



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

BANCO DE ENSAYOS PARA MOTORES  
ELÉCTRICOS EMPLEANDO UN FRENO DE  
HISTÉRESIS.

### **ANEXO**

Autor:

Santiago Alberto Ríos Vivanco

Directores:

Juan Antonio Tejero Gómez

Antonio Pardina Carrera

Grado en Ingeniería Eléctrica - Universidad de Zaragoza

2022-2023



## Índice

1. Guion de prácticas.....	1
1.1. Introducción .....	1
1.2. Fundamento teórico .....	1
1.2.1. Principio de funcionamiento del motor asíncrono.....	1
1.2.2. Freno de histéresis .....	8
1.2.3. Circuito equivalente de una maquina asíncrona .....	10
1.3. Elementos del banco de ensayos.....	11
1.4. Realización de la práctica .....	12
1.4.1. Objetivos .....	12
1.4.2. Placa de características.....	12
1.4.3. Resistencia de los devanados .....	13
1.4.4. Ensayo en vacío .....	13
1.5. Ensayo a rotor bloqueado (en cortocircuito).....	15
1.5.1. Curva par velocidad.....	16
1.5.2. Influencia de la tensión de alimentación. ....	18
2. Programación .....	20
2.1. Control de par .....	20
2.1.1. Bascula_0.....	20
2.1.2. Bascula_1.....	21
2.2. Control de velocidad .....	22
2.2.1. ContadorPulsos_0 .....	22
2.3. Lectura de medidas eléctricas.....	22
2.4. Control Banco de ensayos .....	25
2.4.1. Programa final .....	25
3. Información técnica .....	29
3.1. Perfil para soporte de motores .....	29
3.2. Celda de carga.....	30
3.3. Arduino.....	32
3.4. Fotosensor .....	34
3.5. Transformador de potencia .....	36

3.6. Transformador de Tensión.....	37
3.7. Transformador de Intensidad .....	38
3.8. Motores de 1,5 kW hasta 2,2kW .....	39
3.8.1. SIEMENS: SIMOTIC-90L-GP-2P.....	39
3.8.2. SIEMENS: SIMOTIC-90L-GP-4P .....	39
3.8.3. SIEMENS: SIMOTIC-100L-GP-2P .....	40
3.8.4. SIEMENS: SIMOTIC-100L-GP-4P .....	40
4. Esquemas y planos .....	41
Estructura para soporte de motores .....	41
Placa board.....	42
Prototipo de etapas electrónicas .....	43
Esquema eléctrico de etapas electrónicas.....	44

## 1. Guion de prácticas

### Ensayo de motor asíncrono trifásico mediante el empleo de un freno de histéresis.

#### 1.1. Introducción

Las máquinas eléctricas en forma de generadores producen cantidades significativas de energía eléctrica dentro del ámbito industrial y doméstico, y un elevado porcentaje de esta es consumida por motores eléctricos, cualquier mejora en la eficiencia de construcción de las máquinas eléctricas se refleja en una reducción significativa en el uso y consumo de energía y por lo tanto, en la reducción de emisión de contaminantes. Por ello existe la necesidad de conocer el funcionamiento y las características de las máquinas eléctricas que empleamos principalmente en el ámbito industrial ya sean de corriente alterna o corriente continua, asíncrona o síncrona, motores o generadores. .

En esta práctica nos centraremos en las motores asíncronos, actualmente es el tipo de motor que se emplea generalmente en la industria, dentro de los motores de inducción es posible encontrar dos principales grupos: los motores de rotor bobinado y motores de jaula de ardilla.

#### 1.2. Fundamento teórico

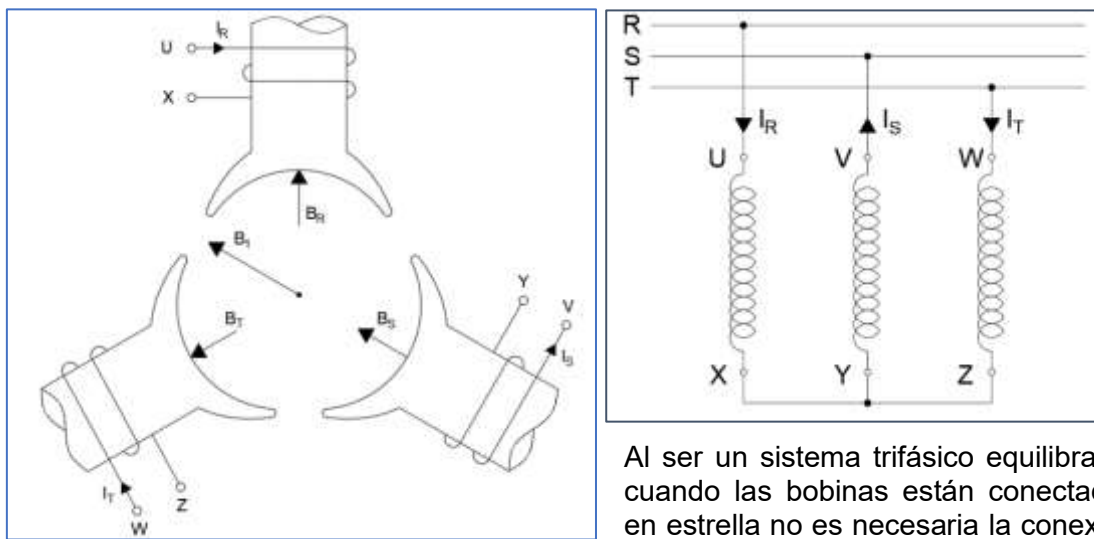
##### 1.2.1. Principio de funcionamiento del motor asíncrono<sup>1</sup>

Su funcionamiento se basa en la acción de un campo magnético giratorio producido por un bobinado estatórico, el cual induce unas corrientes en el circuito rotórico. La acción entre el campo magnético principal y las corrientes inducidas produce el par de giro del rotor.

El campo magnético giratorio del estator se genera mediante tres bobinados independientes separados  $120^\circ$  entre sí. Dichos bobinados van alojados sobre unas ranuras dispuestas axialmente sobre la periferia del estator. Para comprender como se genera el campo magnético giratorio vamos a suponer que en lugar de las bobinas estatóricas dispuestas sobre las ranuras, estas van arrolladas sobre unos polos magnéticos (figura 1).

---

<sup>1</sup> Fuente; Pardina, A. (2006) "*Tecnología eléctrica*".



Al ser un sistema trifásico equilibrado, cuando las bobinas están conectadas en estrella no es necesaria la conexión al

Figura 1. Disposición y conexión de los devanados de un motor asíncrono trifásico.

Si observamos el valor de las corrientes en distintos instantes de tiempo (figura 2), podemos deducir el sentido de la corriente en cada uno de los bobinados para cada instante de tiempo, y por lo tanto el sentido del campo magnético. Si tomamos el instante  $t_1$  observamos que  $I_R$  e  $I_T$  son positivas, lo que indica que dichas corrientes entran por los bornes U y W respectivamente, mientras que  $I_S$  es negativa, lo cual indica que sale por el borne V. También observamos en la figura 2 que en dicho instante de tiempo, la suma de los valores instantáneos de corrientes que entran por U y W es igual a la corriente que sale por V, es decir,  $I_S = I_R + I_T$ .

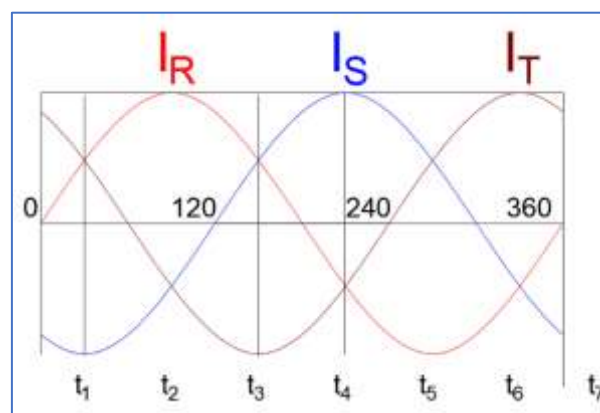


Figura 2. Valores instantáneos de las corrientes por cada fase

Aplicando la regla del sacacorchos para cada uno de los bobinados según el sentido de la corriente, se deduce que cuando la corriente entra por uno de los bornes (U, V, W) el campo magnético entra por el polo correspondiente, mientras que si la corriente sale por el borne también el campo sale por el polo (figura 1). Sumando vectorialmente los campos magnéticos creados por los tres devanados en cada uno de los respectivos instantes de tiempo se obtienen los campos  $B_1, B_2, \dots, B_6$  (figura 3).

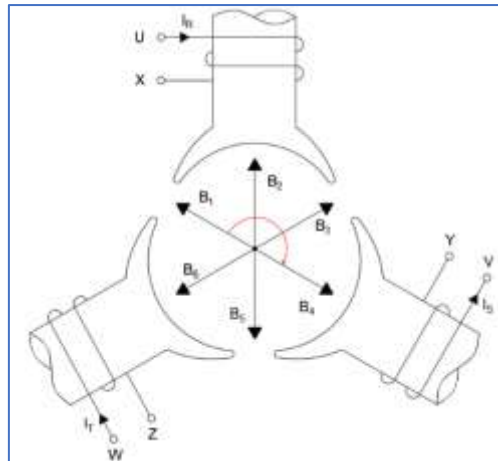


Figura 3. Secuencia de giro del campo magnético resultante

Analizando la orientación del campo magnético en cada uno de los respectivos instantes de tiempo anteriormente indicados ( $B_1, B_2, \dots, B_6$ ), se deduce que ha dado un giro de  $360^\circ$  en un ciclo completo de corriente (figura 3). Es decir, que ha girado una vuelta completa en el tiempo correspondiente al periodo de la corriente ( $T = \text{periodo}$ ). Así pues, la velocidad de giro del campo magnético expresado en revoluciones por minuto (*r.p.m.*) será:

$$\left. \begin{array}{l} T \text{ segundos} \rightarrow 1 \text{ vuelta} \\ 1 \text{ minuto} = 60 \text{ segundos} \rightarrow n^\circ \text{ vueltas} \end{array} \right\} \rightarrow n_s = \frac{60}{T} = 60 \cdot f \text{ (r.p.m.)}$$

Para una frecuencia de 50 Hz corresponde una velocidad de giro de:

$$n_s = 60 \cdot 50 = 3000 \text{ r.p.m.}$$

Por lo tanto, la velocidad de giro del campo magnético de un estator que consta de un par de polos por fase es de 3.000 r.p.m. y se denomina velocidad de sincronismo.

En el ejemplo anterior solo hemos dibujado un polo por cada fase con el objetivo de simplificar el dibujo y poder analizar con más sencillez el efecto giratorio del campo magnético. Este caso corresponde a un bobinado denominado por polos consecuentes,

sin embargo en la práctica también se construyen los bobinados por polos, en los cuales cada polo va emparejado con su opuesto frente a él. Por ejemplo, en un bobinado por polos, los dos devanados correspondientes a la fase UX se conectan en serie de forma que generen dos polos de distinto nombre (par de polos). En la figura 4 se muestra la conexión de los devanados de la fase UX. Del mismo modo, los devanados de las fases VY y WZ también se conectan en serie.

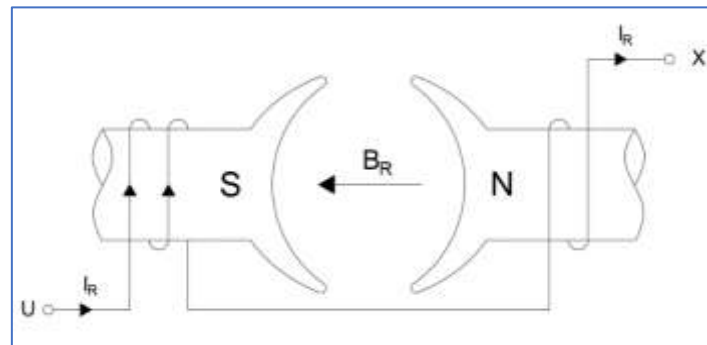


Figura 4. Conexión de devanados por polos

En la práctica, la forma constructiva de implementar los pares de polos sobre el estator se hace alojando los devanados en unas ranuras dispuestas axialmente en su parte interior (figura 5). El estator está construido por chapa magnética al silicio dadas sus buenas características magnéticas (campo de saturación elevado y ciclo de Histéresis estrecho). El objetivo de construir el estator por medio de chapas es con la finalidad de disminuir las pérdidas por corrientes de Foucault.

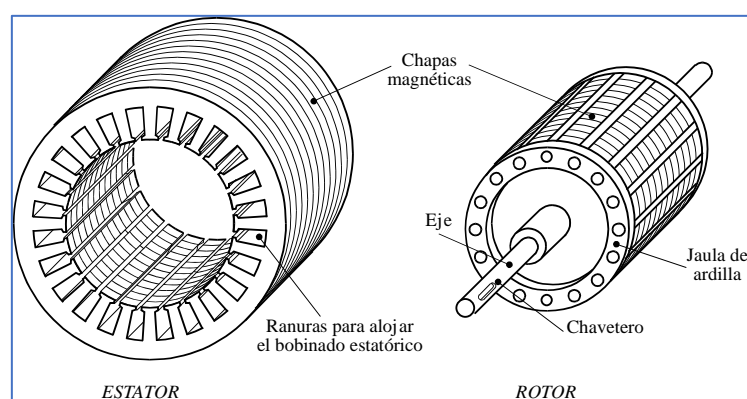


Figura 5. Estator y rotor de un motor asíncrono monofásico

Aunque para analizar el efecto giratorio del campo magnético se ha realizado con un estator que consta de un par de polos por fase, en la práctica también se pueden construir con dos pares de polos o más. Por ejemplo, si el estator tuviera dos pares de polos en lugar de uno, eso significaría que en un ciclo completo de corriente, el campo



magnético solo habría dado media vuelta sobre el estator en lugar de una vuelta completa como en el caso anterior, por lo tanto, la velocidad de giro del campo magnético sería la mitad.

