



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ENERGIA Y MECANICA
CARRERA DE INGENIERÍA
AUTOMOTRIZ**

**“INVESTIGACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE INFORMACIÓN DE
DIAGNÓSTICO Y COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL
ELECTRÓNICO MULTIPUNTO FORD EFI”**

**AUTORES: SALAZAR BONILLA BYRON JOEL
PALLO CHUQUIMARCA ALEX DARIO**

**ING. GERMÁN ERAZO
DIRECTOR DE TESIS**



Objetivo General.

- Investigar los parámetros de información de diagnóstico y comportamiento del sistema de control electrónico multipunto Ford EFI.



Objetivos Específicos

- Obtener información bibliográfica referente al tema en fuentes seguras y confiables.
- Realizar la instalación total y puesta a punto del sistema de control electrónico Ford EFI.
- Elaborar protocolos de pruebas para la obtención de los parámetros de información de diagnóstico, a distintas condiciones de operación, referentes al sistema de control electrónico Ford EFI.



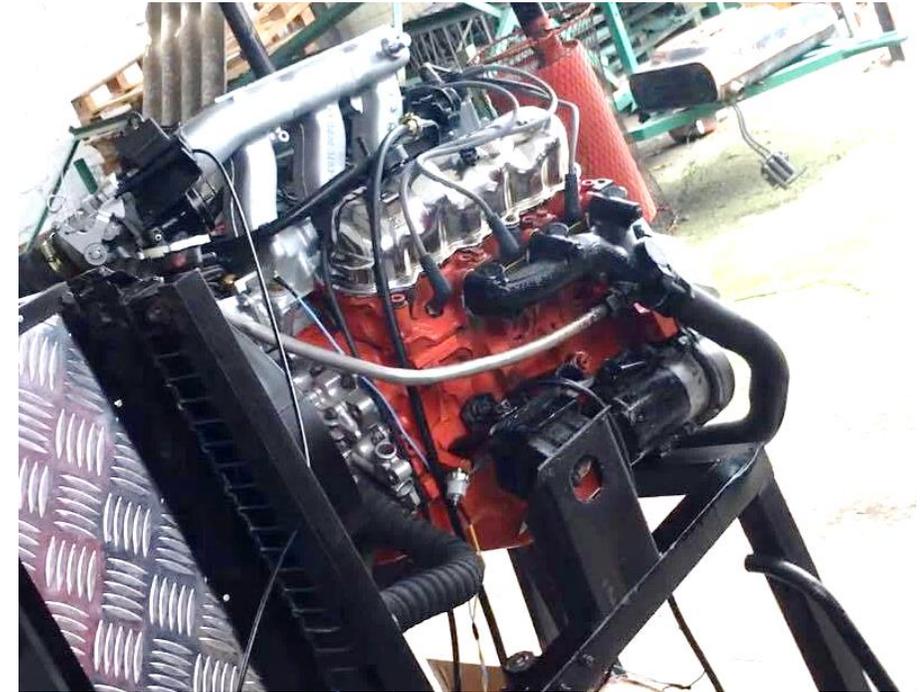
Objetivos Específicos

- Efectuar un análisis matemático de los parámetros de información de diagnóstico adquiridos, para la obtención de curvas y sus ecuaciones que representen el funcionamiento correcto de los sensores del sistema.
- Desarrollar guías interactivas utilizables mediante ordenadores, en las que se describa de manera minuciosa cada paso en el proceso de toma de parámetros de información de diagnóstico y el modelo matemático de cálculo de las funciones que representen la correcta operatividad de los sensores del sistema de control de inyección electrónica multipunto.



MOTOR FORD BRONCO II

- Es un motor V6 (60°) 2.9L de hierro fundido, construido originalmente por Ford Motor Company en Colonia, Alemania. Una de las características de este modelo es la incorporación de un solo árbol de levas entre los dos cabezotes. El árbol de levas es accionado por cadena en lugar de engranajes, de esta manera obtiene el mismo sentido de giro que el cigüeñal. Las cabezas de los cilindros tienen un colector de escape de tres puertos convencional.



Sistema de inyección de combustible ECC-IV de Ford

- Este sistema se encarga de coordinar la interacción de elementos electrónicos y mecánicos del motor permitiéndolo controlar la inyección de combustible.
- El motor del Ford Bronco II posee un sistema de inyección electrónica multipunto del tipo semi-secuencial.



