



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

MÓDULO DE ADQUISICIÓN Y VISUALIZACIÓN DE DATOS PARA CARACTERIZACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS DE INDUCCIÓN MEDIANTE MEDICIÓN DE PARÁMETROS EXTERNOS

PAOLO MARCELO BOADA GREFFA

MARZO-2015

OBJETIVOS

- ▶ Diseñar un sistema de visualización en plataforma LabVIEW para la identificación de las características externas de un motor eléctrico de inducción.
- ▶ Realizar la identificación del proceso de caracterización de un motor de inducción.
- ▶ Mostrar la mejor opción para medir, adquirir y procesar los datos de entrada - salida de los motores de inducción asincrónico, optimizando espacio, costo y robustez estrictamente necesaria.
- ▶ Mostrar las ventajas de utilizar este sistema en la industria.

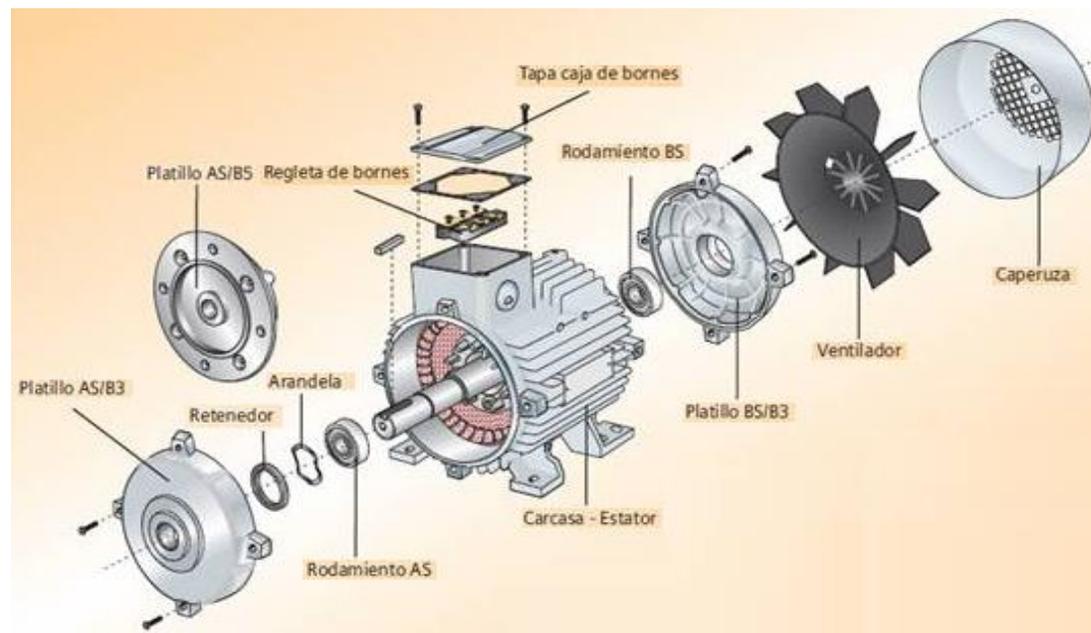
ANTECEDENTES

Motores de inducción

- ▶ A partir de la Revolución Industrial en el siglo XX, los motores son el pilar de la fabricación en serie.



- ▶ Por las diferentes partes móviles y fijas que interactúan, su estructura presentan desgaste.



ANTECEDENTES

Motores de inducción

- ▶ Los motores de inducción son robustos y su funcionamiento depende de su instalación, mantenimiento, uso y tensiones de alimentación.



- ▶ Un buen mantenimiento preventivo y predictivo ayuda a afianzar el buen funcionamiento y alargar de tiempo de vida de una máquina

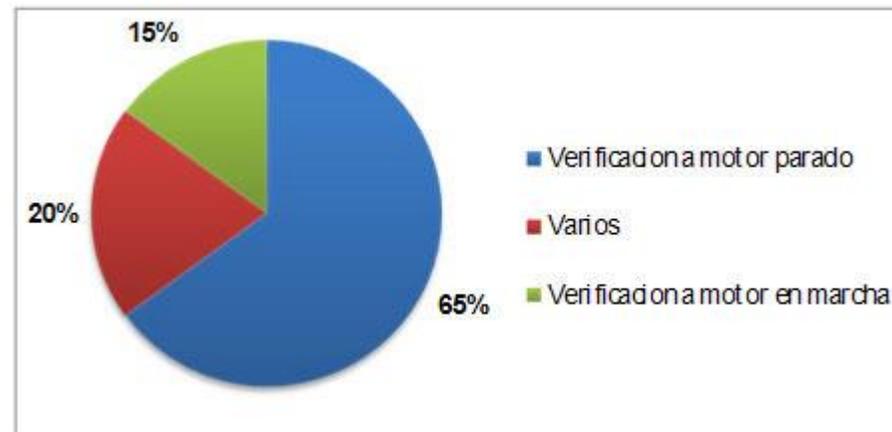


IMPORTANCIA

- ▶ Las fallas se detectan en sus etapas iniciales por lo que se cuenta con suficiente tiempo para hacer la planeación y la programación de las acciones correctivas.



- ▶ Las técnicas de detección del mantenimiento predictivo son en su mayor parte técnicas "on-condition".
- ▶ El mantenimiento proactivo.



APLICACIÓN

- Técnicas de moda como; el análisis de vibración, la termografía, la tribología, el análisis de circuitos de motores y el ultrasonido



DISTRIBUCION DE FALLAS



Motor de Inducción

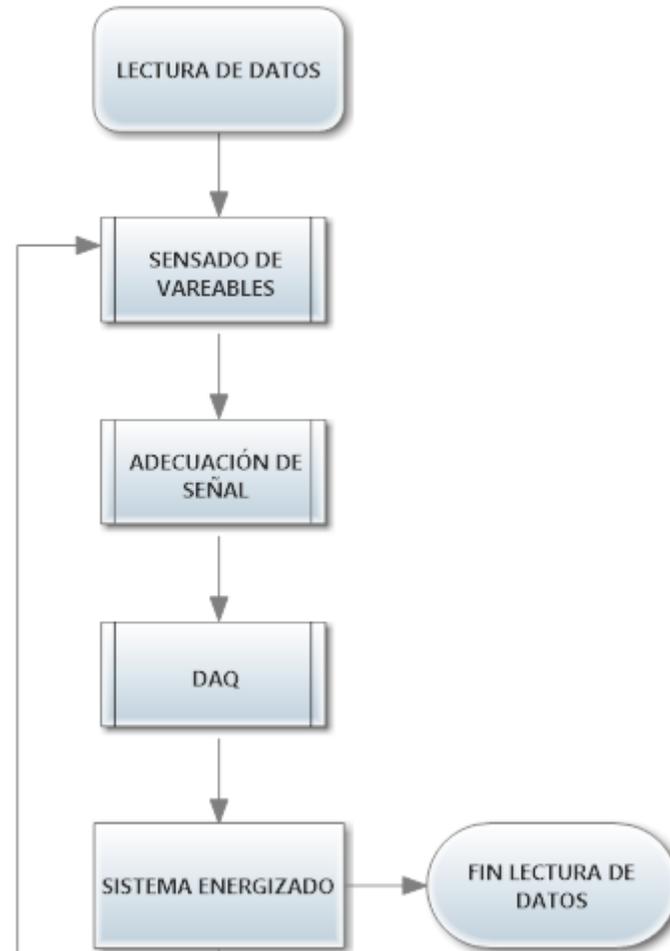
- ▶ 4 Polos
- ▶ Dimensiones: 355x300x310 mm
Altura del eje 162mm
- ▶ Peso: 19 kg
- ▶ Frecuencia: 60Hz
- ▶ Factor de Potencia: 0,79
- ▶ Potencia: 1,1 kW
- ▶ Corriente $\Delta/Y= 6,6/3,8$ A
- ▶ Voltaje $\Delta/Y= 220/380$ V
- ▶ Velocidad= 1700rpm