La velocidad de giro para dos pares de polos es:

$$n_s = \frac{1}{2}(60 \cdot f) = \frac{60 \cdot f}{2}$$

En general si denominamos P al número de pares de polos por fase, la velocidad de giro del campo magnético en r.p.m. denominada velocidad de sincronismo vendrá dada por:

$$n_s = \frac{60 \cdot f}{2}$$

$n_s$  = velocidad de giro en r.p.m. del campo magnético (vel. de sincronismo)

$f$  = frecuencia

$P$  = número de pares de polos del devanado estático

Velocidades de sincronismo más comunes:

**3.000 r.p.m., 1.500 r.p.m., 1.000 r.p.m., 750 r.p.m.**

En los motores de rotor en cortocircuito o jaula de ardilla el rotor está constituido al igual que el estator de chapas magnéticas al silicio (figura 5). El circuito eléctrico está formado por una serie de barras de aluminio cortocircuitadas por sus extremos mediante unos anillos conductores y alojadas sobre unas ranuras en dirección axial del rotor. Todo el conjunto de barras y anillos tiene forma parecida a las jaulas de ardilla, de donde proviene su denominación.

El campo magnético giratorio del estator induce unas corrientes sobre las barras conductoras del rotor. El sentido de estas corrientes inducidas puede deducirse a partir de la regla de la mano derecha considerando el movimiento relativo de los conductores respecto del campo magnético. Por ejemplo, si el giro del campo magnético B es en sentido horario, esto equivale a considerar que el campo permanece en reposo y que los conductores giran en sentido antihorario. De esta manera aplicando la regla de la mano derecha se determina que la corriente inducida sobre los mismos es saliente (figura 6).

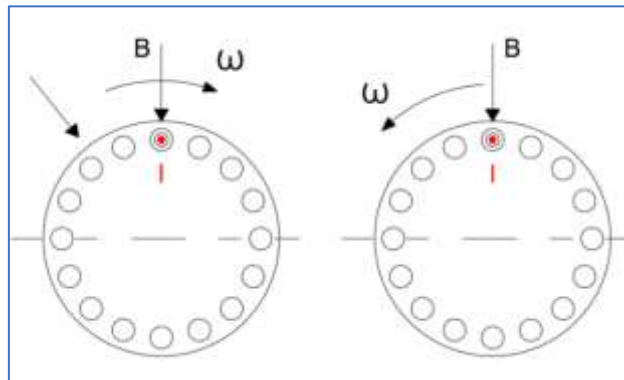


Figura 6. El giro en sentido horario del campo equivalente al giro antihorario de los conductores

La interacción entre el campo magnético principal y las corrientes inducidas produce un par mecánico  $M$  que es del mismo sentido que el giro de dicho campo (figura 7). Este sentido puede deducirse a partir de la regla de la mano izquierda. Es decir, el efecto del giro del campo magnético respecto de los conductores del rotor produce un sistema de fuerzas que originan un par mecánico que coincide con el giro del campo magnético principal. Por lo tanto, la causa que provoca la rotación del rotor es el movimiento relativo del campo magnético principal que se adelanta respecto de los conductores que forman el circuito eléctrico del rotor. Es decir, los conductores del rotor tienden a seguir el campo principal moviéndose tras él.

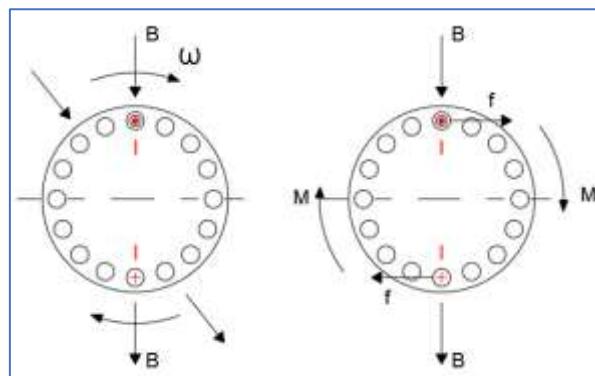


Figura 7. Par mecánico  $M$  ejercido sobre los conductores del rotor

La velocidad del rotor nunca puede alcanzar a la del campo giratorio, pues en tal caso no se inducirían fuerzas electromotrices sobre los conductores del rotor y se anularía el par mecánico. Así pues, el rotor siempre girará a una velocidad ligeramente inferior a la de sincronismo, de ahí su nombre de motor asíncrono.

La diferencia entre la velocidad síncrona y la velocidad real del rotor se denomina deslizamiento absoluto.

$$s = n_s - n \quad (\text{deslizamiento absoluto})$$

Si se divide el deslizamiento absoluto por la velocidad de sincronismo se obtiene el deslizamiento relativo, que generalmente se expresa en %.

$$\delta = \frac{s}{n_s} 100 \text{ (deslizamiento relativo)}$$

Aunque los motores asíncronos trifásicos se caracterizan por la gran estabilidad de su velocidad para diferentes regímenes de carga, sin embargo el deslizamiento experimenta ligeras variaciones dependiendo del régimen de carga. El deslizamiento puede oscilar entre un 0,1 % correspondiente a un funcionamiento en vacío hasta un 5 % que correspondería a un funcionamiento a plena carga.

Cuando un motor funciona en vacío el único par mecánico que debe ejercer su rotor es el correspondiente a los rozamientos mecánicos, de modo que el par resistente que debe vencer es muy pequeño y por este motivo puede alcanzar velocidades próximas a las de sincronismo. Sin embargo a medida que aumenta la carga mecánica en el eje del motor, mayor se hace el par resistente y por lo tanto más aumenta el frenado, de este modo se produce una ligera pérdida de velocidad con respecto a la de sincronismo, o lo que es lo mismo, se produce un aumento del deslizamiento.

Tal como hemos ido analizando, el principio de funcionamiento de un motor asíncrono trifásico se basa en la generación de un campo magnético giratorio que produce un devanado estatórico formado por tres fases. Para comprender como se origina ese campo estatórico giratorio a partir de un sistema trifásico hemos supuesto que los devanados estatóricos iban dispuestos sobre unos polos magnéticos según la figura 1. Sin embargo ya se ha mencionado que en la práctica, estos motores se construyen insertando las bobinas estatóricas sobre unas ranuras dispuestas axialmente en la parte interior del estator. De este modo se logra que el entrehierro a través del circuito magnético de la máquina sea lo mínima posible y por lo tanto que la reluctancia de dicho circuito también sea mínima para poder conseguir el máximo flujo magnético.

Tanto el estator como el rotor están constituidos a base de chapas magnéticas al silicio debido a sus buenas propiedades magnéticas. De este modo, se consiguen campos magnéticos elevados, mientras que las pérdidas por histéresis y por corrientes de Foucault son bajas. Todo el conjunto va dispuesto sobre una carcasa, cuya función es dar protección mecánica. En la figura 8 se muestran las partes de un motor asíncrono trifásico.

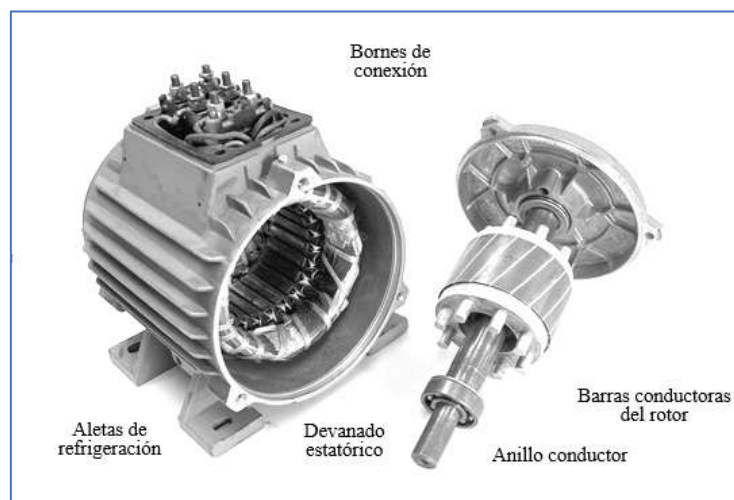


Figura 8. partes constructivas de un motor asíncrono trifásico.

### 1.2.2. Freno de histéresis

Para la realización de esta práctica se empleará un banco de ensayos que emplea un freno de histéresis. En este caso se trata de un freno de la marca Magtrol, de la serie HB/MHB, Ideal para aplicaciones de bajo par y alta velocidad. El efecto de histéresis en el magnetismo se aplica al control de par mediante el uso de dos componentes básicos: una estructura de polos reticulada y un conjunto rotor/eje de acero especial, unidos pero sin contacto físico.

Hasta que se activa la bobina de campo, la copa de arrastre puede girar libremente sobre la bola de arrastre. Cuando una fuerza magnetizadora de una bobina de campo o de un imán se aplica a la estructura de polos, el entrehierro se convierte en un campo de flujo. El rotor es frenado magnéticamente, proporcionando una acción de frenado entre la estructura de polos y el rotor. Dado que el par se produce estrictamente a través de un entrehierro sin utilizar fuerzas de fricción o fuerzas de cizallamiento, los frenos de histéresis Magtrol proporcionan cargas de par absolutamente suaves, cargas de par infinitamente controlables, independientes de la velocidad, y funcionan silenciosamente sin contacto físico entre los componentes.

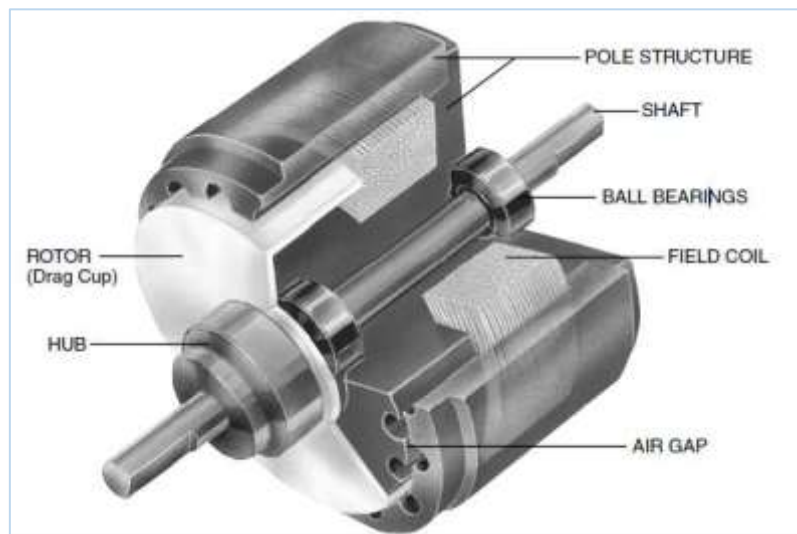


Figura 9. Freno de histéresis

El freno de histéresis empleado en esta práctica se puede caracterizar mediante la curva que se muestra en la siguiente figura. Por lo tanto, podemos calcular de manera aproximada el par correspondiente al valor de tensión regulado en la fuente de alimentación.

La curva de caracterización mostrada en la figura 10, se ha elaborado considerando un régimen de trabajo nominal, es decir, cuando la resistencia interna del freno se estabiliza con la temperatura. Los resultados teóricos pueden alejarse de los resultados prácticos cuando el freno este frío y no haya alcanzado la temperatura de régimen.

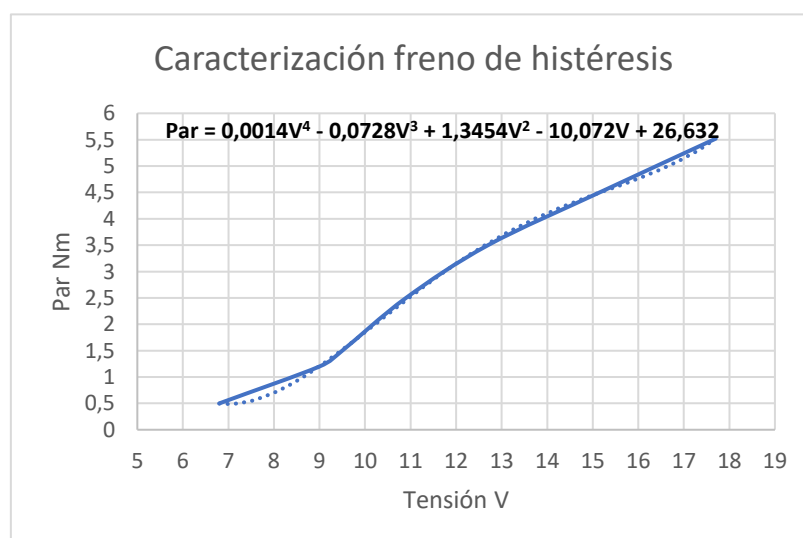


Figura 10. Caracterización freno de histéresis "Tensión-Par"

### 1.2.3. Circuito equivalente de una máquina asíncrona <sup>2</sup>

El circuito equivalente monofásico de un motor asíncrono es básicamente el mismo que el de un transformador trifásico con algunas particularidades:

- El secundario (rotor) siempre está en cortocircuito.
- Nunca puede despreciarse la rama de vacío ya que la corriente de magnetización es mayor que en el transformador, debido a la presencia de un entrehierro entre el rotor y el estator.
- La potencia útil entregada a la carga es mecánica a diferencia del transformador, en el que es eléctrica.
- El secundario (rotor) está girando, por lo tanto, en el circuito equivalente habrá que tener en cuenta este fenómeno introduciendo el deslizamiento.