Componentes del Sistema de inyección de combustible ECC-IV

Unidad de control electrónica



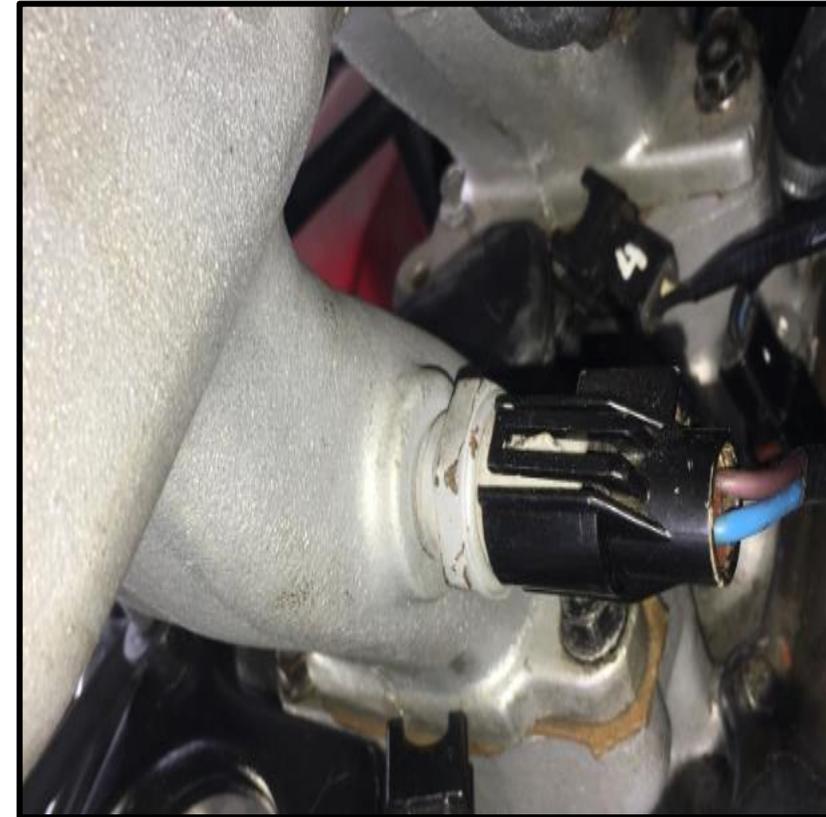
Componentes del Sistema de inyección de combustible ECC-IV

SENSORES

Sensor de temperatura del refrigerante ECT



Sensor de temperatura de aire ACT



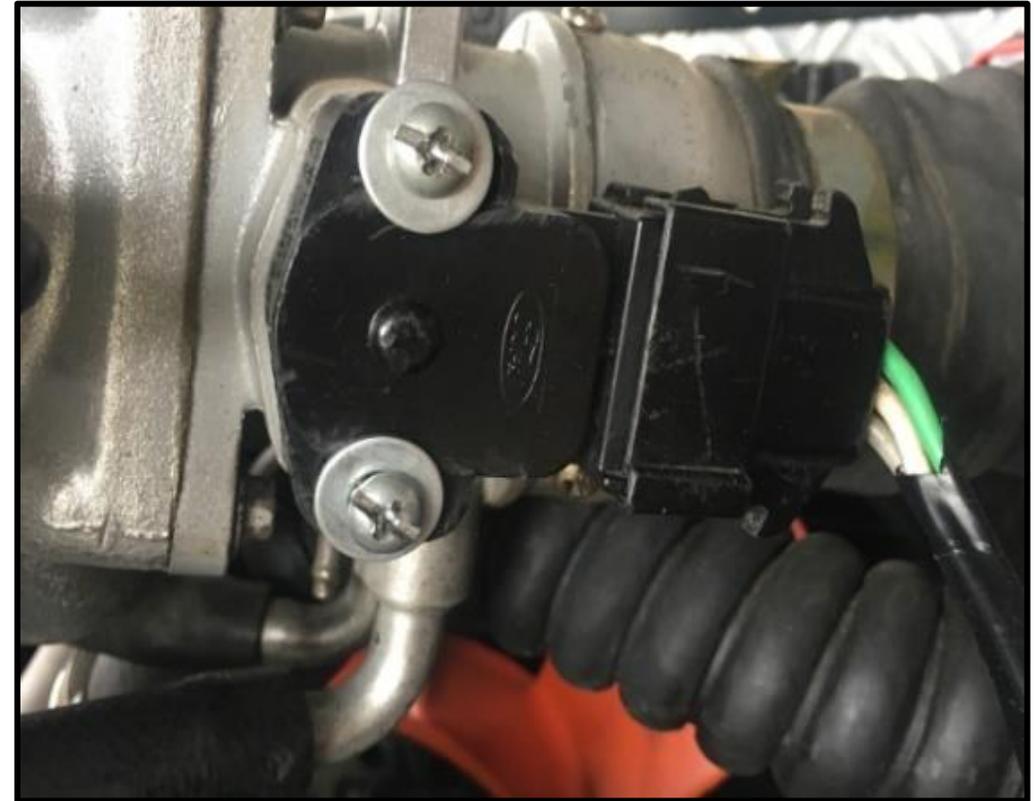
Componentes del Sistema de inyección de combustible ECC-IV