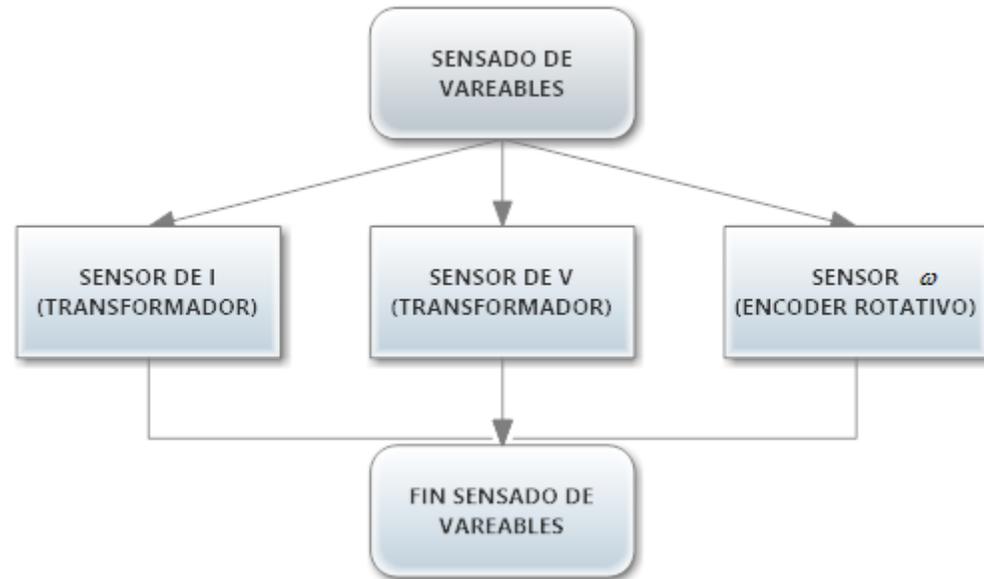
FLUJO DEL PROCESO DEL MÓDULO DE CARACTERIZACIÓN



MÓDULO DE ADQUISICIÓN



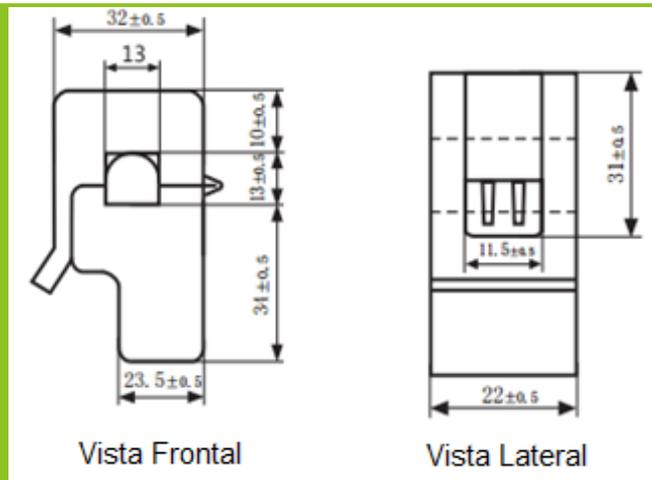
SENSORES



SCT-013-030

Sensor Transformador de corriente

Modelo: SCT-013-030



Vista Frontal

Vista Lateral

Entrada de corriente: 0-30 A

Salida: 1V

Grado de resistencia: B

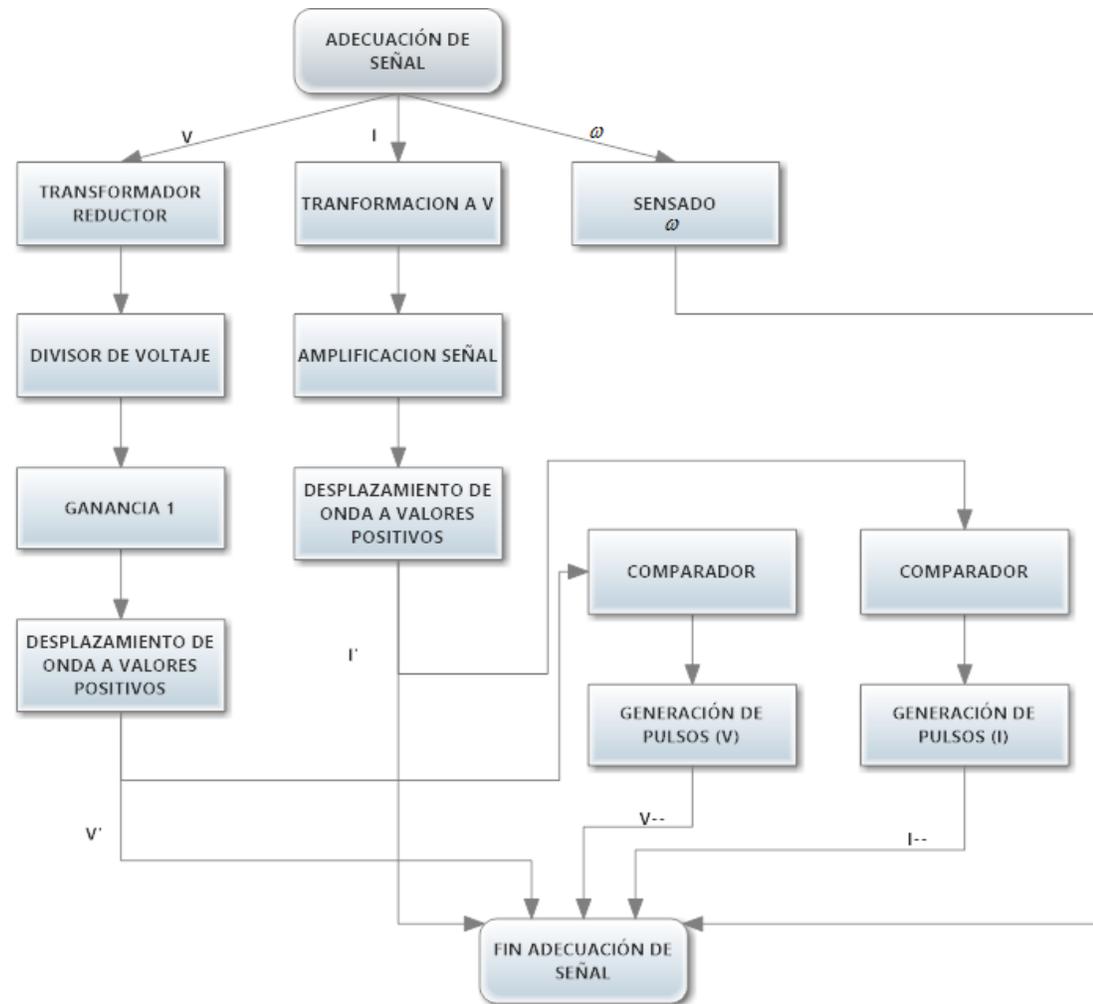
No-lineal: ±3%

Relación de espiras:
100:0.05A



Model	SCT-013-000	SCT-013-005	SCT-013-010	SCT-013-015	SCT-013-020
Input current	0-100A	0-5A	0-10A	0-15A	0-20A
Output mode	Current/33m A	Voltage/1V	Voltage/1V	Voltage/1V	Voltage/1V
Model	SCT-013-025	SCT-013-030	SCT-013-050	SCT-013-060	SCT-013-070
Input current	0-25A	0-30A	0-50A	0-60A	
Output mode	Voltage/1V	Voltage/1V	Voltage/1V	Voltage/1V	

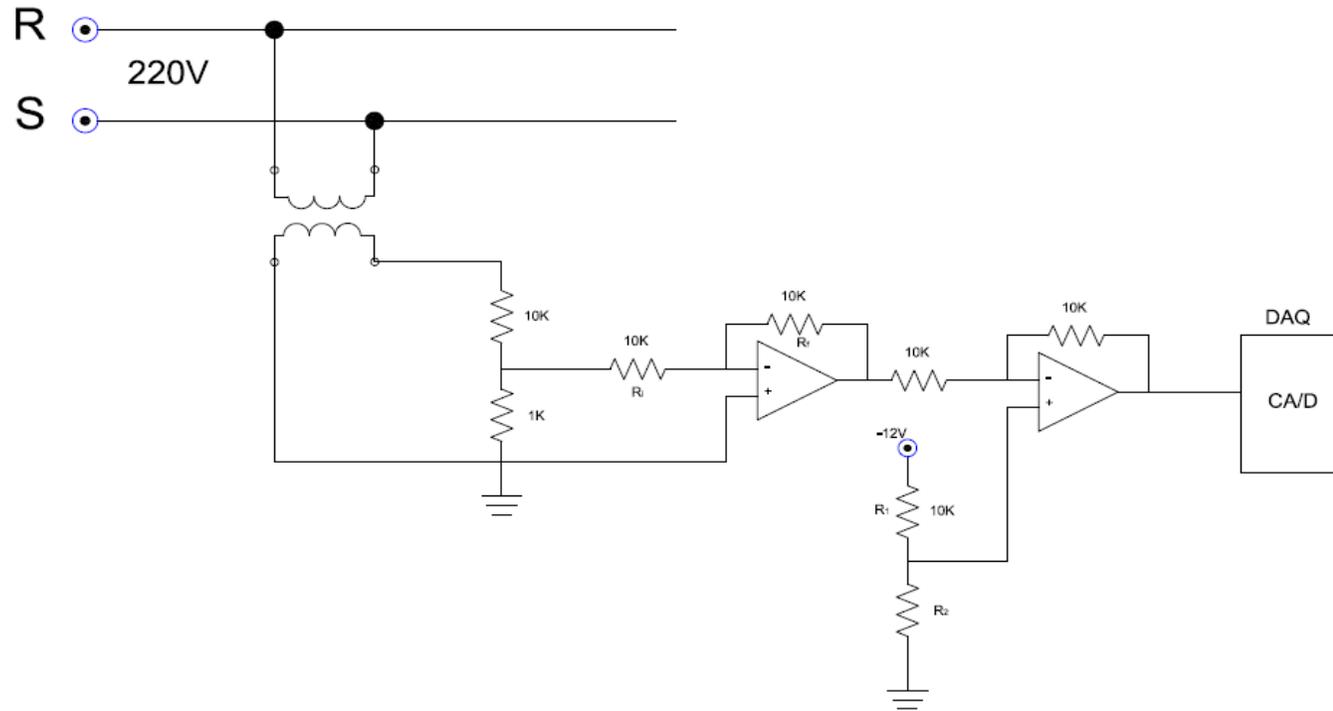
ADECUACIÓN DE SEÑALES



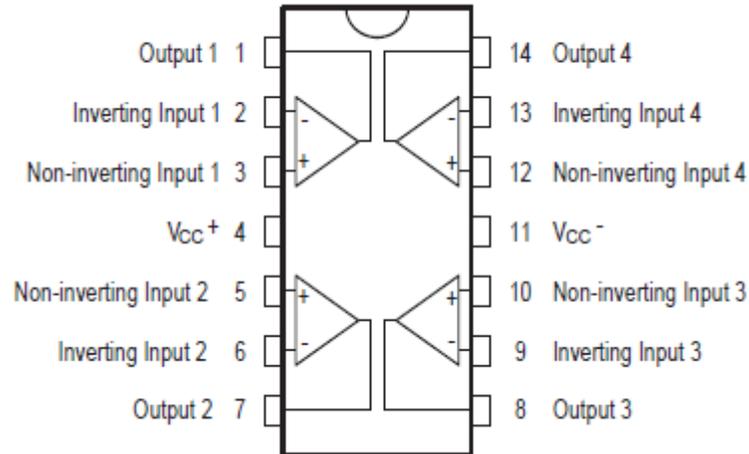
Adecuación de señales

$$G = -\frac{R_f}{R_i}$$
$$G = -\frac{10K}{10K} = -1$$

$$VR_2 = \frac{V_{CC} * R_2}{R_1 + R_2}$$
$$2,5 = \frac{12 * R_2}{10K + R_2}$$
$$R_2 = 2,6K\Omega$$