Con estas premisas, el circuito equivalente exacto es el mostrado en la figura 11:

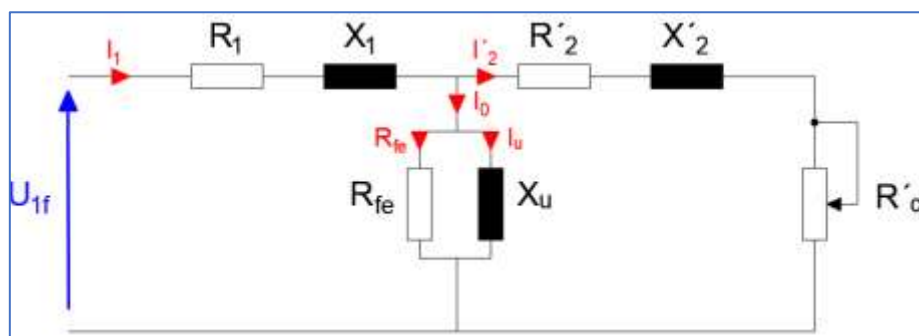


Figura 11. Circuito equivalente exacto de una máquina asíncrona

Donde:

$R_1$ : Resistencia del devanado del estator.

$X_1$ : Reactancia del estator debido al flujo disperso.

$R_{fe}$ : Resistencia del hierro.

$R'_2$ : Resistencia propia del devanado rotórico, referida al estator.

$X'_2$ : Reactancia del rotor debido al flujo disperso, referida al estator.

$X_\mu$ : Reactancia de magnetización.

$R'_c$ : Resistencia de carga variable con la velocidad, que representa la carga mecánica acoplada al motor.  $= R'_2 (1 - s)/s$

<sup>2</sup> Fuente; "Apuntes de la asignatura Maquinas eléctricas"

En una máquina asíncrona  $I_\mu \gg I_{fe}$  por lo que no se cometerá mucho error en el cálculo de la corriente  $I'_2$  si se desprecia  $I_{fe}$  frente a  $I_\mu$  y se parte de un circuito equivalente aproximado en el que se ha quitado la resistencia  $R_{fe}$  al circuito equivalente exacto y además se ha agrupado las resistencias ( $R_1 + R'_2 = R_{cc}$ ) y las reactancias ( $X_1 + X'_2 = X_{cc}$ ), obteniendo el siguiente circuito aproximado (figura 12).

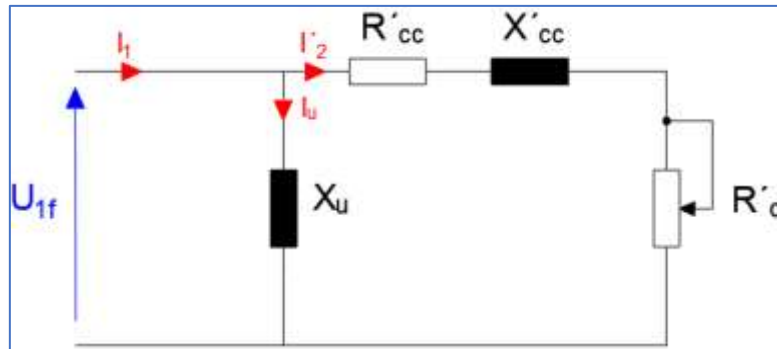


Figura 12. Circuito equivalente aproximado

Las pérdidas por efecto Joule en la resistencia de carga representan en todo momento la potencia mecánica interna desarrollada por el motor, la cual es igual a la suma de la potencia útil y las pérdidas mecánicas.

$$P_{mi} = P_u + P_m$$

### 1.3. Elementos del banco de ensayos

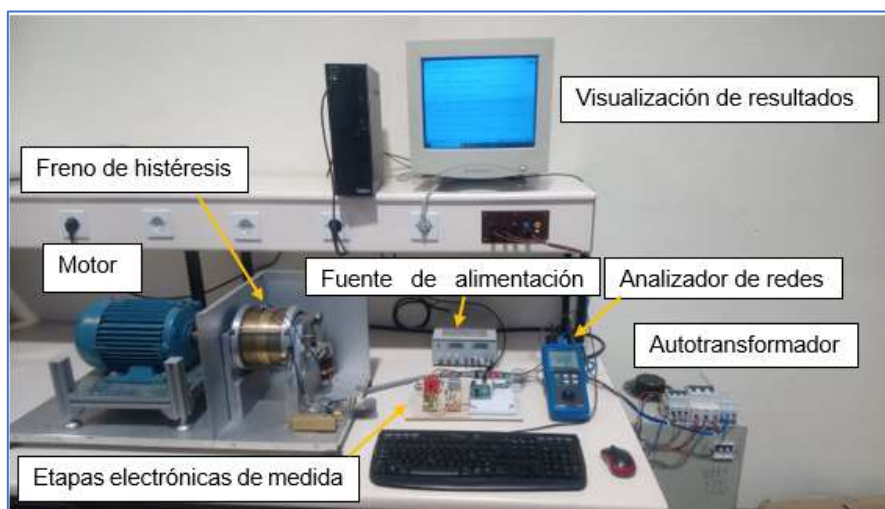


Figura 13. Elementos del banco de ensayos

## 1.4. Realización de la práctica

### 1.4.1. Objetivos

- Conocer el comportamiento en servicio del motor asíncrono trifásico en sus diversos modos de funcionamiento.
- Determinar las principales características mecánicas y eléctricas de un motor asíncrono trifásico.
- Determinar la curva par-velocidad del motor a ensayar.

### 1.4.2. Placa de características

Antes de ensayar el motor es necesario conocer sus parámetros, fijándose en la placa de características del fabricante rellenar la siguiente tabla:

<i>Fabricante</i>	DAVI	<i>Tipo</i>	MT-90L-4
<i>Potencia (C.V)</i>	2	<i>Potencia (kW)</i>	1,47
<i>Tensiones (V)</i>	220 / 380	<i>Corrientes (A)</i>	6,2 / 3,6
<i>R.P.M</i>	1410	<i>Cos <math>\varphi</math></i>	0,81
<i>Frecuencia (Hz)</i>	50	<i>Tipo de aislamiento</i>	B

A continuación, responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la tensión de alimentación en triángulo? 220 V.  
¿Y en estrella? 380 V
- ¿Cuál es la corriente nominal en estrella? 3,6 A ¿Y en triángulo? 6,2 A

Sabiendo que la tensión del banco de trabajo del laboratorio es de 220/380 V.

- ¿Este motor valdría para realizar un arranque estrella – triángulo a la tensión de la red del banco de trabajo? ¿Por qué?

No, con este motor no es posible hacer un arranque estrella-triángulo.

Al conectar el motor en triángulo cada devanado estará conectado a la tensión de línea 380 V, y según la placa de características la tensión máxima que puede recibir cada devanado es 220 V



### 1.4.3. Resistencia de los devanados

Sabiendo que el motor se encuentra conectado en estrella, con la ayuda de un polímetro medir la resistencia de los devanados  $R_1$

$$R_R \rightarrow R_S = 10 \, \Omega \xrightarrow{\text{estrella}} 5 \, \Omega$$

$$R_S \rightarrow R_T = 10,3 \, \Omega \xrightarrow{\text{estrella}} 5,15 \, \Omega$$

$$R_T \rightarrow R_R = 9,8 \, \Omega \xrightarrow{\text{estrella}} 4,9 \, \Omega$$

Obtener un valor promedio:

$$R_1 = \frac{R_R \rightarrow R_S + R_S \rightarrow R_T + R_T \rightarrow R_R}{3} = 5,01 \, \Omega$$

### 1.4.4. Ensayo en vacío

Este ensayo consiste en alimentar el motor a su tensión y frecuencia nominal con el rotor girando libremente, sin inyectar ninguna intensidad al freno de histéresis (fuente alimentación apagada). Con este ensayo se obtendrá el grupo de pérdidas mecánicas más pérdidas en el hierro y los parámetros de la rama de vacío del circuito equivalente ( $R_{fe}$  y  $X_\mu$ ).

Montar el circuito que se muestra en la figura 12, alimentando al motor asíncrono a través del autotransformador y del analizador multifunción.

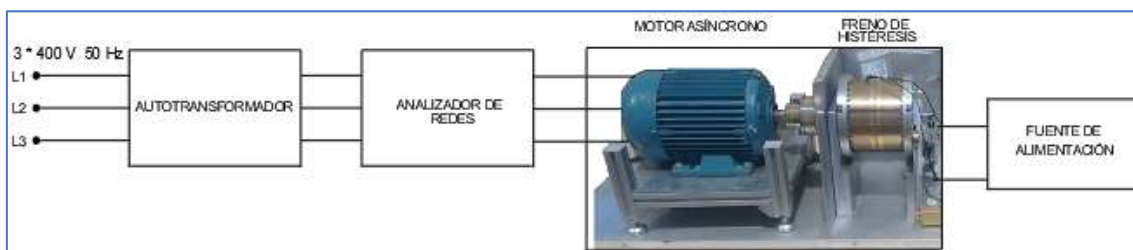


Figura 12. Montaje para ensayo de vacío

Obtener las siguientes magnitudes visualizadas en pantalla del banco de ensayos:

Velocidad (rpm): 1499

Par (Nm): 0,01

Tensión (V): 380

Intensidad (A): 2,2

$P_{abs}$  (W): 160,36

$S$  (VA): 1450,22

$\cos\varphi$  (W): 160,36

A partir de estos parámetros obtener  $R_{fe}$  y  $X_{\mu}$ .

$$R_{fe} = \frac{U_{fase}}{I_{fase} \cdot \cos\varphi} = \frac{380/\sqrt{3}}{2,2 \cdot 0,11} = 906,58 \, \Omega$$

$$X_{\mu} = \frac{U_{fase}}{I_{fase} \cdot \sin\varphi} = \frac{380/\sqrt{3}}{2,2 \cdot 0,9939} = 100,33 \, \Omega$$

Qué valor representa las pérdidas internas del motor ?  $P_{abs}$  (W): 160,36

Por qué? El motor se encuentra trabajando en vacío, no tiene par resistente en su eje, por tanto, toda la potencia absorbida equivale a las pérdidas internas.

### 1.5. Ensayo a rotor bloqueado (en cortocircuito).

Este ensayo consiste en aplicar una tensión reducida con respecto al valor nominal, de manera que circule la corriente que absorbe el motor en régimen de carga nominal. Durante este ensayo se mantiene el rotor bloqueado mecánicamente, mediante el freno de histéresis regulado por la fuente de alimentación. Con este ensayo se obtendrá la rama de cortocircuito del circuito equivalente.

Partiendo del montaje del apartado anterior.

- 1- Regular el potenciómetro del autotransformador para obtener una tensión de alimentación al motor de aproximadamente 82 V.
- 2- Regular la tensión en la fuente de alimentación para obtener en la pantalla de visualización un par en el eje del motor de 1 Nm.

Obtener las siguientes magnitudes visualizadas en pantalla del banco de ensayos:

Velocidad (rpm): 0

Par (Nm): 1

Tensión (V): 81,94

Intensidad (A): 3,62

$P_{abs}$  (W): 383,21

$S$  (VA): 513,12

$\cos\varphi$  (W): 0,75

Con estas magnitudes obtener  $R_{cc}$  y  $X_{cc}$ .

$$R_{cc} = \frac{U_{fase}}{I_{fase} \cdot \cos\varphi} = \frac{81,92/\sqrt{3}}{3,62 \cdot 0,75} = 17,42 \, \Omega$$

$$X_{cc} = \frac{U_{fase}}{I_{fase} \cdot \sin\varphi} = \frac{380/\sqrt{3}}{2,2 \cdot 0,6614} = 19,76 \, \Omega$$

Considerando el circuito equivalente exacto y el valor de resistencia de los devanados del motor medidos anteriormente ( $R_1$ ) obtener el valor de  $R'_2$ .

$$R'_{cc} = R_1 + R'_2 \rightarrow R'_2 = R'_{cc} - R_1$$

$$R'_2 = 17,42 - 5,01 = 12,41 \, \Omega$$

$$R'_2 = 12,41 \, \Omega$$

Sí se estima  $X_1 = X'_2$ , cuál sería el valor de estos partiendo de  $X_{cc}$ .

$$X_{cc} = X_1 + X'_2 \rightarrow X_1 = \frac{X_{cc}}{2} = \frac{19,76}{2}$$

$$X_1 = X'_2 = 9,88 \, \Omega$$

#### 1.5.1. Curva par velocidad.

Durante este ensayo se irá aplicando un par resistente creciente sobre el eje del motor, mediante el aumento paulatino de la tensión de la fuente alimentación, se partirá desde un par nulo, hasta conseguir una velocidad nula ( $n = 0$ ).

Una vez el motor se detenga, habrá que disminuir suavemente la tensión en la fuente hasta que el motor empiece a girar otra vez (par de arranque).

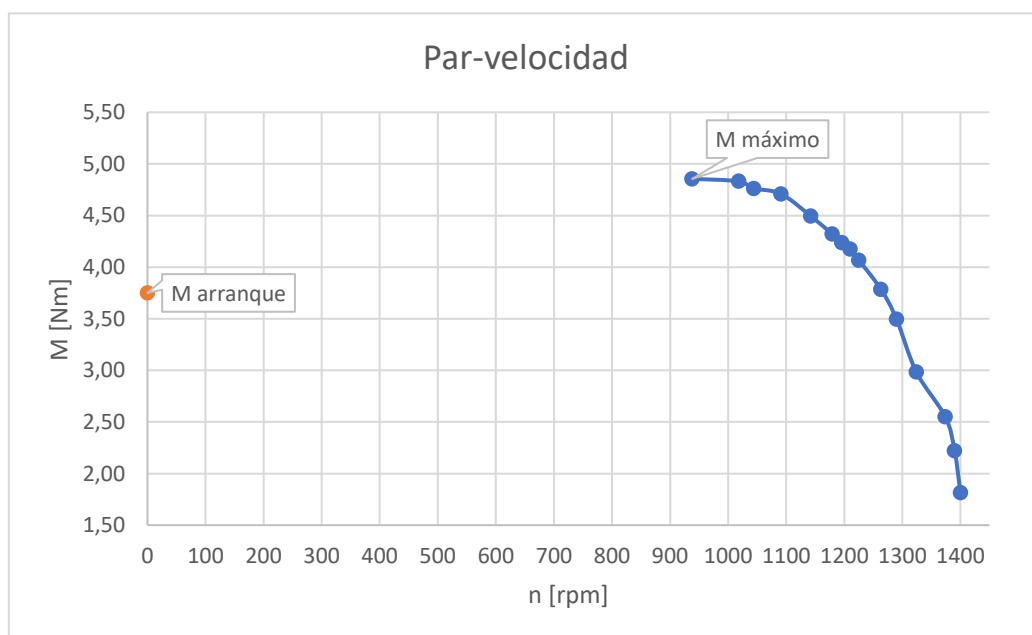
Con este ensayo se podrá realizar una gráfica aproximada de la curva par-velocidad del motor ensayado.

