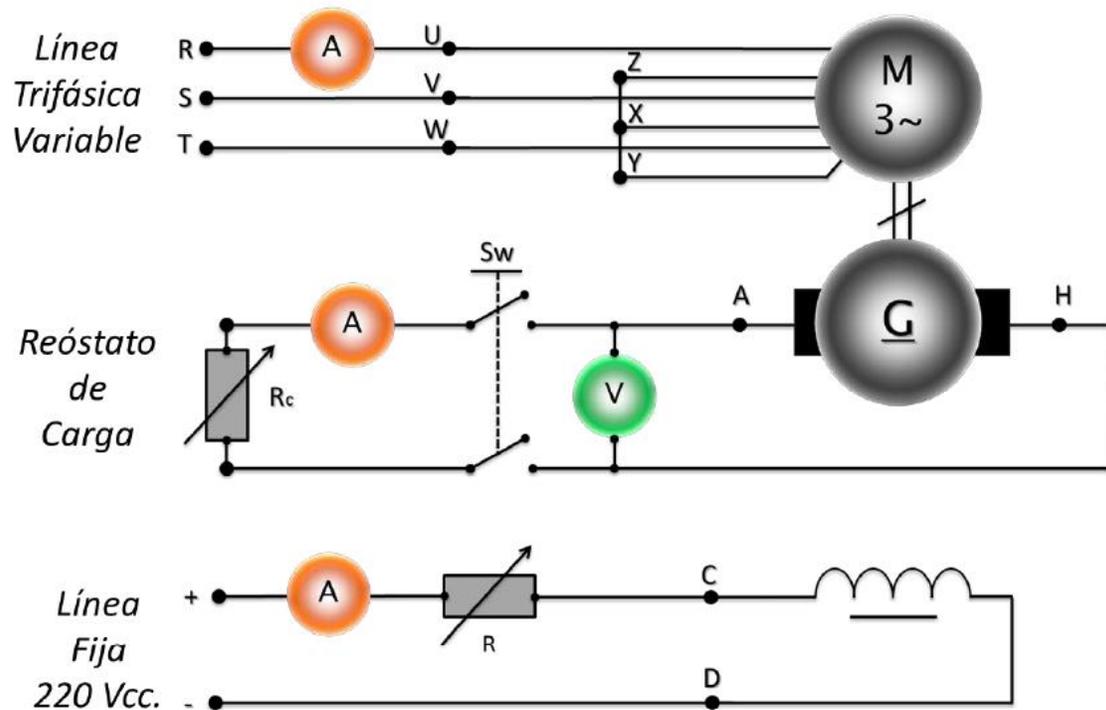


Figura 4: Esquema de conexión para la determinación de la curva de regulación del generador C.C. con excitación independiente.

- i. Con el switch en apagado (generador sin carga, en vacío), arrancar el generador **aplicando energía** al motor a través del interruptor en la fuente trifásica, aumentando gradualmente la tensión aplicada hasta llegar a la velocidad nominal (2850 rpm) del motor asíncrono.
- ii. **Después** de realizado el arranque, encienda la alimentación del circuito de campo de 220 Vcc.
- iii. Luego, fije y mida la tensión nominal en los bornes del generador en vacío. Recuerde que esta tensión debe mantenerse constante a lo largo de la experiencia.
- iv. Anote en la Tabla 5 en el anexo las corrientes que circulan por ambos reóstatos (de carga y de campo). Este será el primer punto de la característica.
- v. Conecte el switch con el reóstato de carga en su máximo valor.
- vi. Disminuya el reóstato de carga y medir sucesivamente tensión en los bornes del generador. Llevar la tensión de los bornes del generador al valor original (medido al vacío en el punto iii), actuando sobre el reóstato de regulación del circuito de campo (al menos 10 muestras).
- vii. Anote los datos de corriente en la Tabla 5 en el anexo.

### 3.6 Determinación de la característica de regulación con autoexcitación

El objetivo es encontrar la característica que se utiliza para controlar los valores de corriente de excitación necesaria para tener en los bornes de la máquina una **tensión constante** al **variar la carga**.

### 3.6.1 Procedimiento

El esquema de conexiones se muestra en la Figura 5, la cual a diferencia de los esquemas anteriores, el circuito de campo **no se alimenta** de la línea fija de 220 Vcc, si no que se conecta en paralelo a los bornes A y H, en una conexión autoexcitada.