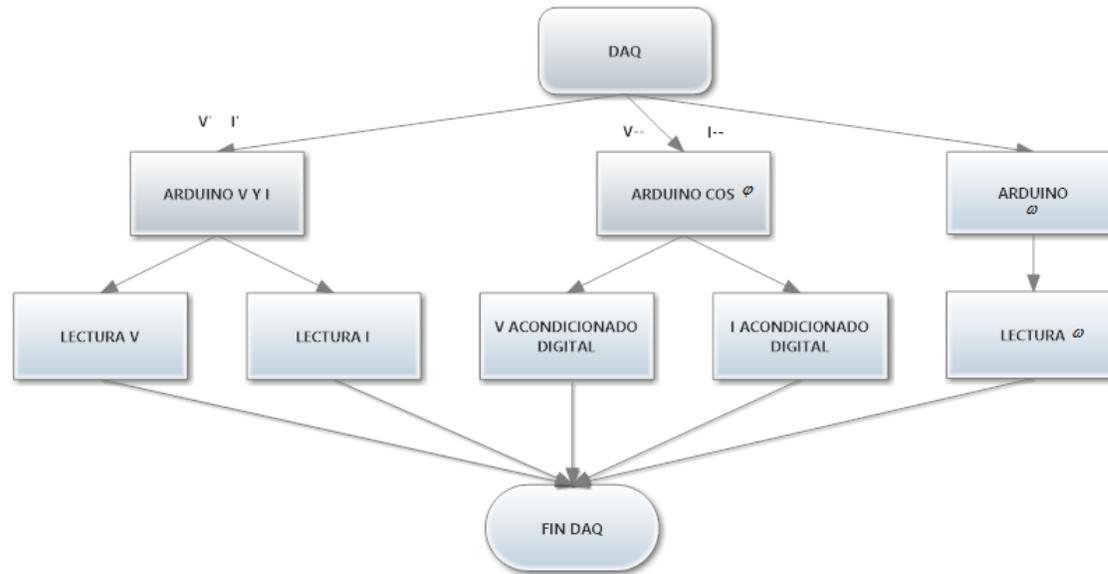
Amplificador Operacional



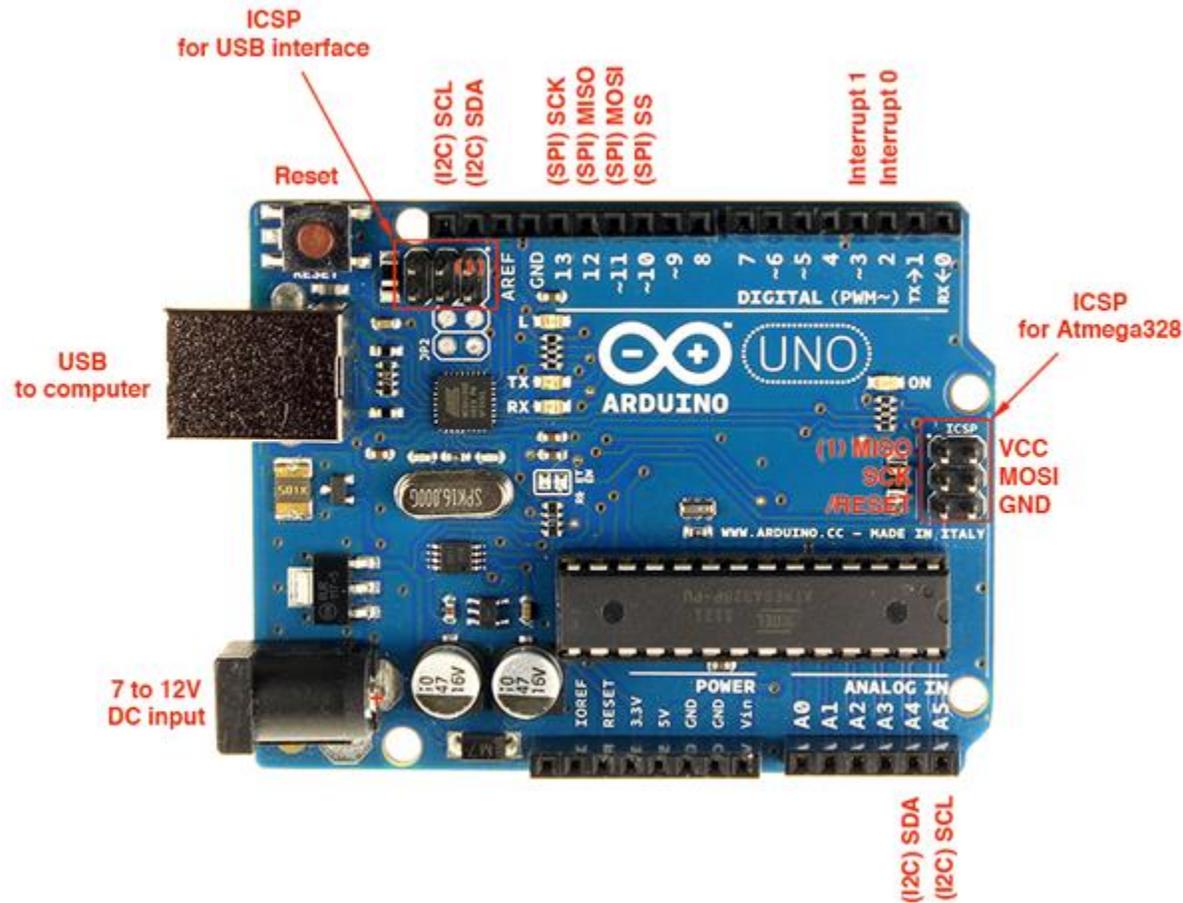
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	LM124	LM224	LM324	Unit
V_{CC}	Supply voltage	±16 or 32			V
V_i	Input Voltage	-0.3 to $V_{CC} + 0.3$			V
V_{id}	Differential Input Voltage ¹⁾	-0.3 to $V_{CC} + 0.3$			V
P_{tot}	Power Dissipation	500	500	500	mW
			400	400	mW
	Output Short-circuit Duration ²⁾	Infinite			
I_{in}	Input Current ³⁾	50	50	50	mA
T_{oper}	Operating Free-air Temperature Range	-55 to +125	-40 to +105	0 to +70	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +150			°C

TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

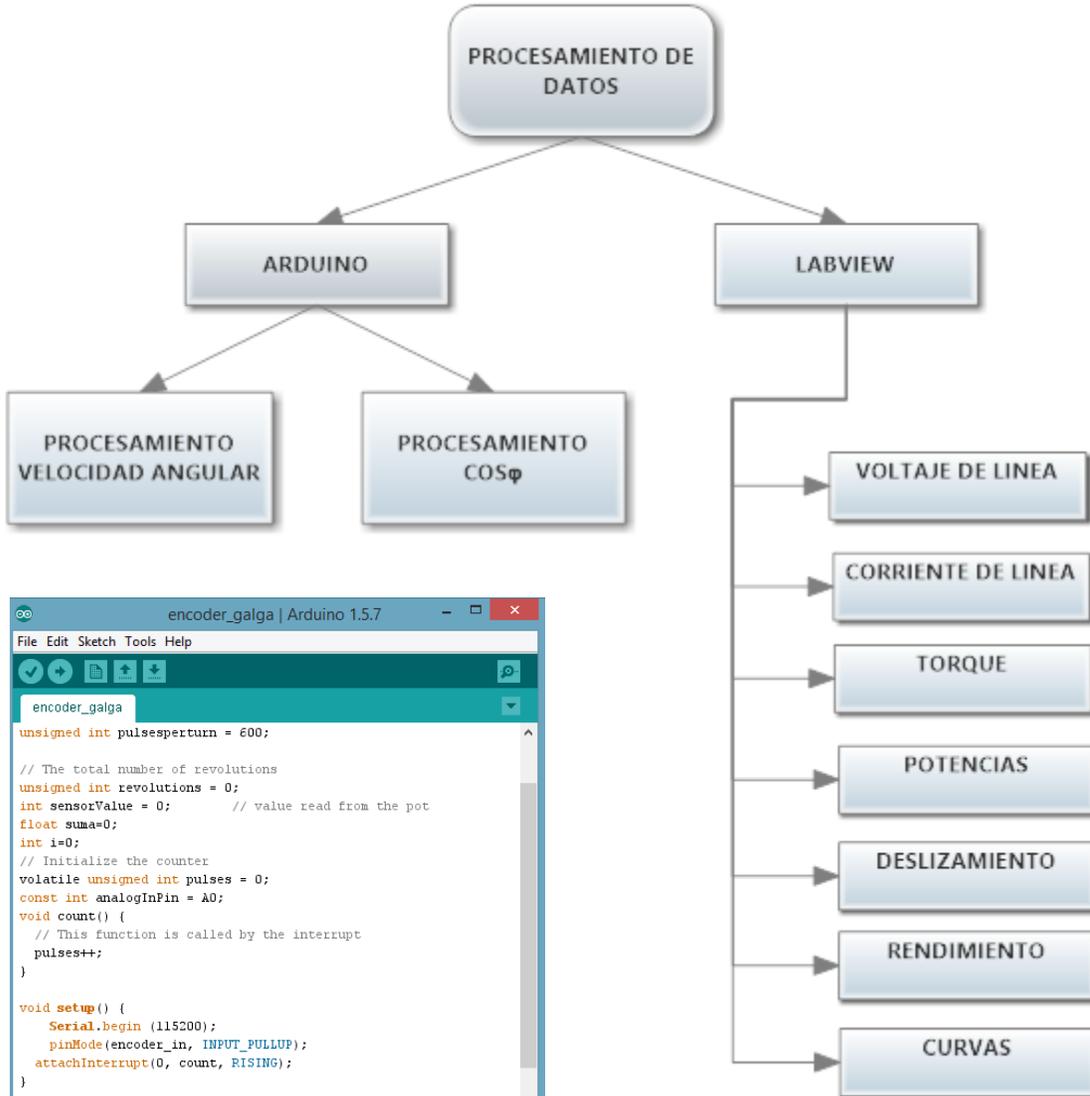


Tarjeta ARDUINO

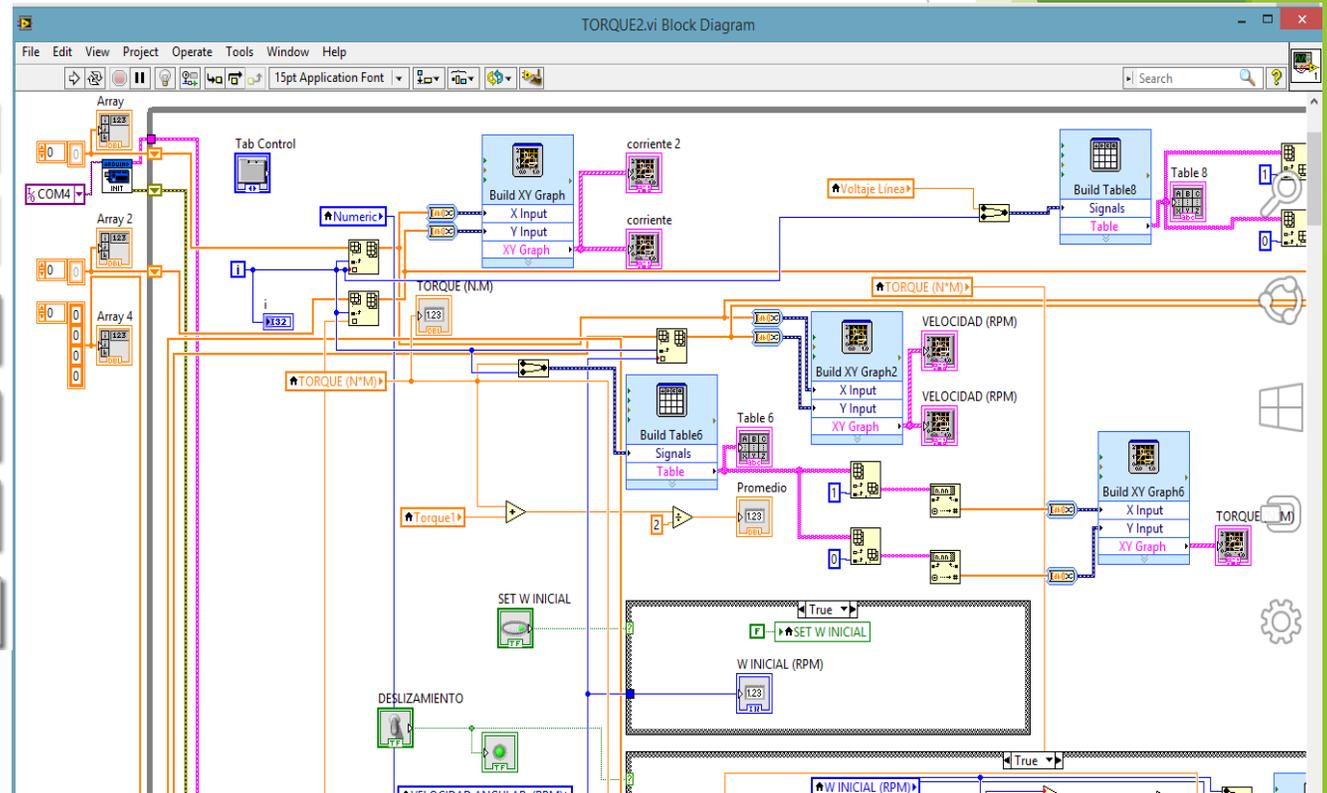


COMPONENTE	CARACTERÍSTICA
Micro-controlador:	ATmega328
Voltaje de operación:	5V
Voltajes de entrada (recomendado):	7-12V
Voltajes de entrada (mínimo/máximo):	6-20V
Pines I/O digitales:	14 (6 proporcionan salidas PWM)
Pines entradas análogas:	6
Corriente DC por pin I/O:	40 mA
Corriente DC para pin 3.3V:	50 mA
Flash Memory:	32 KB (ATmega328) de los cuales 0,5 KB utilizados por el gestor de arranque.
SRAM:	2 KB (ATmega328)
EEPROM:	1 KB (ATmega328)
Velocidad de temporización:	16 MHz

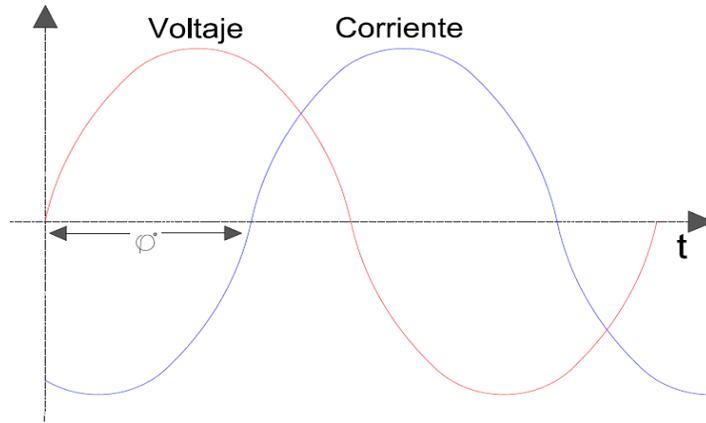
PROCESAMIENTO DE DATOS



```
encoder_galga | Arduino 1.5.7
encoder_galga
unsigned int pulsesperturn = 600;
// The total number of revolutions
unsigned int revolutions = 0;
int sensorValue = 0; // value read from the pot
float suma=0;
int i=0;
// Initialize the counter
volatile unsigned int pulses = 0;
const int analogInPin = A0;
void count() {
  // This function is called by the interrupt
  pulses++;
}
void setup() {
  Serial.begin (115200);
  pinMode(encoder_in, INPUT_PULLUP);
  attachInterrupt(0, count, RISING);
}
void loop() {
  suma=0;
  for (i=1;i<1000;i++)
  {
    sensorValue = analogRead(analogInPin);
    suma=suma+ sensorValue;
  }
}
```