Partiendo del montaje inicial:

- 1- Regular el potenciómetro del autotransformador para obtener una tensión de alimentación al motor de aproximadamente 152 V.
- 2- Regular la tensión en la fuente de alimentación para obtener los pares deseados, se recomienda aplicar incrementos de par de 0,5 Nm en cada regulación de tensión.
- 3- Después de cada regulación esperar a que el sistema tome un par de medidas como mínimo, se puede ir apuntando los datos en ese instante o posteriormente copiar el fichero de texto disponible al finalizar el ensayo.
- 4- Analizar los datos obtenidos y elegir los más representativos para obtener la aproximación de la curva par-velocidad

Se han obtenido los siguientes resultados:

Velocidad (rpm)	Par (Nm)	Par arranque (Nm)
1400	1,82	
1390	2,22	
1374	2,55	
1324	2,98	
1290	3,50	
1263	3,79	
1225	4,07	
1210	4,18	
1196	4,24	
1179	4,32	
1142	4,50	
1091	4,71	
1044	4,76	
1018	4,83	
938	4,85	
0		3,75



### 1.5.2. Influencia de la tensión de alimentación.

Cuando se producen variaciones de la tensión en bornes de un motor esto origina que se modifique la corriente que absorbe, el par mecánico y la potencia.

En el estudio de máquinas eléctricas se deduce que el par mecánico varía proporcionalmente con el cuadrado de la tensión.

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{U_1^2}{U_2^2}$$

Mediante este ensayo se comprobará la influencia de la tensión de alimentación sobre el par de manera práctica.

Partiendo del montaje inicial:

- 1- Regular el potenciómetro del autotransformador para obtener una tensión de alimentación al motor de aproximadamente  $U_1 = 230 \text{ V}$ .
- 2- Regular la tensión en la fuente de alimentación para obtener un par aproximadamente  $M_1 = 2 \text{ Nm}$ , apuntar la velocidad mostrada por pantalla ( $n_{ens}$ ).
- 3- Regular el potenciómetro del autotransformador para obtener una tensión de alimentación al motor de aproximadamente  $U_2 = 380 \text{ V}$ .
- 4- Regular la tensión en la fuente de alimentación para obtener una velocidad lo más parecida al valor apuntado en el punto 2 ( $n_{ens}$ ).

Comprobar la influencia de la tensión de alimentación para una misma velocidad.

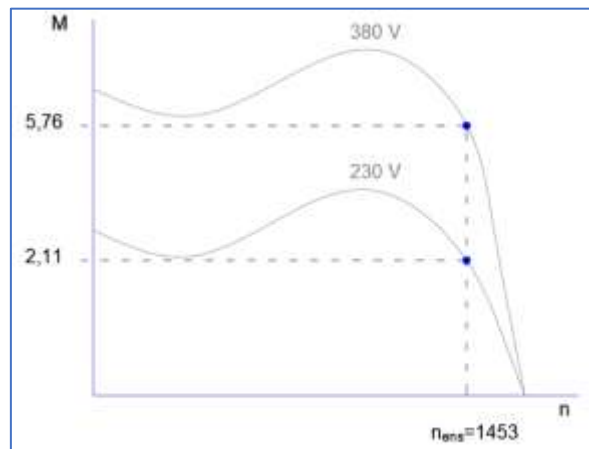
Para una  $n_{ens} = 1453 \text{ rpm}$ . se han obtenido los siguientes resultados:

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{U_1^2}{U_2^2} \rightarrow \frac{2,11}{5,76} = \frac{229,8^2}{380^2}$$

$$0,3663 \approx 0,3657$$

Se puede observar que para una velocidad determinada la variación del par mecánico es directamente proporcional al cuadrado de la tensión.

Representar aproximadamente de forma gráfica los valores obtenidos durante este ensayo que confirma la influencia de la tensión de alimentación sobre el par.



¿Por qué durante los ensayos de esta práctica existen valores de velocidad superiores a la velocidad nominal del motor indicada en su placa de características ?

Porque durante los ensayos el motor esta trabajando por debajo de su par nominal.

Empleando la gráfica de caracterización del freno de histéresis empleado durante esta práctica, calcular el valor de tensión a seleccionar en la fuente de alimentación para obtener un par de 4 Nm.

Fijándose en la gráfica para un par de 4 Nm, sería necesario regular la fuente de alimentación a una tensión aproximada de 14 V.

## 2. Programación

### 2.1. Control de par

#### 2.1.1. Bascula\_0

```
//Codigo para escalar bascula//
#include "HX711.h"
HX711 bascula;

void setup () {
    Serial.begin( 9600 ); //Monitor serial
    bascula.begin(A1,A0); // // 1er pin a (DT), 2do pin a clock(SCK)
    Serial.println( "Calibrando bascula" ); //Mostrar por pantalla
    delay( 500 );
    Serial.println( "Destarando" ); //Mostrar por pantalla
    delay( 500 );
    bascula.set_escale(); // La escala por defecto es 1
    bascula.tare( 20 ); //Le indicamos el peso de calibracion
    Serial.println( "Colocar pesos" ); //Mostrar por pantalla
    delay( 500 );
}

void loop () {
    Serial.print( "valores" );
    Serial.println(bascula.get_value( 10 ), 2 ); //Mostrar por
pantalla          valores obtenidos de la celda de carga.
    delay( 500 );
}
```



### 2.1.2. Bascula\_1

```
//Codigo para escalar bascula//
#include "HX711.h"
HX711 bascula;

void setup () {
    Serial.begin( 9600 ); //Monitor serial
    balanza.begin(A1,A0); // 1er pin a (DT), 2do pin a clock(SCK)
    Serial.println( "Calibrando bascula" ); //Mostrar por pantalla
    delay( 500 );
    Serial.println( "Destarando" ); //Mostrar por pantalla
    delay( 500 );
    bascula.set_scale(xxxxx); // xxxxx= valor de escala calculado.
    bascula.tare( 20 ); //Peso de calibracion
    Serial.println( "Colocar pesos" ); //Mostrar por pantalla
    delay( 500 );
}

void loop () {
    Serial.print( "Peso" ); //Mensaje por pantalla
    Serial.println(bascula.get_units( 20 ), 4 ); //Mostrar por
pantalla el peso del objeto colocado sobre la báscula con hasta 4
decimales.
    delay( 500 );
}
```

## 2.2. Control de velocidad

### 2.2.1. ContadorPulsos\_0

```
float pulsaciones; //para poder usarla en varios void
void setup () {
  Serial.begin( 9600 ); //Monitor serial
  pinMode( 2 ,INPUT); // Pin 2, lee la interrupción 0
}

vacío loop () {
  attachInterrupt( 0 ,contar,FALLING); // Describir interrupción
  delay( 1000 ); //retardo 1 segundo
  Serial.print(pulsaciones); // (pulsaciones*(60/n ranuras))
  Serial.println( "RPM" ); //Mostrar por pantalla
  pulsaciones = 0 ; //Que empiece siempre en 0
}

void contar (){ // respuesta a la llamada de interrupción
  de pulsaciones ++ ; // se incrementa en uno el contador
}
```

## 2.3. Lectura de medidas eléctricas.

```
int N = 19 ; // número de muestras en 20 ms (N+1)
int Nt = 20 ; // número de veces que se lee un ciclo
float AjustTiemp = 0.72 ; // ajuste del tiempo de muestreo
int c = 0 ; //contador
int i = 0 ; //contador
int k = 0 ; //contador
float x1 = 0 ; flotante x2 = 0 ;//variables tension
float y1 = 0 ; flotante y2 = 0 ; //variables intensidad
float z1 = 0 ; flotante z2 = 0 ; //variables potencia
float sum1V = 0 ; flotante suma2V = 0 ; //memoria suma
float sum1I = 0 ; flotante suma2I = 0 ; //memoria suma
float suma1P = 0 ;flotante suma2P = 0 ; //memoria suma
float tf = 0 ; flotante ti = 0 ; //control de tiempo
flotante V[ 50 ]; //string tipo vector para tension
float I[ 50 ]; //string tipo vector para intensidad
float P[ 50 ]; //string tipo vector para potencia
```

```

void setup () {
    Serial.begin( 9600 ); // mostrar la serie del monitor
}

void loop () {
    medelec(); // llamada a funcion
    delay ( 1000 );

    Serial.println( " " ); Serial.println( " Comienzo:" );
    Serial.println( " " );

    for (i = 0 ;i <= N;i ++ ) // mostrar por pantalla
    {Serial.print( i);Serial.print( " V[i] = "
);Serial.println(V[i]);
        Serial.print( i);Serial.print( " I[i] = "
);Serial.println(I[i]);
        Serial.print( i);Serial.print( " P[i] = "
);Serial.println(P[i]);
    }

    Serial.println( " " ); //mostrar por pantalla
    Serial.print( "Vef[i]= " );Serial.println(sum1V);
    Serial.print( "Vefmed= " );Serial.println(sum2V);
    Serial.print( "Iefmed= " );Serial.println(sum2I);
    Serial.print( "Pmedia= " );Serial.println(sum2P);
    Serial.print( "tiempo= " );Serial.println((tf - ti) / 1000 );
}

void medelec () {
    suma2V = 0 ; //empezar en 0
    sum2I = 0 ; //empezar en 0
    sum2P = 0 ; //empezar en 0

    for (k = 1 ;k <= Nt;k ++ ) {
        ti = micros(); //lectura inicial reloj de sistema
        for (i = 0 ;i <= N;i ++ ) {
            V[i] = analogRead(A5) - 499 ;I[i] = analogRead(A4) - 499
;delayMicroseconds(AjustTiemp * 20000 / (N + 1 ));
        }

        tf = micros(); //lectura final reloj de sistema
        suma1V = 0 ; //empezar en 0
        sum1I = 0 ; //empezar en 0
        sum1P = 0 ; //empezar en 0
    }
}

```

```
for (i = 0 ; i <= N; i ++ ) {  
    x1 = V[i] * 0.00488758553275; x2 = sq(x1); sum1V = sum1V + x2;  
    y1 = I[i] * 0.00488758553275; y2 = sq(y1); sum1I = sum1I + y2;  
    P[i] = x1 * y1; z2 = P[i]; sum1P = sum1P + z2;  
}  
  
    sum1V = sum1V / (N + 1 ); sum1V = sqrt(sum1V); //raiz  
cuadrada de suma cuadrados divididos muestras  
    sum1I = sum1I / (N + 1 ); sum1I = sqrt(sum1I); //raiz  
cuadrada de suma cuadrados divididos muestras  
    sum1P = sum1P / (N + 1 ); //suma potencias divididas muestras  
  
    suma2V = suma2V + sum1V; //suma de valores eficaz para  
calculo de medios  
    sum2I = sum2I + sum1I;  
    suma2P = suma2P + sum1P;  
}  
  
    suma2V = suma2V / Nt; //cálculo medio de Nt ciclos  
    sum2I = sum2I / Nt;  
    suma2P = suma2P / Nt;  
}
```

## 2.4. Control Banco de ensayos

### 2.4.1. Programa final

```
#include "HX711.h" // escala galga laboratorio: 901232
HX711 bascula;

//VARIABLES MEDIDAS MECANICAS
int N_vel=0; //rpm
int Cont=0; //contador
float tfv=0; //tiempo final velocidad
float peso=0;
float par_1=0;
float Potencia=0;

//VARIABLES MEDIDAS ELECTRICAS
int N=19; // número muestras en un ciclo 20 ms (N+1)
int Nt=20; // número de veces que se lee un ciclo para hallar
media
float AjustTiemp=0.77; // ajuste del tiempo de muestreo
int offsetcc=510; //tension ajustada a 2,5 V
float kV=170.568; // escala voltaje
float kI=4.333; // escala intensidad: teorica 4.273504
int c=0; //contador
int i=0; //contador
int k=0; //contador
float x1=0; float x2=0; //variables tension
float y1=0; float y2=0; //variables intensidad
float z1=0; float z2=0; //variables potencia
float sum1V=0; float sum2V=0; //memoria suma
float sum1I=0; float sum2I=0; //memoria suma
float sum1P=0; float sum2P=0; //memoria suma
float p_aparente=0; //potencia aparente
float fdp=0;
float tf=0; float ti=0; //control de tiempo
float V[50]; //string tipo vector para tension
float I[50]; //string tipo vector para intensidad
float P[50]; //string tipo vector para potencia
```

```

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  attachInterrupt(0, contador, RISING); //interrupcion pin 2
  bascula.begin(A1,A0); // Primer pin: define el pin de salida(DT),
  el segundo el clock(SCK)
  Serial.println("Antes de empezar, comprobar ausencia de par...");
  delay(150);
  bascula.set_scale(901232); // escala galga laboratorio: 901232
  bascula.tare(20); //El peso actual es considerado tara
  Serial.println("Empezar ensayo:");
  delay(50);
  Serial.println("");
  Serial.println("");
}

void loop() {
  par();
  medelec();
  velocidad();
  Potencia=((par_1*N_vel*2*3.1416)/(60));
  if(Potencia<=3.95){
    Potencia=0;
  }
  Serial.println("  MAGNITUDES MECÁNICAS  ");
  Serial.print("Par = "); Serial.print(par_1);Serial.println("
Nm");
  Serial.print("Vel= "); Serial.print(N_vel);Serial.println("
rpm");
  Serial.print("P_mec="); Serial.print(Potencia);Serial.println("
W");
  Serial.println("");
  Serial.println("  MAGNITUDES ELÉCTRICAS  ");
  Serial.print("V = ");Serial.print(sum2V*1.732);Serial.println("
V");
  Serial.print("I = ");Serial.print(sum2I);Serial.println(" A ");
  Serial.print("P_abs = ");Serial.print(sum2P*3);Serial.println("
W");
  Serial.print("S= ");Serial.print(p_aparente*3);Serial.println("
VA");
  Serial.print("fdp = ");Serial.println(fdp);