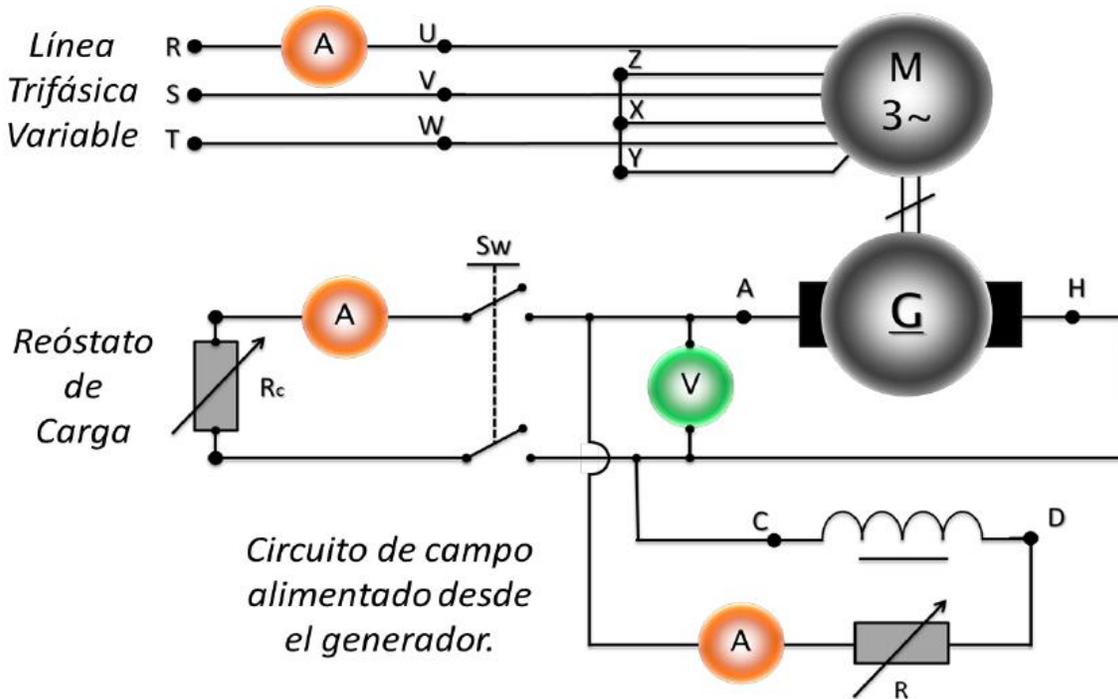


Figura 5: Esquema de conexión para la determinación de la curva de regulación del generador C.C. con autoexcitación.

- i. Con el switch en apagado (generador sin carga, en vacío), arrancar el generador **aplicando energía** al motor a través del interruptor en la fuente trifásica, aumentando gradualmente la tensión aplicada hasta llegar a la velocidad nominal (2850 rpm) del motor asínrono.
- ii. Luego, fije y mida la tensión nominal en los bornes del generador en vacío. Recuerde que esta tensión debe mantenerse constante a lo largo de la experiencia.
- iii. Anote en la Tabla 6 en el anexo las corrientes que circulan por ambos reóstatos (de carga y de campo). Este será el primer punto de la característica.
- iv. Conecte el switch con el reóstato de carga en su máximo valor.
- v. Disminuya el valor del reóstato de carga y medir sucesivamente tensión en los bornes del generador. Llevar la tensión de los bornes del generador al valor original (medido al vacío en el punto ii), actuando sobre el reóstato de regulación del circuito de campo (al menos 10 muestras).
- vi. Anote los datos de corriente en la Tabla 6 en el anexo.

## 4 Consideraciones para el informe

1. Grafique la característica de magnetización del generador con excitación separada.
2. Grafique la característica externa del generador con excitación independiente.
3. Grafique la característica de regulación con excitación independiente y autoexcitación.
4. Compare estos resultados entre sí, y además con las formas que deberían tener en teoría estas curvas.
5. A partir de los resultados obtenidos analice comparativamente las características de los diferentes tipos de conexión del generador de corriente continua.

## 5 Bibliografía

- [1] A. Fitzgerald y C. Kingsley Jr.: “Electric Machinery”, 2ª Ed, Mc. Graw Hill, 1961.
- [2] G. Thaler y M. Wilcox: “Máquinas Eléctricas”. Limusa-Wiley, 1969.
- [3] M. Kostenko y L. Piotrovsky: “Máquinas Eléctricas”, Tomo I, Montaner 1968.
- [4] “Máquinas Eléctricas”, Publicación C/5, Depto. Ingeniería Eléctrica, U. de Chile, 1983 (Parte “Máquinas de corriente continua”).

## 6 Anexos

### 6.1 Datos

Estos datos deben ser entregados al ayudante a cargo al finalizar la sesión correspondiente.

#### 6.1.1 Característica de magnetización

Tabla 2: Característica de Magnetización de subida

$I_{exc}[A]$	$V_{bornes}[V]$

Tabla 3: Característica de Magnetización de bajada

$I_{exc}[A]$	$V_{bornes}[V]$

### 6.1.2 Característica externa

Tabla 4: Característica externa

$V_{\text{bornes}}[\text{V}]$	$I_{\text{carga}}[\text{A}]$

### 6.1.3 Característica de regulación con excitación independiente

Tabla 5: Característica de regulación con excitación independiente.

$I_{\text{exc}}[\text{A}]$	$V_{\text{bornes}}[\text{V}]$

### 6.1.4 Característica de regulación con autoexcitación

Tabla 6: Característica de regulación con autoexcitación.

$I_{exc} [A]$	$V_{bornes} [V]$