Cos fi



$$T = \frac{1}{f}$$

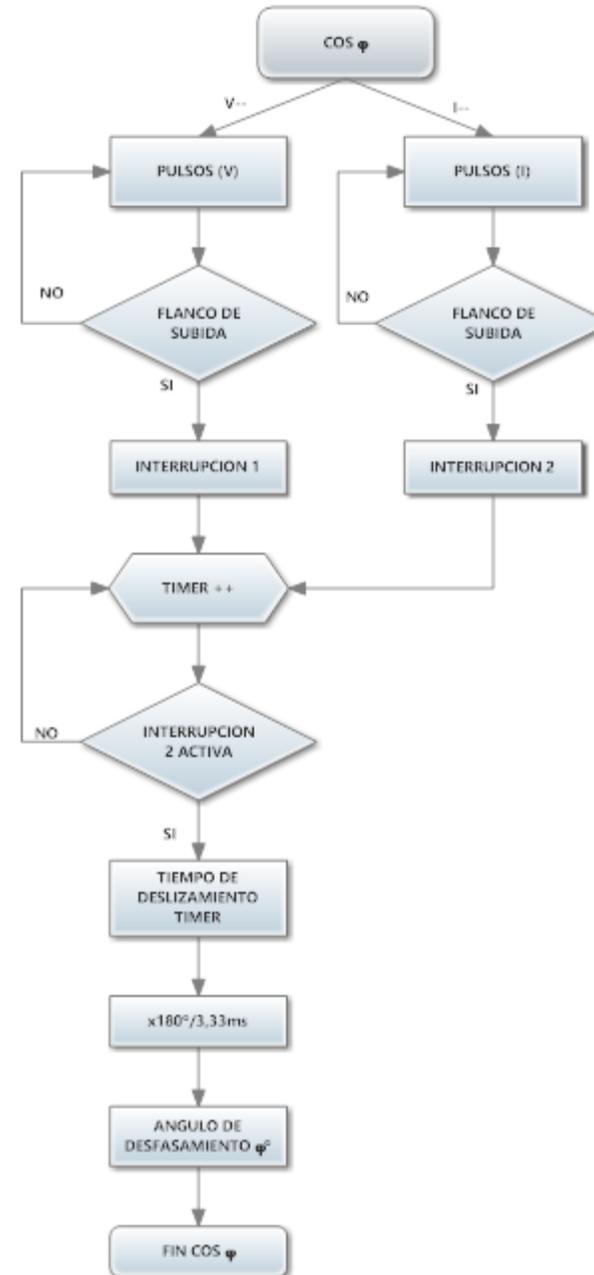
$$T = \frac{1}{60 \text{ Hz}}$$

$$T = 16.6 \text{ ms}$$

$$360^\circ \quad 16,6 \text{ ms}$$

x *timer*

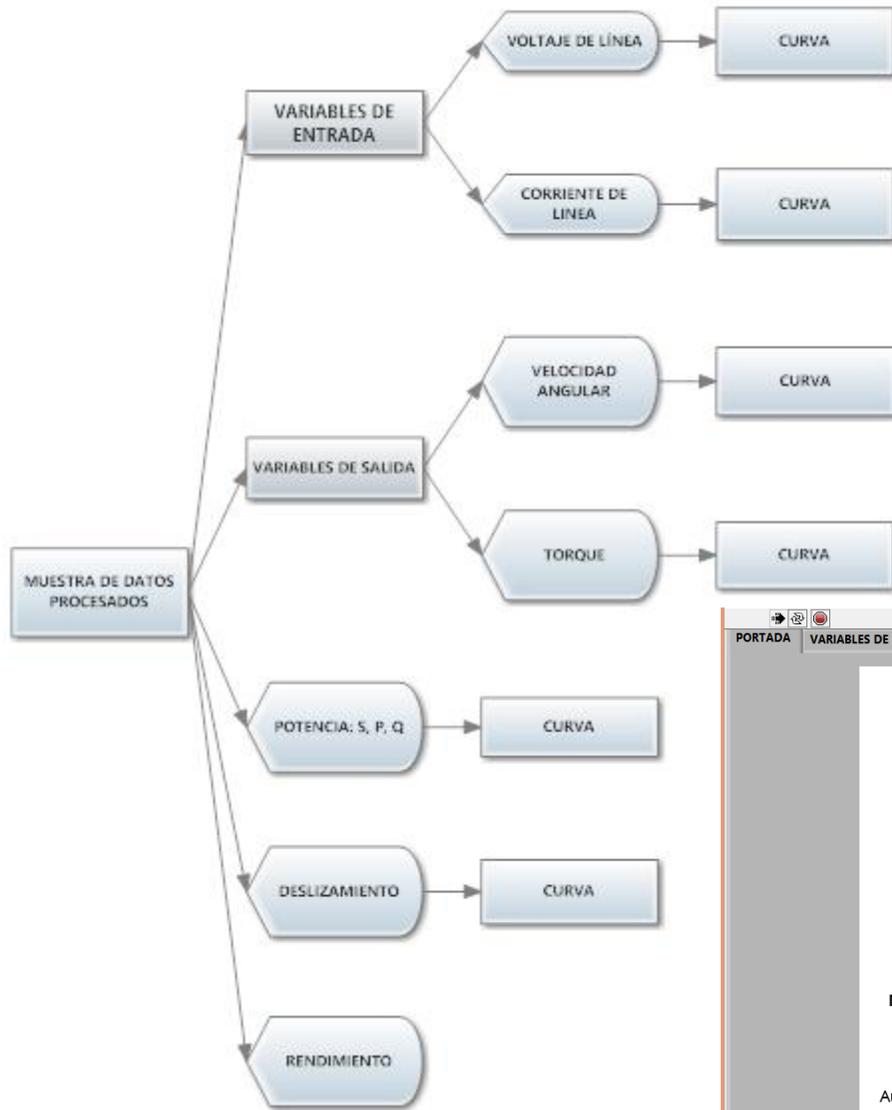
$$x = \varphi^\circ = \text{timer} * \frac{360}{16,6}$$



Velocidad Angular



VISUALIZACIÓN DEL USUARIO



PORTADA VARIABLES DE ENTRADA W1 Y W2 POTENCIA DEL SISTEMA VARIABLES DE SALIDA DESlizAMIENTO RENDIMIENTO CURVA W vs I CURVA T vs W CURVA V vs I STOP

 **ESPE**
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

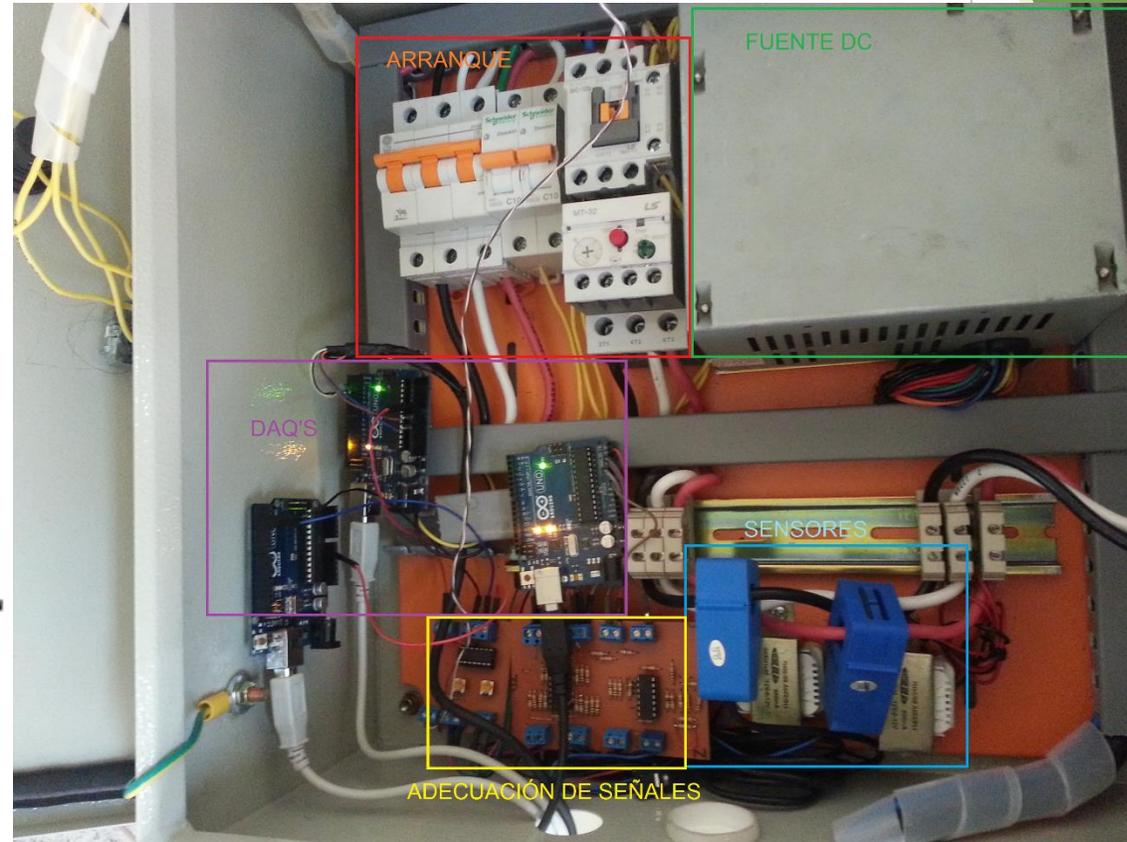
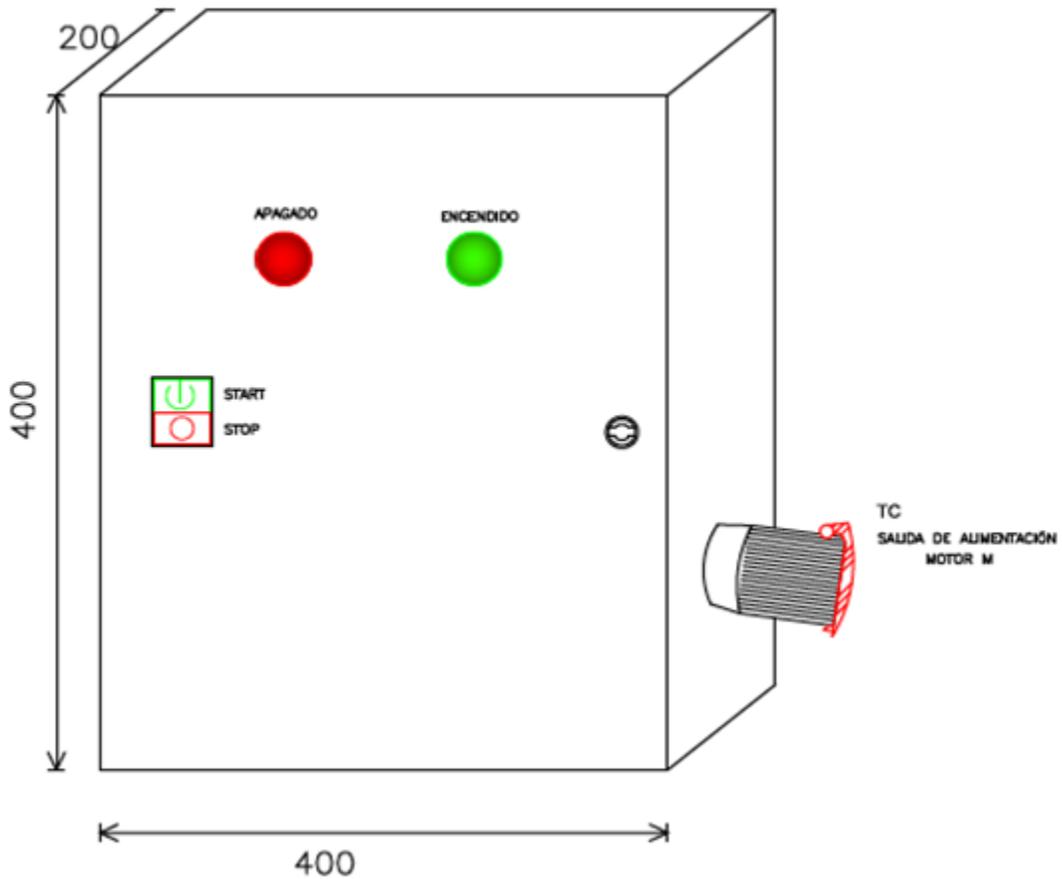
INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