```

```

Serial.print("Rend=");Serial.print((Potencia/(sum2P*3))*100);Serial.println(" % ");
Serial.println(" ");
Serial.println(" ");
//Serial.print("    tiempo= ");Serial.println((tf-ti)/1000);
}

void velocidad() {
    N_vel=0;
    tfv=millis()+1000;
    while(millis()<=tfv) {
    }
    Cont++;
}

void contador() {
    N_vel++;
}

void par() {
    peso=bascula.get_units(20); //Lectura de la balanza en kg
    if(peso<=0) {
        peso=0;
    }
    par_1=(peso*1.176); //constante de par= ((9.8*(0.120(cota: de eje a galga)))
}

void medelec() {

    sum2V=0; //empezar en 0
    sum2I=0; //empezar en 0
    sum2P=0; //empezar en 0

    for (k=1;k<=Nt;k++) {

        ti=micros(); //lectura reloj de sistema
        for (i=0;i<=N;i++){V[i]=analogRead(A2)-offsetcc;
            I[i]=analogRead(A3)-offsetcc;
            delayMicroseconds(AjustTiemp*20000/(N+1));}
        tf=micros(); //lectura reloj de sistema

```

```

sum1V = 0; //empezar en 0
sum1I = 0; //empezar en 0
sum1P = 0; //empezar en 0

for (i=0;i<=N;i++){x1=V[i]*0.00488758553275*kV;
                x2=sq(x1);sum1V=sum1V+x2;
                y1=I[i]*0.00488758553275*kI;
                y2=sq(y1);sum1I=sum1I+y2;
                P[i]=x1*y1;z2=P[i];sum1P=sum1P+z2;
                }

sum1V=sum1V/(N+1); sum1V=sqrt(sum1V); //raiz cuadrada de
suma cuadrados dividido muestras
sum1I=sum1I/(N+1); sum1I=sqrt(sum1I);
sum1P=sum1P/(N+1);

media

sum2V=sum2V+sum1V; //suma de valores eficaces para cálculo

sum2I=sum2I+sum1I;
sum2P=sum2P+sum1P;
}

sum2V=sum2V/Nt; //cálculo medio de Nt ciclos
sum2I=sum2I/Nt; //cálculo medio de Nt ciclos
if(sum2I<=0){ //filtro
sum2I=0;
}

sum2P=sum2P/Nt; //cálculo medio de Nt ciclos
if(sum2P<=0){ //filtro
sum2P=abs(sum2P);
}

p_aparente=sum2V * sum2I;
fdp=sum2P/p_aparente;
}

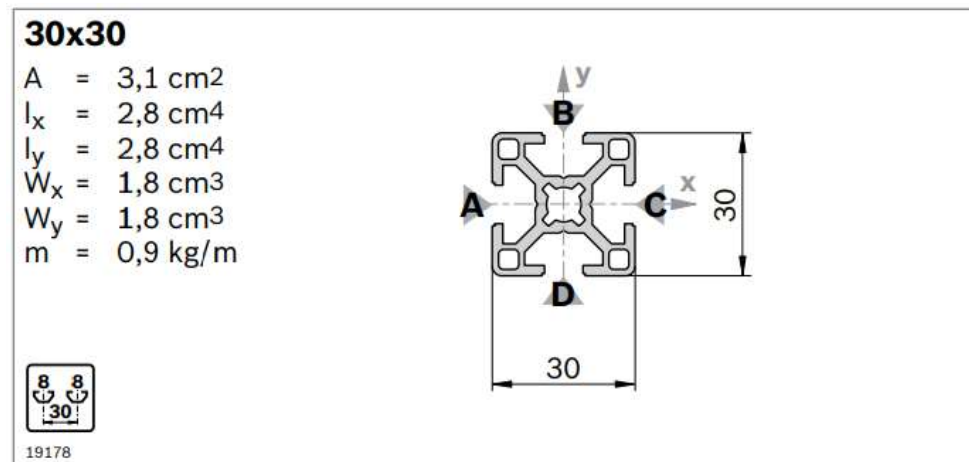
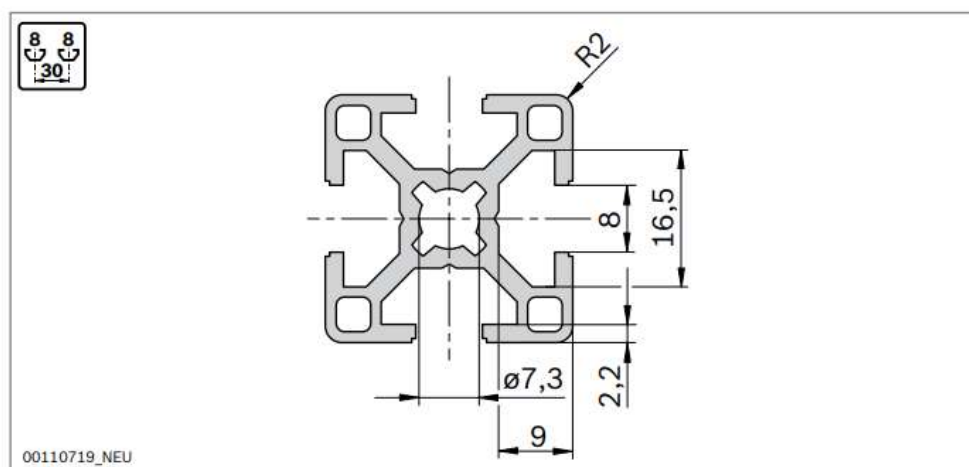
```








### 3. Información técnica

#### 3.1. Perfil para soporte de motores

Los sistemas estructurales de RS Pro ofrecen una solución modular para la construcción de muebles generales en el lugar de trabajo. Ofrece componentes resistentes, ligeros y fácilmente intercambiables en una gran variedad de tipos de perfil. El sistema modular ofrece puntales de aleación disponibles en longitudes de 1m, 2m y 3m con perfiles de 20mm a 80mm.



30x30		L (mm)	No.
1 pcs		50 ... 5600	3 842 990 720 / L
1 pcs	M8 	50 ... 5600	3 842 990 721 / L
1 pcs	M8  - M8	80 ... 5600	3 842 990 723 / L
Cover cap	Color	ESD	No.
30x30 (1x)	Signal gray		100 3 842 548 744
30x30 (1x)	Black		20 3 842 548 745

### 3.2. Celda de carga

#### Technical specifications

<b>SIWAREX WL260 SP-S AA</b>	
<b>Possible applications</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Platform scales</li> <li>• Small belt scales</li> </ul>
<b>Model</b>	Single point load cell
<b>Loads</b>	
Rated load $E_{\max}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 kg (6.61 lb)</li> <li>• 5 kg (11.02 lb)</li> <li>• 10 kg (22.05 lb)</li> <li>• 20 kg (44.09 lb)</li> <li>• 50 kg (110.23 lb)</li> <li>• 100 kg (220.46 lb)</li> </ul>
Minimum initial loading $E_{\min}$	0% $E_{\max}$
Maximum working load $L_U$	150% $E_{\max}$
Break load $L_D$	300% $E_{\max}$
Maximum lateral load $L_{lq}$	100% $E_{\max}$
<b>Measurement characteristic values</b>	
Rated measuring path $h_n$ at $E_{\max}$	< 0.6 mm (0.05 in)
Rated characteristic value $C_n$	$2.0 \pm 0.2$ mV/V
Tolerance $D_0$ of zero signal	< $\pm 2\%$ $C_n$
Maximum scale interval $n_{lc}$	3 000
Min. load cell verification interval $V_{\min}$	$E_{\max}/12\ 000$
Combined error $F_{\text{comb}}$	$\pm 0.02\%$ $C_n$
Repeatability $F_v$	$\pm 0.017\%$ $C_n$
Creep error $F_{cr}$	
• 30 min	$\pm 0.02\%$ $C_n$
Temperature coefficient	
• Zero signal $T_{K0}$	0.017% $C_n/5$ K
• Characteristic value $T_{Kc}$	0.014% $C_n/5$ K
<b>Electrical characteristic values</b>	
Recommended reference voltage $U_{\text{ref}}$	5 ... 12 V DC
Input resistance $R_e$	$409\ \Omega \pm 6\ \Omega$
Output resistance $R_a$	$350\ \Omega \pm 3\ \Omega$
Insulation resistance $R_{is}$	5 000 M $\Omega$ at 50 V DC

<b>SIWAREX WL260 SP-S AA</b>	
<b>Connection and environmental conditions</b>	
Rated temperature range $B_{Tn}$	-10 ... +40 °C (14 ... 104 °F)
Operating temperature range $B_{Tu}$	-35 ... +65 °C (-31 ... 149 °F)
Storage temperature range $B_{Ts}$	-35 ... +65 °C (-31 ... 149 °F)
Sensor material (DIN)	Aluminum
Maximum tightening torque of the fixing screws	15 ... 20 Nm
Degree of protection to EN 60529; IEC 60529	IP65
<b>Cable connection</b>	
<u>Function</u>	<u>Color</u>
• EXC + (supply +)	red
• EXC - (supply -)	black
• SIG + (measured signal +)	green
• SIG - (measured signal -)	white
• Sense + (sensor line +)	blue
• Sense - (sensor line -)	brown
• Shield	transparent
<b>Certificates and approvals</b>	
Accuracy class according to OIML R60	C3

### 3.3. Arduino

## Technical Specification



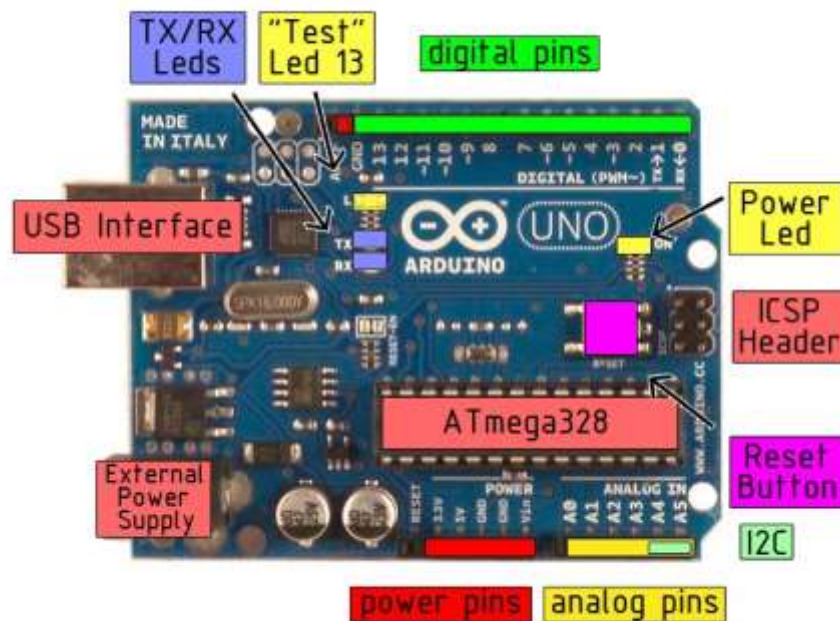
EAGLE files: [arduino-duemilanove-uno-design.zip](#)

Schematic: [arduino-uno-schematic.pdf](#)

### Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V.
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB if which 0.5 used by bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock Speed	16 MHz

### the board



El Arduino Uno puede alimentarse a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. La fuente de alimentación se selecciona automáticamente.

La alimentación externa (no USB) puede provenir de un adaptador AC-DC (wall-wart) o de una batería. El adaptador puede conectarse enchufando una clavija de 2,1 mm con polo positivo en el conector de alimentación de la placa. Los cables de una batería pueden insertarse en las patillas Gnd y Vin del conector POWER.

La placa puede funcionar con una alimentación externa de 6 a 20 voltios. Sin embargo, si se alimenta con menos de 7V, el pin 5V puede suministrar menos de cinco voltios y la placa puede ser inestable. Si se utilizan más de 12V, el regulador de voltaje puede sobrecalentarse y dañar la placa. El rango recomendado es de 7 a 12 voltios.

Los pines de alimentación son los siguientes:

VIN. El voltaje de entrada a la placa Arduino cuando está utilizando una fuente de alimentación externa (a diferencia de los 5 voltios de la conexión USB u otra fuente de alimentación regulada). Puedes suministrar voltaje a través de este pin, o, si estás suministrando voltaje a través del conector de alimentación, acceder a él a través de este pin.

5V. La fuente de alimentación regulada utilizada para alimentar el microcontrolador y otros componentes de la placa. Puede provenir de VIN a través de un regulador integrado o ser suministrada por USB u otra fuente regulada de 5V.

3V3. Alimentación de 3,3 voltios generada por el regulador integrado. El consumo máximo es de 50 mA.

GND. Pines de tierra.



### 3.4. Fotosensor


**TCST1000/ TCST2000**
**Vishay Telefunken**

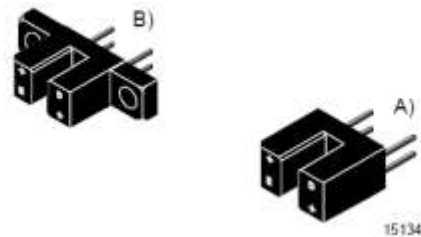
## Transmissive Optical Sensor without Aperture

### Description

This device has a compact construction where the emitting-light sources and the detectors are located face-to-face on the same optical axis. The operating wavelength is 950 nm. The detector consists of a phototransistor.

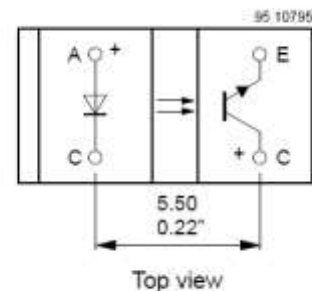
### Applications

- Contactless optoelectronic switch, control and counter



### Features

- Compact construction
- No setting efforts
- 2 case variations
- Polycarbonate case protected against ambient light
- Current Transfer Ratio (CTR) of typical 2.5%



### Absolute Maximum Ratings

#### Input (Emitter)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Reverse voltage		$V_R$	6	V
Forward current		$I_F$	60	mA
Forward surge current	$t_p \leq 10 \mu s$	$I_{FSM}$	3	A
Power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ C$	$P_V$	100	mW
Junction temperature		$T_j$	100	$^\circ C$

#### Output (Detector)

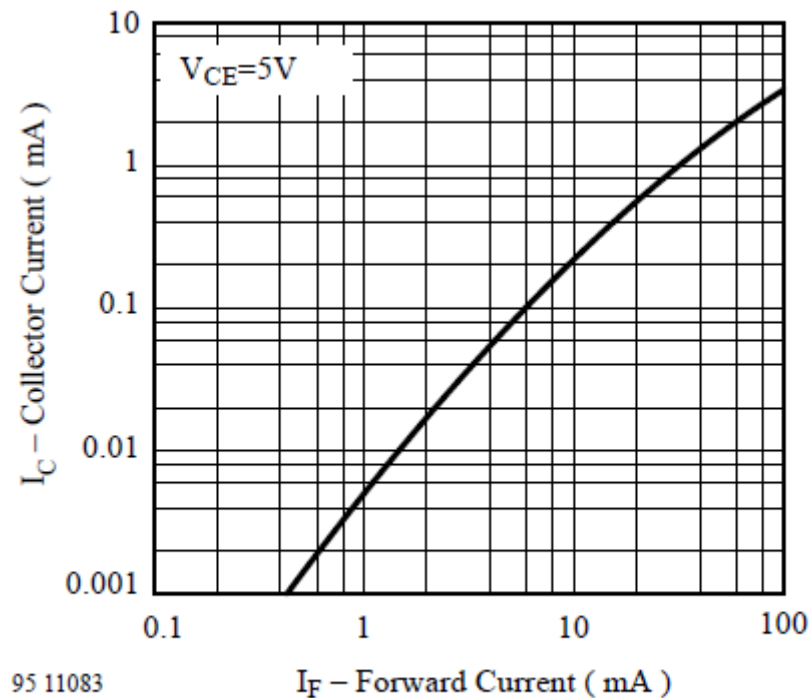
Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Collector emitter voltage		$V_{CEO}$	70	V
Emitter collector voltage		$V_{ECO}$	7	V
Collector current		$I_C$	100	mA
Collector peak current	$t_p / T = 0.5, t_p \leq 10 ms$	$I_{CM}$	200	mA
Power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ C$	$P_V$	150	mW
Junction temperature		$T_j$	100	$^\circ C$

**Electrical Characteristics** ( $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$ )**Input (Emitter)**

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Forward voltage	$I_F = 60 \text{ mA}$	$V_F$		1.25	1.5	V
Junction capacitance	$V_R = 0, f = 1 \text{ MHz}$	$C_j$		50		pF

**Output (Detector)**

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Collector emitter voltage	$I_C = 1 \text{ mA}$	$V_{CEQ}$	70			V
Emitter collector voltage	$I_E = 10 \mu\text{A}$	$V_{ECO}$	7			V
Collector dark current	$V_{CE} = 25 \text{ V}, I_F = 0, E = 0$	$I_{CEQ}$			100	nA

**Figure 7. Collector Current vs. Forward Current**

### 3.5. Transformador de potencia

## Datasheet

### PCB Transformer – Standard potted

## RS Pro

Moulded PCB mounting low voltage mains transformers with a single 230 VAC 50/60Hz primary winding. Designed according to the following specifications.

- Independent secondary windings suitable for series/parallel connection to give a wide range of output voltage and current options
- High efficiency and low temperature rise
- Double section bobbin providing double insulation with the potting material
- Low interwinding capacity
- Low radiated noise
- 100% electrical and flash tested



### Specifications

Power:	0.35-10 VA
Frequency:	50/60 Hz
Primary:	230 VAC, +/-10%
Secondary:	6; 9; 12; 2x6; 2x9; 2x12; 2x15 or 2x18
Isolation:	4 kV RMS
Protection class:	II
Protection index:	IP00
Temp. class:	B (130°)
According to:	BS/EN 61558-1, AS/NZS 61558.1 and BS/EN 61558-2-6, AS/NZS 61558.2.6

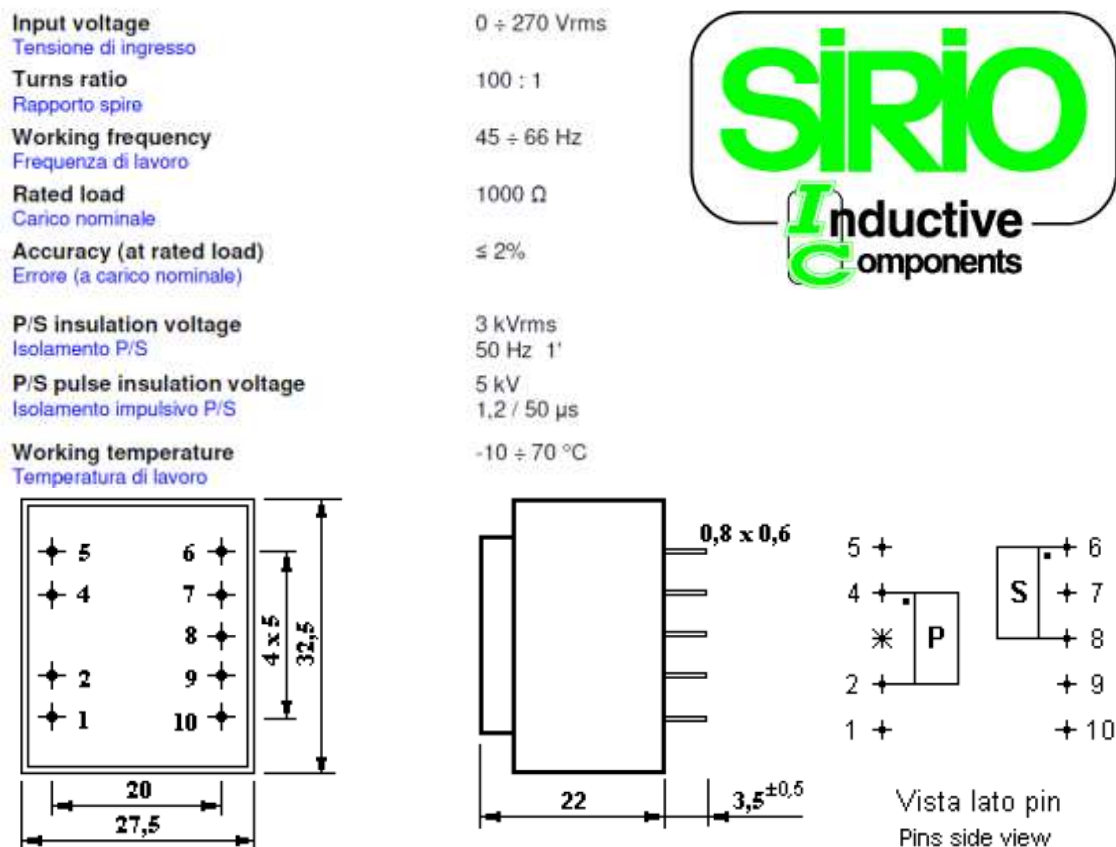


RS Stock number	Power VA	Specification	Primary [V]	Secondary voltage [V]	Secondary current [mA]	No-load voltage $\pm 10\%$ [V]
1213819	0.35	PCB mount transformer 0.35VA 1x6 o/p	230	6	58.3	9.7
1213820	0.35	Transformer PCB 0.35VA 2x6V	230	2x6	29.1	2 x 9.7
1213821	0.5	Transformer PCB 0.5VA 2x6V	230	2x6	41.6	10.0
1213822	1.5 <sup>1</sup>	Transformer PCB 1.5VA 2x9V	230	2x9	83.3	2 x 12.5
1213823	1.5	Transformer PCB 1.5VA 2x9V	230	2x9	83.3	2 x 13.5
1213824	1.5	PCB mount transformer 1.5VA 1x12 o/p	230	12	125.0	17.0
1213825	1.5	Transformer PCB 1.5VA 2x12V	230	2x12	62.5	2 x 18.0
1213826	1.5	Transformer PCB 1.5VA 2x15V	230	2x15	50.0	2 x 22.0
1213827	2.3	Transformer PCB 2.3VA 2x6V	230	2x6	191.6	2 x 9.0
1213828	2.3	Transformer PCB 2.3VA 2x9V	230	2x9	127.7	2 x 13.5
1213829	2.3	Transformer PCB 2.3VA 2x12V	230	2x12	95.8	2 x 18.0
1213830	2.3	Transformer PCB 2.3VA 2x15V	230	2x15	76.6	2 x 22.4
1213832	2.8	PCB mount transformer 2.8VA 1x9 o/p	230	9	311.1	12.8
1213833	3.2	Transformer PCB 3.2VA 2x9V	230	2x9	177.7	2 x 12.0



### 3.6. Transformador de Tensión

Aunque para la construcción de la etapa de medida de tensión se ha empleado un transformador de potencia disponible durante el diseño eléctrico de este proyecto, se adjunta la siguiente información técnica de un transformador de tensión, el cual, podría ser instalado con la finalidad de obtener una mayor precisión durante la medición.



Values in mm – Misure espresse in mm

#### Final Inspections:

Parametri Garantiti al Collaudo:

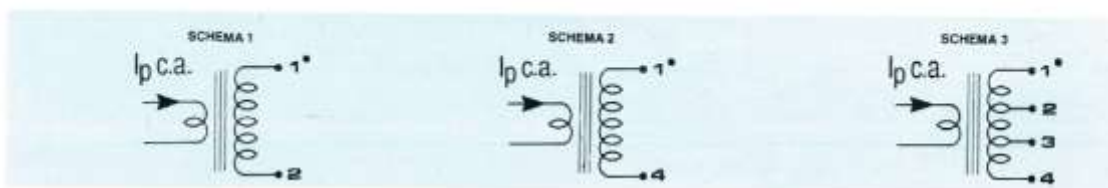
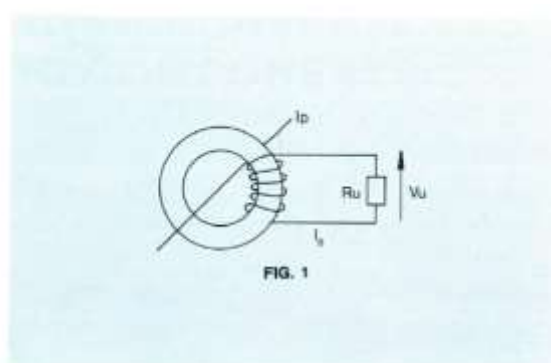
N°	Parameters Parametri	Values Valori	U.M.	Limits Limiti	Type of inspection Tipo di ispezione
1	Primary magnetizing current @ 230 Vrms <i>Corrente magnetizzante primario @ 230 Vrms</i>	<3	mA		100% of pieces 100% dei pezzi
2	No load output voltage @ 230 Vrms <i>Tensione d'uscita a vuoto @ 230 Vrms</i>	2,32	Vrms	±2%	100% of pieces 100% dei pezzi
3	Turns ratio <i>Rapporto spire</i>			O.K.	100% of pieces 100% dei pezzi
4	Polarity <i>Polarità</i>			O.K.	100% of pieces 100% dei pezzi
5	P/S insulation voltage <i>Isolamento P/S</i>	3 kVrms 50 Hz 3"		O.K.	100% of pieces 100% dei pezzi

### 3.7. Transformador de Intensidad

Estos transformadores son utilizados para mediciones de corriente a 50, 60 Hz desde 25 A a 600 A (corriente primaria nominal). La característica peculiar de estos transformadores es su alto número de espiras en el secundario. Esto permite una corriente secundaria muy baja, idónea para un circuito electrónico de medición. La corriente secundaria puede ser detectada como una tensión en una resistencia. Esta resistencia de baja potencia y bajo costo, está montada directamente sobre el circuito impreso.

Campos de aplicación:

- ✓ Sensores de corriente para circuitos de protección y control de aparatos tales como puentes rectificadores, motores, UPS y similares
- ✓ Sensores de corriente para instrumentos de medición (sonda de corriente).