Proyecto previo a la obtención del título:
MÓDULO DE ADQUISICIÓN Y VISUALIZACIÓN DE DATOS PARA CARACTERIZACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS DE INDUCCIÓN MEDIANTE MEDICIÓN DE PARÁMETROS EXTERNOS

Autor: Sr. Paolo Marcelo Boada Greffa
Director: Ing. Wilson Yépez
Codirector: Ing. Mario Echeverría

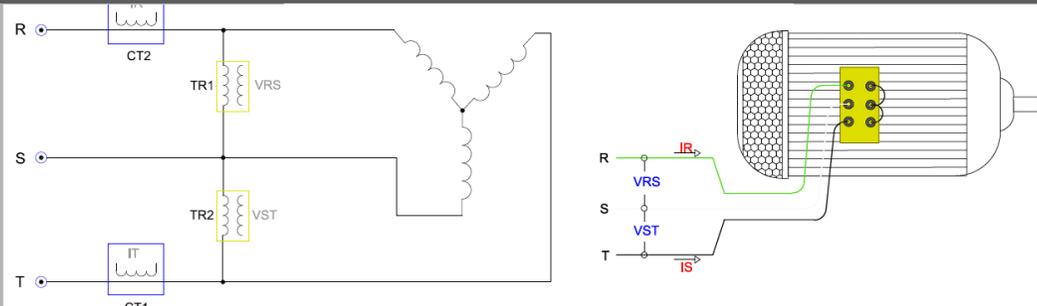
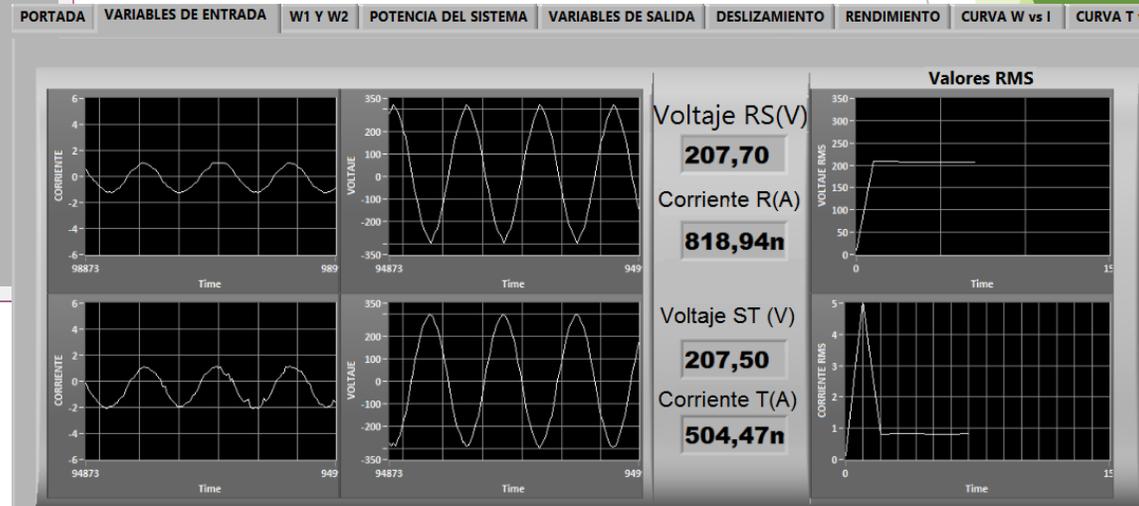
DISTRIBUCIÓN DEL MÓDULO

VISTA FRONTAL EXTERIOR



VENTANAS DE VISUALIZACION

VARIABLES DE ENTRADA



POTENCIAS MEDIDAS

W1

0

W2

0

F.P.

0

POTENCIA P (Kw).

0

$$W1 = |V_{RS}| \cdot |I_{R1}| \cos(\theta + 30^\circ) = V_L I_L \cos(\theta + 30^\circ)$$

$$W2 = |V_{ST}| \cdot |I_{T1}| \cos(\theta - 30^\circ) = V_L I_L \cos(\theta - 30^\circ)$$

$$W1 + W2 = V_L I_L \cos(\theta + 30^\circ) + V_L I_L \cos(\theta - 30^\circ)$$

$$W1 + W2 = V_L I_L \cos(30^\circ) \cos(\theta) - V_L I_L \sin(30^\circ) \sin(\theta) + V_L I_L \cos(30^\circ) \cos(\theta) + V_L I_L \sin(30^\circ) \sin(\theta)$$

$$P = W1 + W2 = \sqrt{3} V_L I_L \cos(\theta)$$

Ic	Ea (VDC)	IL (A)	VL (V)	IL (A)	VL (V)	S (VA)	P (W)	Q (VAR)	ω (RPM)	τ (NM)	s %	η %
0	115	1,023	212,923	0,648	211,638	287,939	241,215	157,240	1738	0,430	0,058	32,429
0,8	110	1,207	210,536	0,858	209,792	666,614	499,093	0,220	1723	0,950	0,863	34,343
1	110	1,288	211,178	0,918	209,365	608,912	543,994	146,910	1718	1,136	1,093	37,543
1,5	108	1,420	212,303	1,082	210,975	730,220	549,721	125,895	1709	1,402	1,784	45,621
2	106	1,583	211,116	1,261	210,151	650,068	563,840	251,545	1695	1,754	2,359	55,189
2,5	105	1,766	211,633	1,445	210,209	656,912	606,883	300,802	1682	2,072	3,107	60,105
3	104	1,908	213,625	1,706	214,079	736,813	616,585	344,389	1671	2,288	3,740	64,907
3,5	103	2,144	212,316	1,960	213,087	837,444	700,796	389,348	1654	2,607	4,891	64,392
4	102	2,356	212,283	2,193	212,712	904,615	757,006	432,021	1635	2,838	5,926	64,161
4,5	100	2,599	211,368	2,466	212,053	1111,222	898,385	464,035	1615	3,076	7,135	57,882
5	98	2,887	213,260	2,732	213,174	1073,561	911,589	536,025	1587	3,322	8,573	60,538
5,5	98	2,905	211,194	2,822	211,538	1089,339	929,900	544,059	1587	3,351	8,631	59,860

F.P.

0

POTENCIA P (Kw)

0

POTENCIA S (VA)

0

POTENCIA Q (VAR)

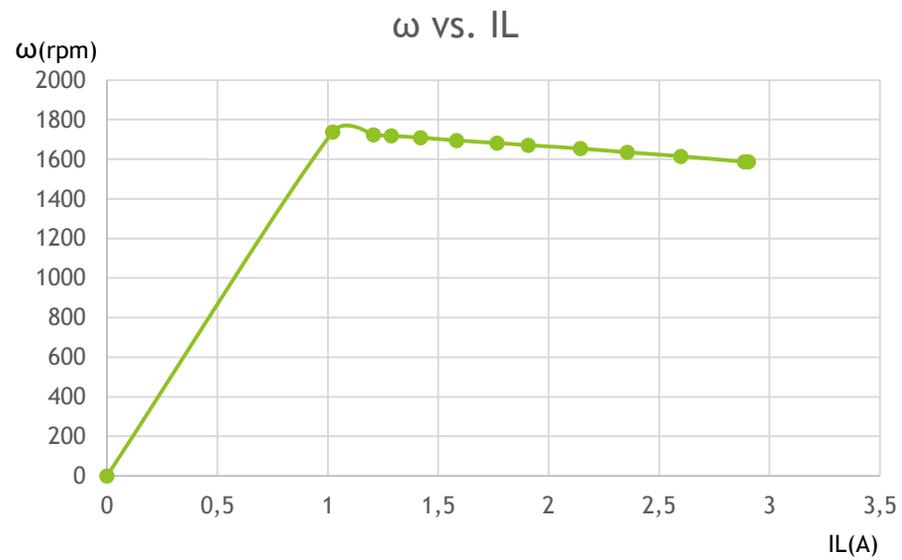
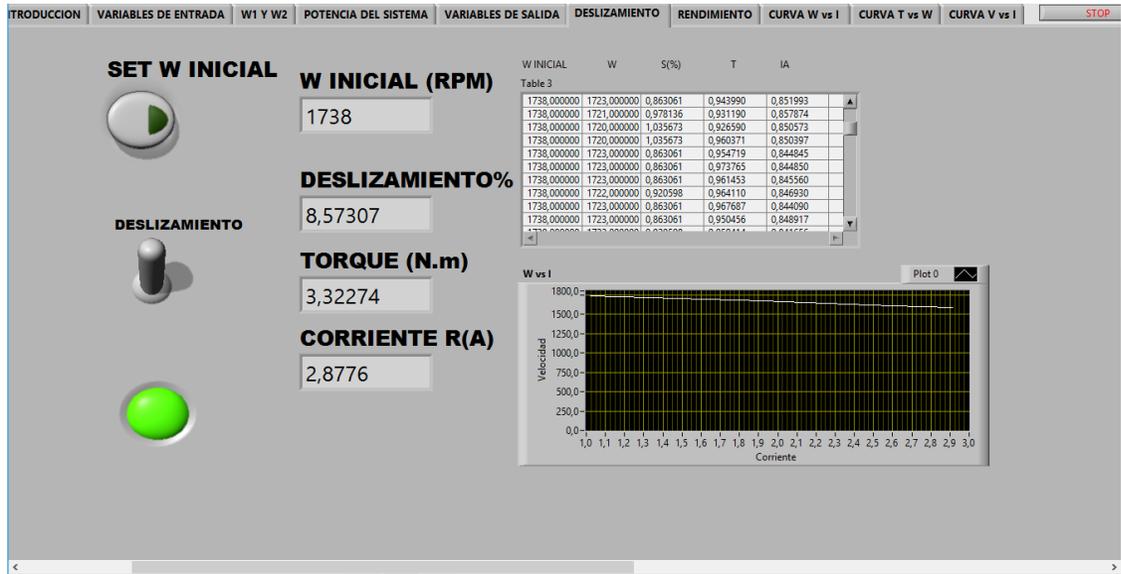
0

MEDICION DE VARIABLES DE SALIDA

The screenshot shows a software application for motor testing. The main window displays a data table with columns for various electrical and mechanical parameters. Below the table, there are two input fields for 'VELOCIDAD ANGULAR (RPM)' and 'TORQUE (N*M)', both showing a value of 0. At the bottom, a schematic diagram of a motor is shown with electrical connections and labels for current (I_{linea}) and torque (T in $N \cdot M$).

I_c	E_a (VDC)	I_L (A)	V_L (V)	I_L (A)	V_L (V)	S (VA)	P (W)	Q (VAR)	ω (RPM)	τ (NM)	$s \%$	$\eta \%$
0	115	1,023	212,923	0,648	211,638	287,939	241,215	157,240	1738	0,430	0,058	32,429
0,8	110	1,207	210,536	0,858	209,792	666,614	499,093	0,220	1723	0,950	0,863	34,343
1	110	1,288	211,178	0,918	209,365	608,912	543,994	146,910	1718	1,136	1,093	37,543
1,5	108	1,420	212,303	1,082	210,975	730,220	549,721	125,895	1709	1,402	1,784	45,621
2	106	1,583	211,116	1,261	210,151	650,068	563,840	251,545	1695	1,754	2,359	55,189
2,5	105	1,766	211,633	1,445	210,209	656,912	606,883	300,802	1682	2,072	3,107	60,105
3	104	1,908	213,625	1,706	214,079	736,813	616,585	344,389	1671	2,288	3,740	64,907
3,5	103	2,144	212,316	1,960	213,087	837,444	700,796	389,348	1654	2,607	4,891	64,392
4	102	2,356	212,283	2,193	212,712	904,615	757,006	432,021	1635	2,838	5,926	64,161
4,5	100	2,599	211,368	2,466	212,053	1111,222	898,385	464,035	1615	3,076	7,135	57,882
5	98	2,887	213,260	2,732	213,174	1073,561	911,589	536,025	1587	3,322	8,573	60,538
5,5	98	2,905	211,194	2,822	211,538	1089,339	929,900	544,059	1587	3,351	8,631	59,860

DESLIZAMIENTO DE LA MAQUINA



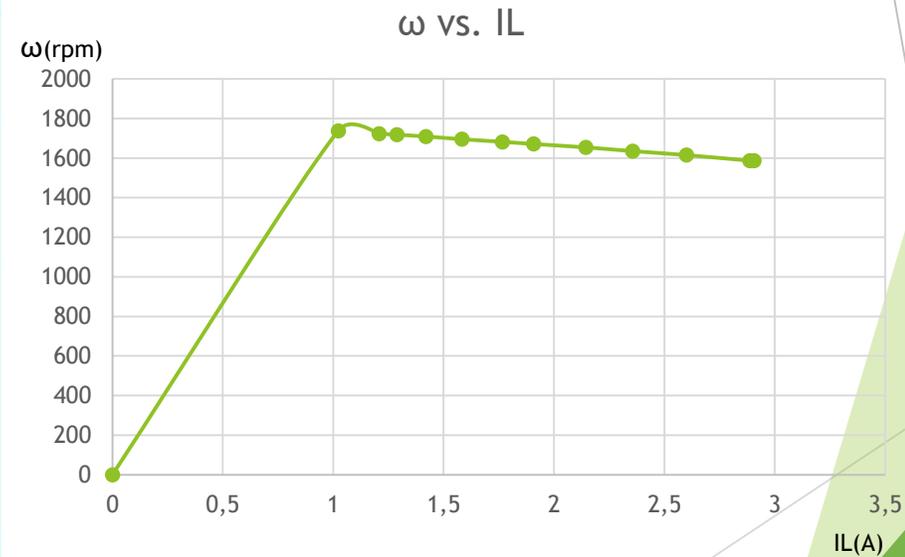
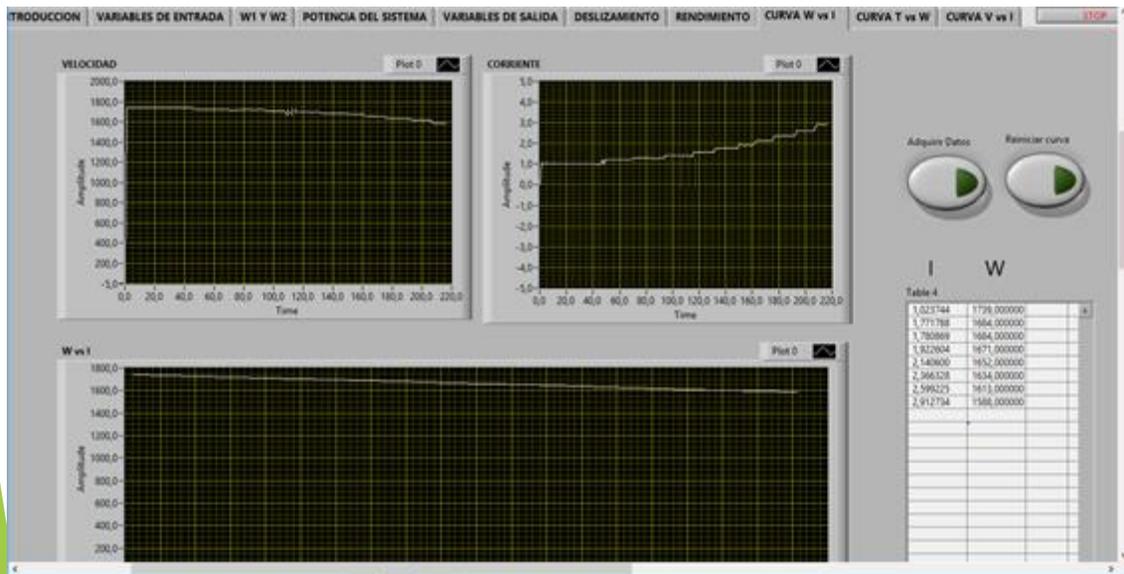
RENDIMIENTO

- Rendimiento en estado estable a valores nominales del equipo:

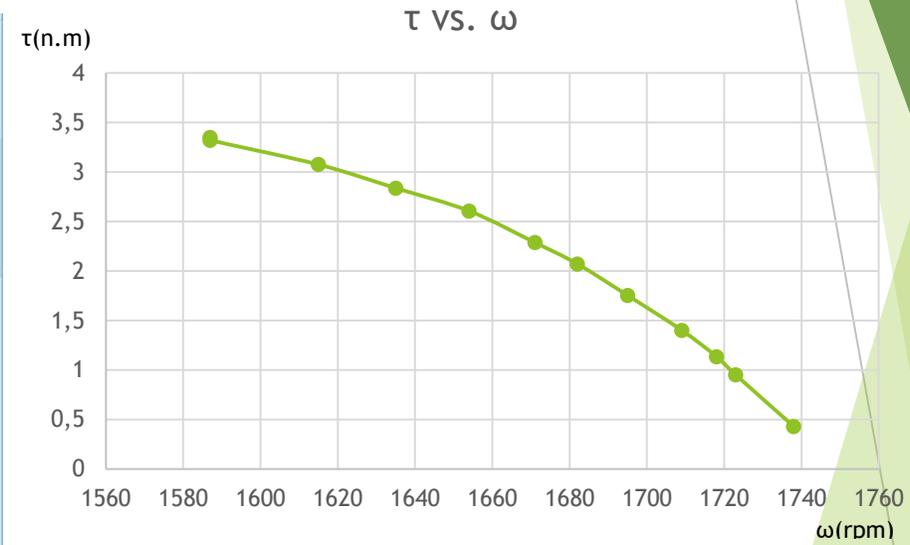
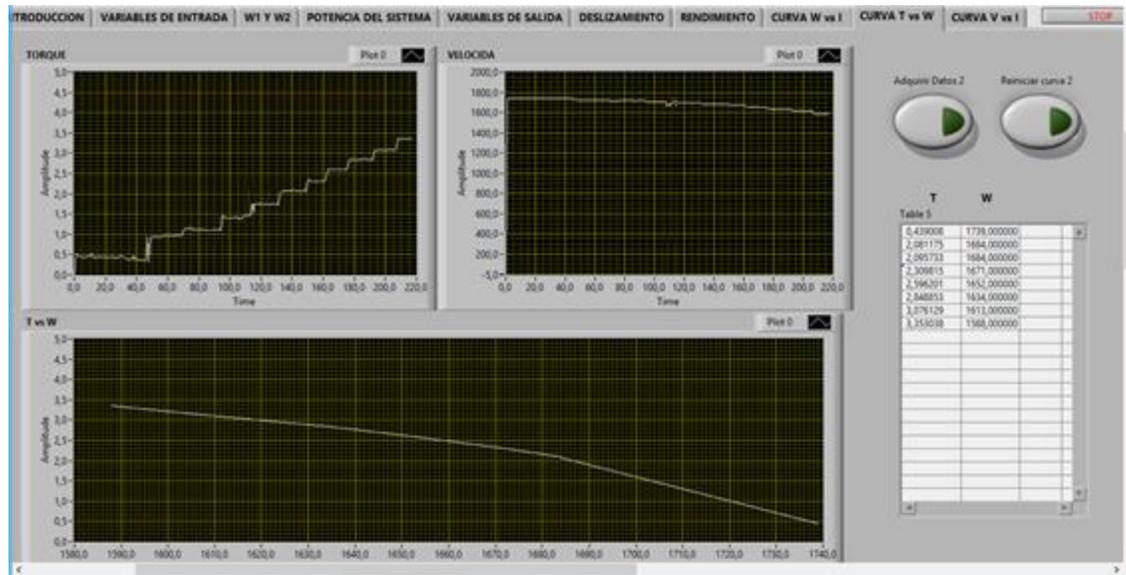