CODICE CODE	$I_p/I_s$	Ø Secondary Wire	SCHEMA	n	MOD.	USCITE OUTPUTS	$R_u$	$V_u$	PRECISIONE ACCURACY
TA/152 023	25 / 0.05 A	0.16 mm	1	$n_{1,2} = 500$	A 1	1 - 2	40 $\Omega$	2 Vac	2.0 %
TA/152 025	25 / 0.05 A	0.16 mm	1	$n_{1,2} = 500$	A	1 - 2	40 $\Omega$	2 Vac	2.0 %
TA/152 027	50 / 0.05 A	0.18 mm	1	$n_{1,2} = 1000$	A 1	1 - 2	80 $\Omega$	4 Vac	1.0 %
TA/152 050	50 / 0.05 A	0.18 mm	1	$n_{1,2} = 1000$	A	1 - 2	80 $\Omega$	4 Vac	1.0 %
TA/151 100	100 / 0.2 A	0.28 mm	2	$n_{1,4} = 500$	B	1 - 4	20 $\Omega$	4 Vac	0.8 %
TA/151 110	25 / 0.2 A	0.28 mm	3	$n_{1,2} = 125$	B	1 - 2	20 $\Omega$	4 Vac	2.5 %
	50 / 0.2 A			$n_{1,3} = 250$		1 - 3	20 $\Omega$	4 Vac	1.5 %
	100 / 0.2 A			$n_{1,4} = 500$		1 - 4	20 $\Omega$	4 Vac	0.8 %

### 3.8. Motores de 1,5 kW hasta 2,2kW

#### 3.8.1. SIEMENS: SIMOTIC-90L-GP-2P

##### Electrical data

U	Δ/Y	f	P	P	I	n	M	η <sup>31</sup>			cosφ <sup>31</sup>			I <sub>h</sub> /I <sub>0</sub>	M <sub>h</sub> /M <sub>0</sub>	M <sub>h</sub> /M <sub>0</sub>	IE-CL
[V]		[Hz]	[kW]	[hp]	[A]	[1/min]	[Nm]	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4	I <sub>h</sub> /I <sub>0</sub>	T <sub>h</sub> /T <sub>0</sub>	T <sub>h</sub> /T <sub>0</sub>	
230	Δ	50	1.50	-/-	5.20	2910	4.9	84.2	84.6	83.2	0.86	0.80	0.69	8.1	2.7	4.2	IE3
400	Y	50	1.50	-/-	3.00	2910	4.9	84.2	84.6	83.2	0.86	0.80	0.69	8.1	2.7	4.2	IE3
460	Y	60	1.75	-/-	2.95	3510	4.8	85.5	85.6	84.0	0.87	0.82	0.72	8.7	2.6	4.2	IE3
460	Y	60	1.50	-/-	2.60	3525	4.0	85.5	84.8	82.3	0.84	0.77	0.66	9.8	3.1	4.9	IE3
IM B3 / IM 1001		F5 90 S		15 kg		IP55		IEC/EN 60034			IEC, DIN, ISO, VDE, EN						
Environmental conditions : -20 °C - +40 °C / 1,000 m									Locked rotor time (hot / cold) : 7.9 s / 10.6 s								

##### Mechanical data

Sound level (SPL / SWL) at 50Hz(60Hz)	65.0 / 77.0 dB(A) <sup>21</sup>	69.0 / 81.0 dB(A) <sup>21</sup>	External earthing terminal	No
Moment of inertia	0.0021 kg m <sup>2</sup>		Vibration severity grade	A
Bearing DE / NDE	6205 2Z C3	6004 2Z C3	Insulation	155(F) to 130(B)
Bearing lifetime			Duty type	S1
$L_{10h}$ $F_{rel\ max}$ for coupling operation 50(60)Hz <sup>11</sup>	40000 h	32000 h	Direction of rotation	bidirectional
Lubricants	Unirex N3		Frame material	aluminum
Regreasing device	No		Coating (paint finish)	Standard paint finish C2
Grease nipple	-/-		Color, paint shade	RAL7030
Type of bearing	Preloaded bearing DE		Motor protection	(B) 1 PTC thermistor - for tripping (2 terminals)
Condensate drainage holes	No		Method of cooling	IC411 - self ventilated, surface cooled

#### 3.8.2. SIEMENS: SIMOTIC-90L-GP-4P

##### Electrical data

U	Δ/Y	f	P	P	I	n	M	η <sup>21</sup>			cosφ <sup>31</sup>			I <sub>h</sub> /I <sub>N</sub>	M <sub>h</sub> /M <sub>N</sub>	M <sub>g</sub> /M <sub>N</sub>	IE-CL
[V]		[Hz]	[kW]	[hp]	[A]	[1/min]	[Nm]	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4	I <sub>h</sub> /I <sub>N</sub>	T <sub>h</sub> /T <sub>N</sub>	T <sub>g</sub> /T <sub>N</sub>	
230	Δ	50	1.50	-/-	5.50	1445	9.9	85.3	86.0	85.2	0.80	0.73	0.60	7.3	2.9	3.5	IE3
400	Y	50	1.50	-/-	3.15	1445	9.9	85.3	86.0	85.2	0.80	0.73	0.60	7.3	2.9	3.5	IE3
460	Y	60	1.75	-/-	3.15	1740	9.6	86.5	87.0	85.7	0.80	0.74	0.62	7.7	2.9	3.7	IE3
460	Y	60	1.50	-/-	2.85	1755	8.2	86.5	86.2	84.5	0.77	0.69	0.57	8.6	3.4	4.3	IE3
IM B3 / IM 1001		F5 90 L		19 kg		IP55		IEC/EN 60034			IEC, DIN, ISO, VDE, EN						
Environmental conditions : -20 °C - +40 °C / 1,000 m											Locked rotor time (hot / cold) : 17.9 s / 21.8 s						

##### Mechanical data

Sound level (SPL / SWL) at 50Hz(60Hz)	65.0 / 77.0 dB(A) <sup>21</sup>	69.0 / 81.0 dB(A) <sup>21</sup>	External earthing terminal	No
Moment of inertia	0.0021 kg m <sup>2</sup>		Vibration severity grade	A
Bearing DE / NDE	6205 2Z C3	6004 2Z C3	Insulation	155(F) to 130(B)
Bearing lifetime			Duty type	S1
$L_{10h}$ $F_{rel\ max}$ for coupling operation 50(60)Hz <sup>11</sup>	40000 h	32000 h	Direction of rotation	bidirectional
Lubricants	Unirex N3		Frame material	aluminum
Regreasing device	No		Coating (paint finish)	Standard paint finish C2
Grease nipple	-/-		Color, paint shade	RAL7030
Type of bearing	Preloaded bearing DE		Motor protection	(B) 1 PTC thermistor - for tripping (2 terminals)
Condensate drainage holes	No		Method of cooling	IC411 - self ventilated, surface cooled

### 3.8.3. SIEMENS: SIMOTIC-100L-GP-2P

#### Electrical data

U	Δ/Y	F	P	P	I	n	M	η <sup>21</sup>			cosφ <sup>21</sup>			I <sub>a</sub> /I <sub>N</sub>	M <sub>a</sub> /M <sub>N</sub>	M <sub>v</sub> /M <sub>N</sub>	IE-CL
[V]		[Hz]	[kW]	[hp]	[A]	[1/min]	[Nm]	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4	I <sub>a</sub> /I <sub>N</sub>	T <sub>f</sub> /T <sub>N</sub>	T <sub>v</sub> /T <sub>N</sub>	
230	Δ	50	2.20	-/-	7.30	2910	7.2	85.9	86.8	86.1	0.88	0.83	0.73	8.3	2.6	4.0	IE3
400	Y	50	2.20	-/-	4.20	2910	7.2	85.9	86.8	86.1	0.88	0.83	0.73	8.3	2.6	4.0	IE3
460	Y	60	2.54	-/-	4.20	3510	6.9	86.5	87.0	85.9	0.88	0.84	0.75	8.3	2.6	4.2	IE3
460	Y	60	2.20	-/-	3.65	3530	6.0	86.5	86.4	84.5	0.87	0.82	0.71	9.6	3.0	4.9	IE3
IM 83 / IM 1001		FS 90 L		19 kg		IP55		IEC/EN 60034			IEC, DIN, ISO, VDE, EN						
Environmental conditions : -20 °C - +40 °C / 1,000 m										Locked rotor time (hot / cold) : 5.92 s   8.52 s							

#### Mechanical data

Sound level (SPL / SWL) at 50Hz/60Hz	65.0 / 77.0 dB(A) <sup>21</sup>	69.0 / 81.0 dB(A) <sup>21</sup>	External earthing terminal	No
Moment of inertia	0.0031 kg m <sup>2</sup>		Vibration severity grade	A
Bearing DE / NDE	6205 2Z C3	6004 2Z C3	Insulation	155(F) to 130(B)
bearing lifetime			Duty type	S1
$L_{10h}$ $F_{90\%}$ for coupling operation 50/60Hz <sup>21</sup>	40000 h	32000 h	Direction of rotation	bidirectional
Lubricants	Unirex N3		Frame material	aluminum
Regreasing device	No		Coating (paint finish)	Standard paint finish C2
Grease nipple	-/-		Color, paint shade	RAL7030
Type of bearing	Preloaded bearing DE		Motor protection	(B) 1 PTC thermistor - for tripping (2 terminals)
Condensate drainage holes	No		Method of cooling	IC411 - self ventilated, surface cooled

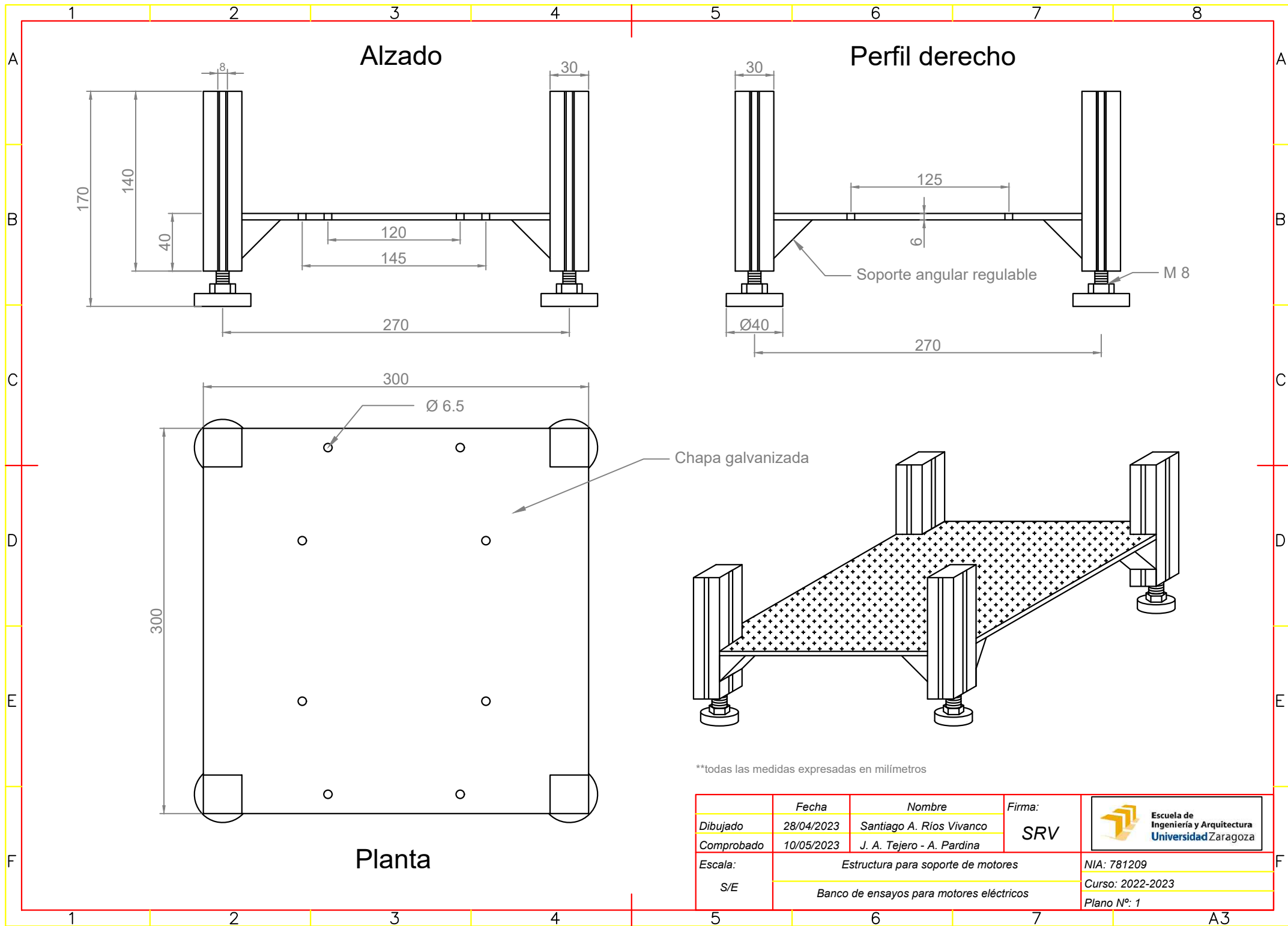
### 3.8.4. SIEMENS: SIMOTIC-100L-GP-4P

#### Electrical data

U	Δ / Y	f	P	P	I	n	M	η <sup>21</sup>			cosφ <sup>21</sup>			I <sub>a</sub> /I <sub>N</sub>	M <sub>a</sub> /M <sub>N</sub>	M <sub>v</sub> /M <sub>N</sub>	IE-CL
[V]		[Hz]	[kW]	[hp]	[A]	[1/min]	[Nm]	4/4	3/4	2/4	4/4	3/4	2/4	I <sub>a</sub> /I <sub>N</sub>	T <sub>a</sub> /T <sub>N</sub>	T <sub>v</sub> /T <sub>N</sub>	
230	Δ	50	2.20	-/-	7.80	1455	14.4	86.7	87.2	86.3	0.82	0.76	0.64	8.3	3.0	3.8	IE3
400	Y	50	2.20	-/-	4.45	1455	14.4	86.7	87.2	86.3	0.82	0.76	0.64	8.3	3.0	3.8	IE3
460	Y	60	2.54	-/-	4.30	1750	13.9	89.5	90.1	89.2	0.83	0.77	0.66	8.8	3.0	3.9	IE3
460	Y	60	2.20	-/-	3.85	1760	11.9	89.5	89.5	88.0	0.80	0.73	0.61	9.9	3.5	4.6	IE3
IM B5 / IM 5001			F5 100 L		30 kg		IP55	IEC/EN 60034			IEC, DIN, ISO, VDE, EN						
Environmental conditions : -20 °C - +40 °C / 1,000 m										Locked rotor time (hot / cold) : 18.6 s / 22.6 s							

#### Mechanical data

Sound level (SPL / SWL) at 50Hz/60Hz	60.0 / 72.0 dB(A) <sup>21</sup>	62.0 / 74.0 dB(A) <sup>21</sup>	External earthing terminal	No
Moment of inertia	0.0101 kg m <sup>2</sup>		Vibration severity grade	A
Bearing DE / NDE	6206 2Z C3	6206 2Z C3	Insulation	155(F) to 130(B)
bearing lifetime			Duty type	S1
$L_{10h}$ $F_{90\%}$ for coupling operation 50/60Hz <sup>21</sup>	40000 h	32000 h	Direction of rotation	bidirectional
Lubricants	Unirex N3		Frame material	aluminum
Regreasing device	No		Coating (paint finish)	Standard paint finish C2
Grease nipple	-/-		Color, paint shade	RAL7030
Type of bearing	Preloaded bearing DE		Motor protection	(A) without (Standard)
Condensate drainage holes	No		Method of cooling	IC411 - self ventilated, surface cooled



	Fecha	Nombre	Firma:	
Dibujado	28/04/2023	Santiago A. Ríos Vivanco	SRV	
Comprobado	10/05/2023	J. A. Tejero - A. Pardina		
Escala:	Estructura para soporte de motores			NIA: 781209
S/E	Banco de ensayos para motores eléctricos			Curso: 2022-2023
				Plano Nº: 1



1

2

3

4

A

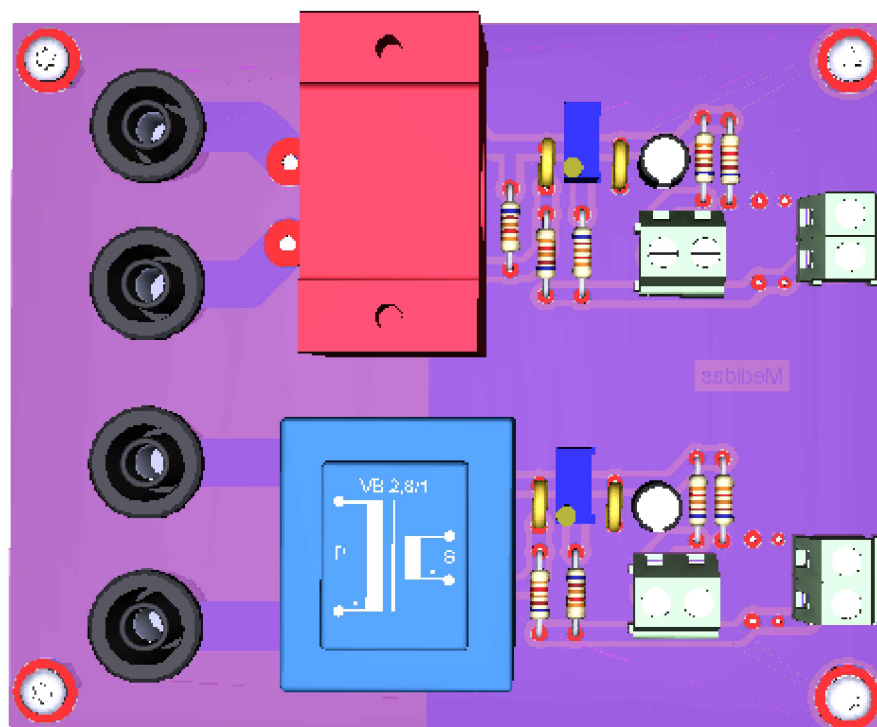
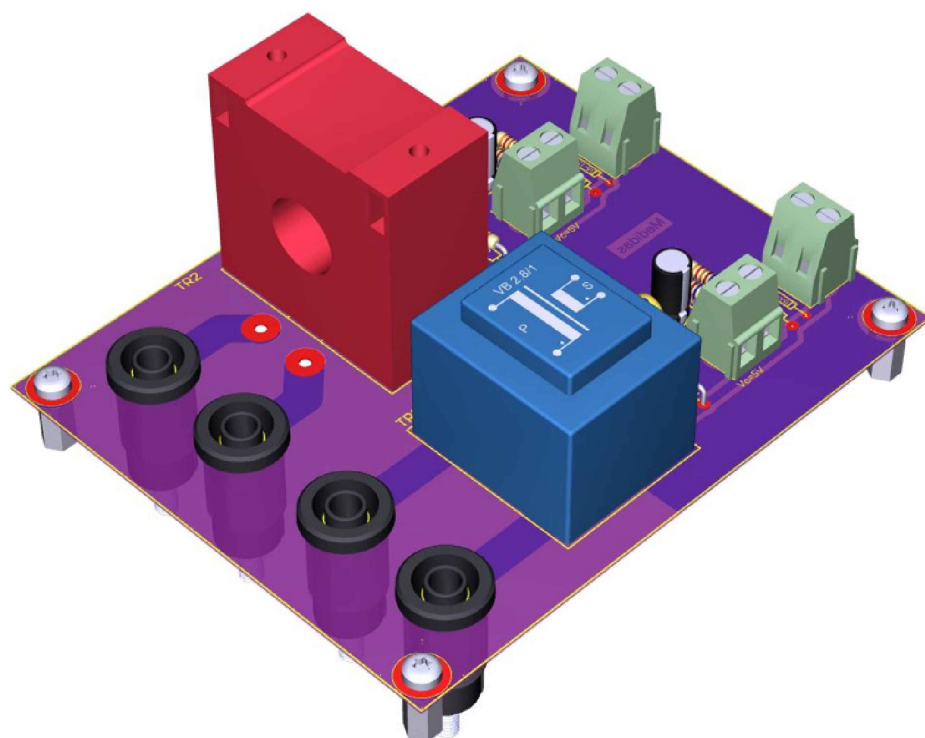
B

C

D

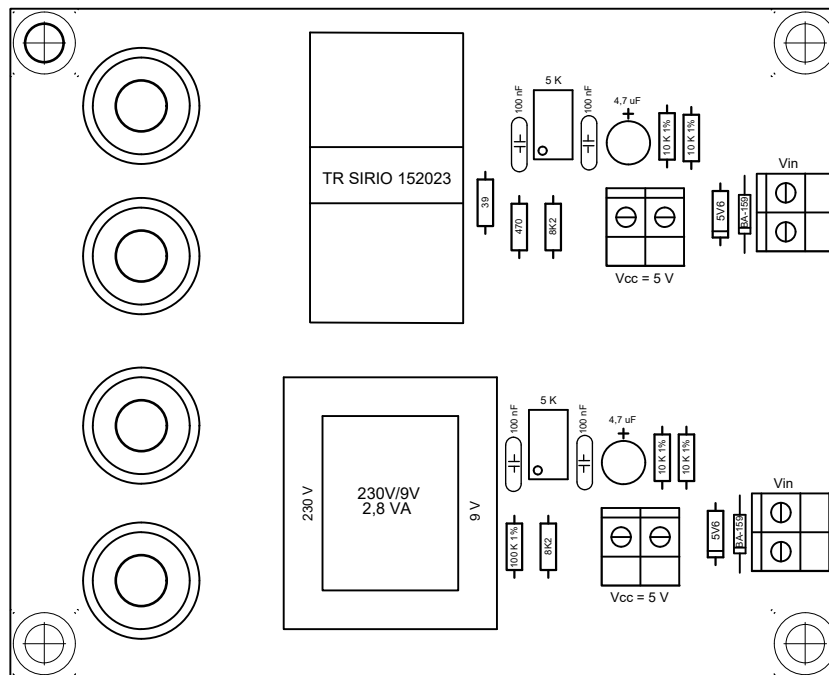
E

F

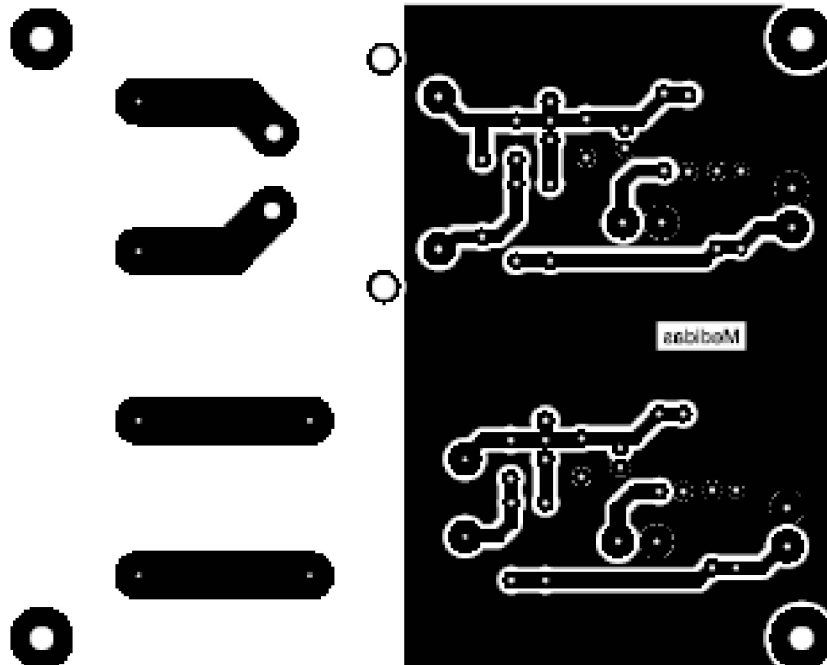


	Fecha	Nombre	Firma:	 <div>Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza</div>
Dibujado	22/05/2023	Santiago A. Ríos Vivanco	SRV	
Comprobado	28/05/2023	J. A. Tejero - A. Pardina		
Escala	Placa Board			NIA: 781209
S/E	Banco de ensayos para motores eléctricos			Curso: 2022-2023
				Plano N°: 2

## Disposición de componentes

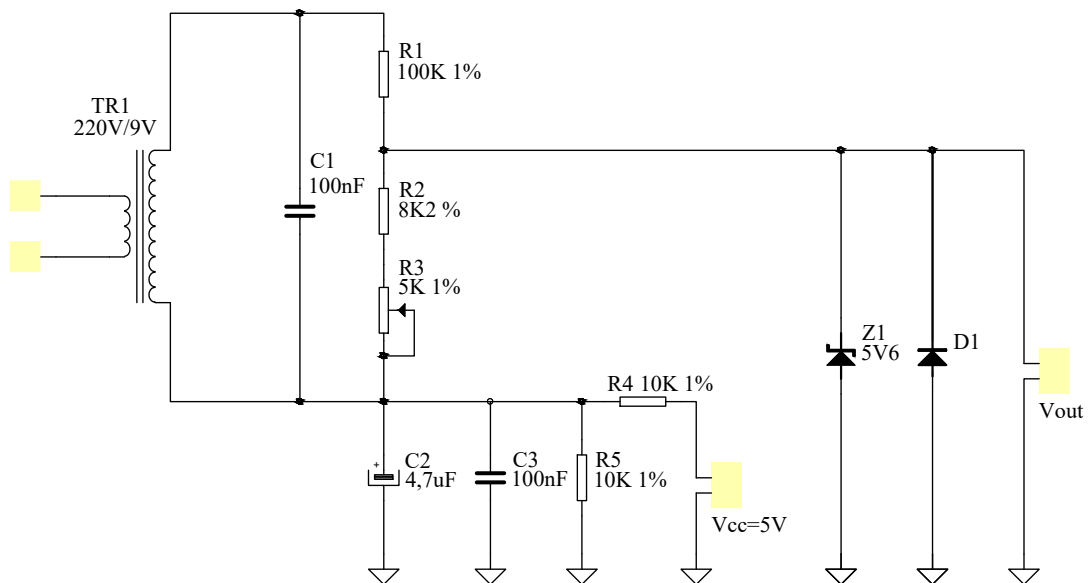


## Circuito Impreso

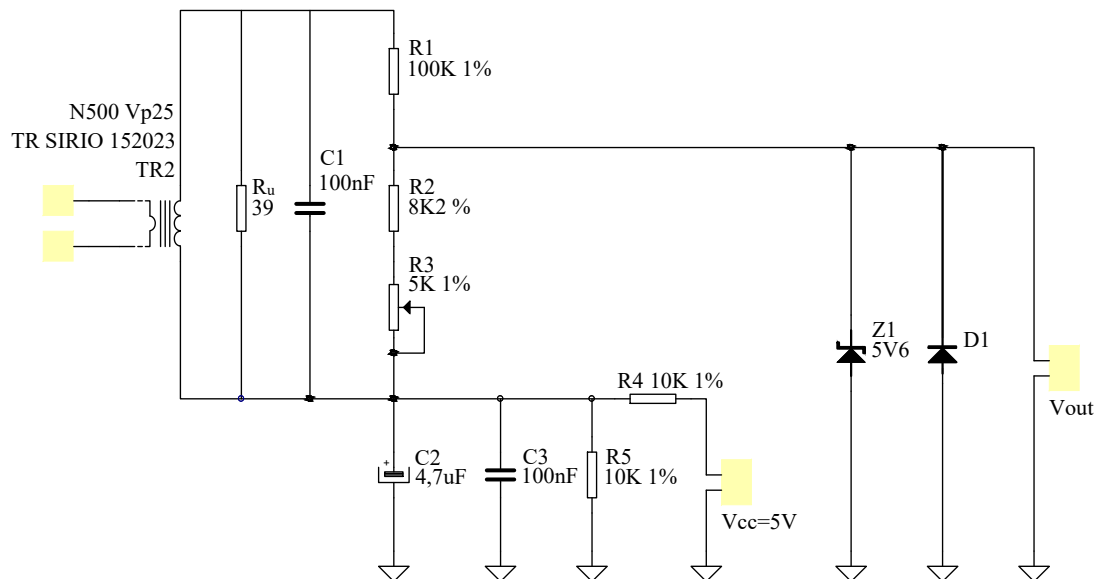



	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	22/05/2023	Santiago A. Ríos Vivanco	SRV	
Comprobado	28/05/2023	J. A. Tejero - A. Pardina		
Escala:	Prototipo de etapas electrónicas			NIA: 781209
1:1	Banco de ensayos para motores eléctricos			Curso: 2022-2023
				Plano N°: 3

## Medida de tensión



## Medida de intensidad



	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	22/04/2023	Santiago A. Ríos Vivanco	SRV	
Comprobado	28/05/2023	J. A. Tejero - A. Pardina		
Escala	Esquema eléctrico de etapas electrónicas			NIA: 781209
S/E	Banco de ensayos para motores eléctricos			Curso: 2022-2023
				Plano N°: 4