CURVA DE DESLIZAMIENTO

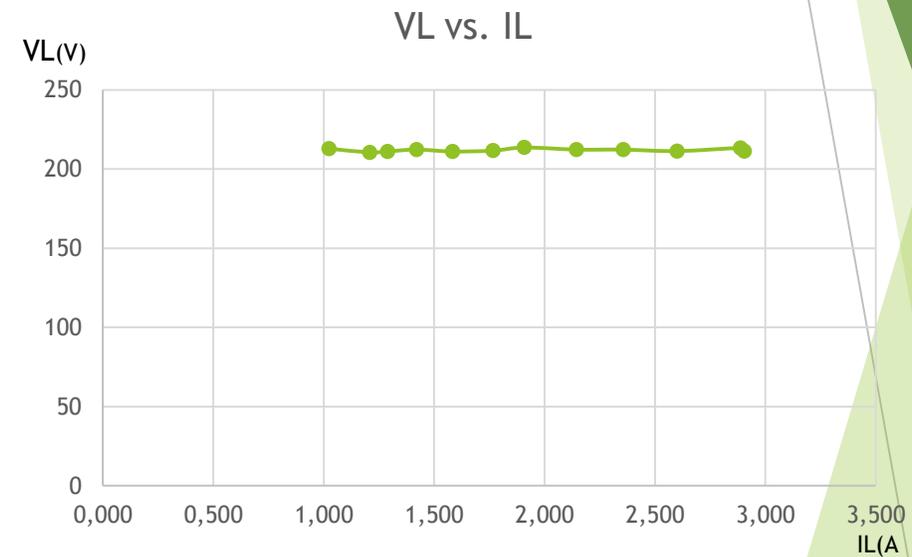
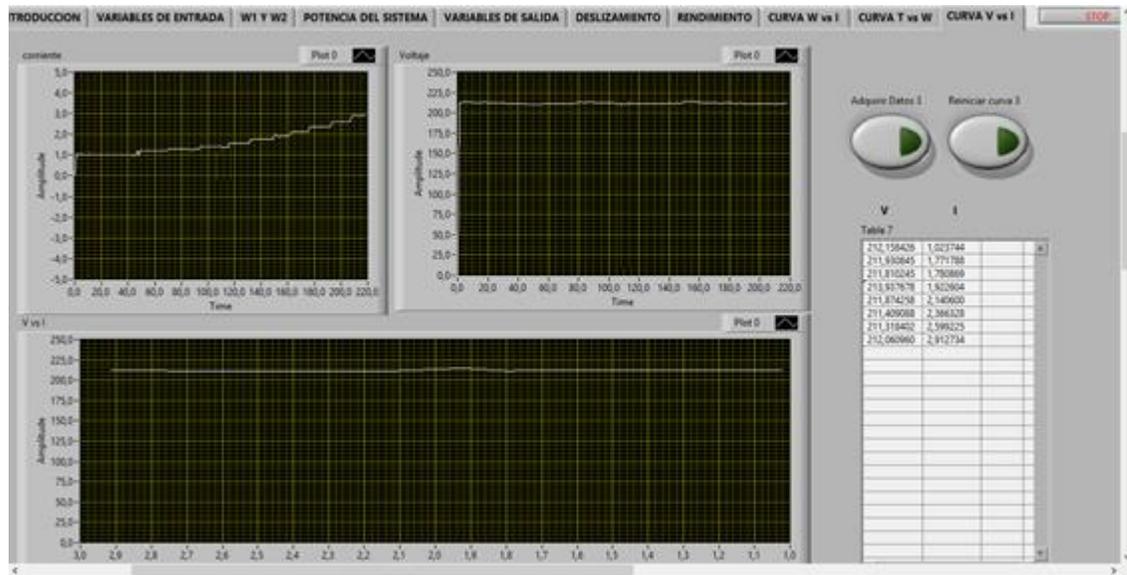
▶ VELOCIDAD ANGULAR VS. CORRIENTE DE LINEA



CURVA DE VARIABLES DE SALIDA



CURVAS DE VARIABLES DE ENTRADA



ELEMENTOS NECESARIOS

- ▶ PC con Windows vista, 7,8.
- ▶ Archivo ejecutable LabVIEW
- ▶ Módulo de caracterización
- ▶ Adaptador a eje de sensor de velocidad rotacional
- ▶ Motor de Inducción



RECOMENDACIONES

En caso de que el equipo a ser estudiado haya tenido mucho tiempo parado se recomienda:

- ▶ Girar el rotor manualmente
- ▶ Los rodamientos deben ser desmontados y aplicados su respectivo mantenimiento dependiendo del tiempo de paro que haya tenido el motor.
- ▶ Revisar el lugar de almacenamiento, el cual debe proteger contra la humedad, temperaturas elevadas y suciedades en general, evitando así que la resistencia del aislamiento sufra con eso.
- ▶ Revisar la calidad de energía eléctrica en los terminales del motor según parámetros de tensión dentro de un rango de $\pm 5\%$ del valor nominal.
- ▶ Revisar la corriente de arranque que no afecta a la red eléctrica. Que este a niveles del orden de 6 a 7 veces la corriente nominal.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

	Análisis	Condiciones Normales	Posibles Causas
1	Obstrucciones en eje, ventilador y sistema eléctrico	Al mover manualmente el eje no debe haber ninguna obstrucción en el deslizamiento del eje, ventilador y buen estado de las conexiones eléctricas.	Desgaste de rodamientos, retenedores, empaques, eje obstruido o desbalanceado.
2	Sobre carga en corriente de arranque	6 - 8 veces corriente nominal	-Alto torque resistivo necesita mayor corriente para romper la inercia. -Obstrucción en eje. (1) -Desgaste de rodamientos, empaques, retenedores.
3	Consumo excesivo de corriente	Variación proporcional en el crecimiento de corriente y carga aplicada.	-Alto torque resistivo (2) -Pérdida de una fase (5) -Obstrucción en eje (1) -Alta temperatura en bobinados
4	Torque elevado en arranque	Torque de arranque bajo	-Sobre carga en corriente de arranque (2) -Obstrucción en eje (1)
5	Falta de Fase	Consumo de tensión y corriente de línea similares en las tres fases RST	Consumo excesivo de corriente (3)
6	Variación de tensión excesiva	Variación en tensión menor al 10% a plena carga	Variación de tensión en acometida al equipo.
7	Deslizamiento	3 al 8%	-Mal estado de aislamientos y bobinados -Pérdida de fase. -Desgaste de rodamientos.
8	Variación drástica de torque, velocidad y corriente de alimentación al aumentar la carga	Variación proporcional de torque, corriente y carga mientras disminuye la velocidad angular	-Variación de tensión. (5) (6) -Alta temperatura en bobinados. -Corto circuito en bobinados (aislamiento de motor)
9	Rendimiento a valores nominales	Rendimiento $\geq 80\%$	-Alta temperatura en bobinados. -Corto circuito en bobinados (aislamiento de motor) (8) (7) (5) (3)

CONCLUSIONES

- ▶ El módulo desarrollado puede ser operable sobre una máquina asincrónica, con la finalidad de medir sus variables de entrada como son voltaje, corriente y de igual manera leer el estado de las variables de salida como son el torque y velocidad angular, para así caracterizar mediante la toma de datos un aprendizaje del trabajo realizado por el motor.
- ▶ Los sensores utilizados para la lectura de variables de entrada están basados en las leyes físicas y teoría del transformador; transformador reductor de potencial para el caso de voltaje y de núcleo partido para la medición de corriente, y un encoder rotativo que entrega pulsos digitales por ciclo de velocidad angular sensada. Cuyas señales sensadas y adecuadas para rangos admisibles, son recolectados por las tarjetas de adquisición de datos ARDUINO.
- ▶ El procesamiento de datos se lo realizó de dos maneras, con código abierto de ARDUINO para el cálculo del factor de potencia y medición de velocidad, y programación de bloques en el terminal LabVIEW para el procesamiento de señales de entrada, cálculos de potencia y muestra de datos digitalizados y muestreados en diagramas de curvas.
- ▶ La característica propia de un motor cuando se aplica una carga mecánica de torque resistivo en el eje, es de compensar la potencia mecánica con el decrecimiento de la velocidad y aumento de la intensidad de corriente de entrada.
- ▶ Una de las principales maneras de caracterizar a un motor es observando el deslizamiento, el equipo de prueba permite realizar la medición de este parámetro mediante la interpretación del valor de deslizamiento que muestra el óptimo desempeño de la máquina cuando se encuentra entre valores del 3% al 8% a plena carga, pudiendo así establecer el ciclo de vida en el cual se encuentra componentes como: aislamiento de motor, rodamientos, retenedores, bobinados, etc.
- ▶ La introducción de un sistema de control para el mantenimiento de equipos completamente integrados conlleva a una mayor eficiencia debido a la redundancia de equipos, menor costos de mantenimiento, cableado, reparaciones, operación, así como una notable mejora en la calidad y confiabilidad del suministro de la energía eléctrica al sistema.