SENSORES

Sensor de presión absoluta del múltiple MAP



Sensor de la mariposa de aceleración TPS



Componentes del Sistema de inyección de combustible ECC-IV

SENSORES

Sensor de captación del perfil de ignición PIP



Sensor de oxígeno



Componentes del Sistema de inyección de combustible ECC-IV

ACTUADORES

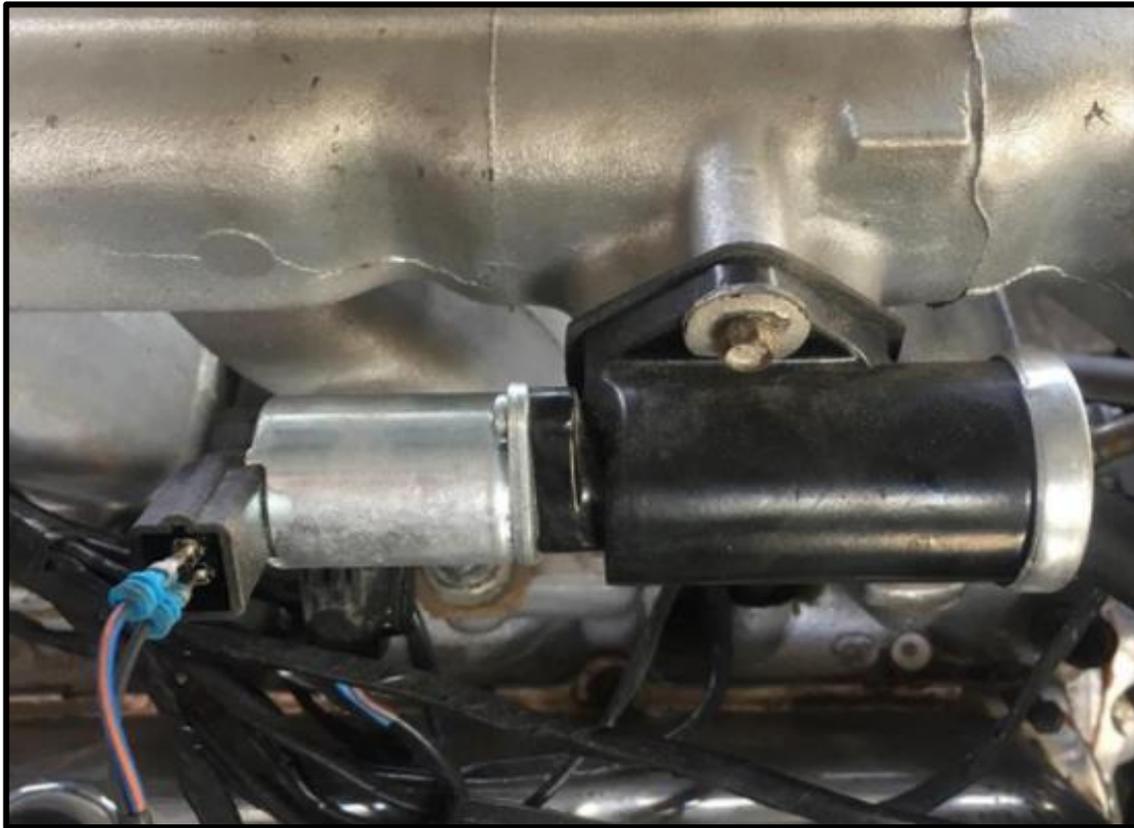
Inyectores



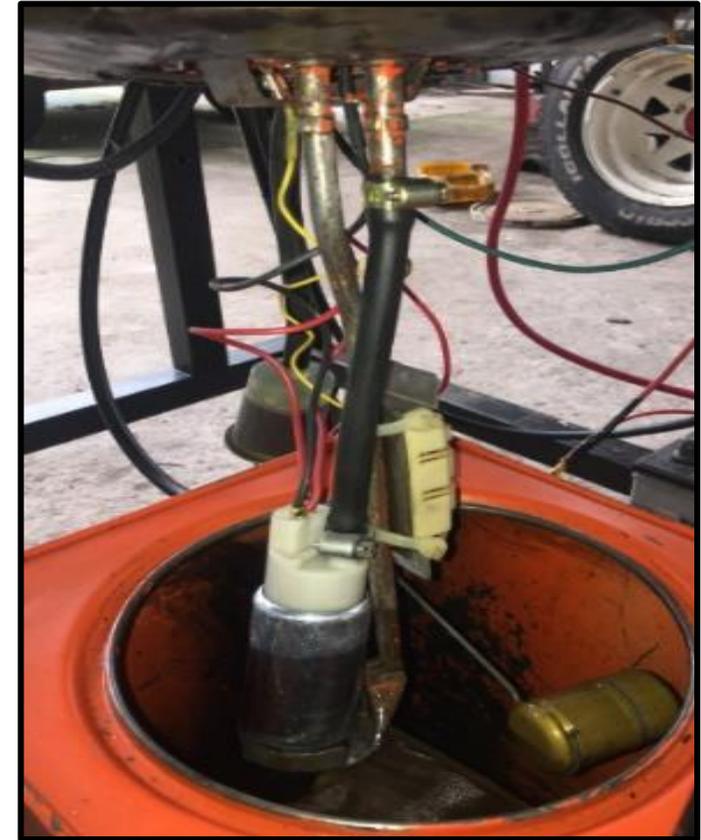
Componentes del Sistema de inyección de combustible ECC-IV

ACTUADORES

Válvula de control de aire en ralentí (IAC)

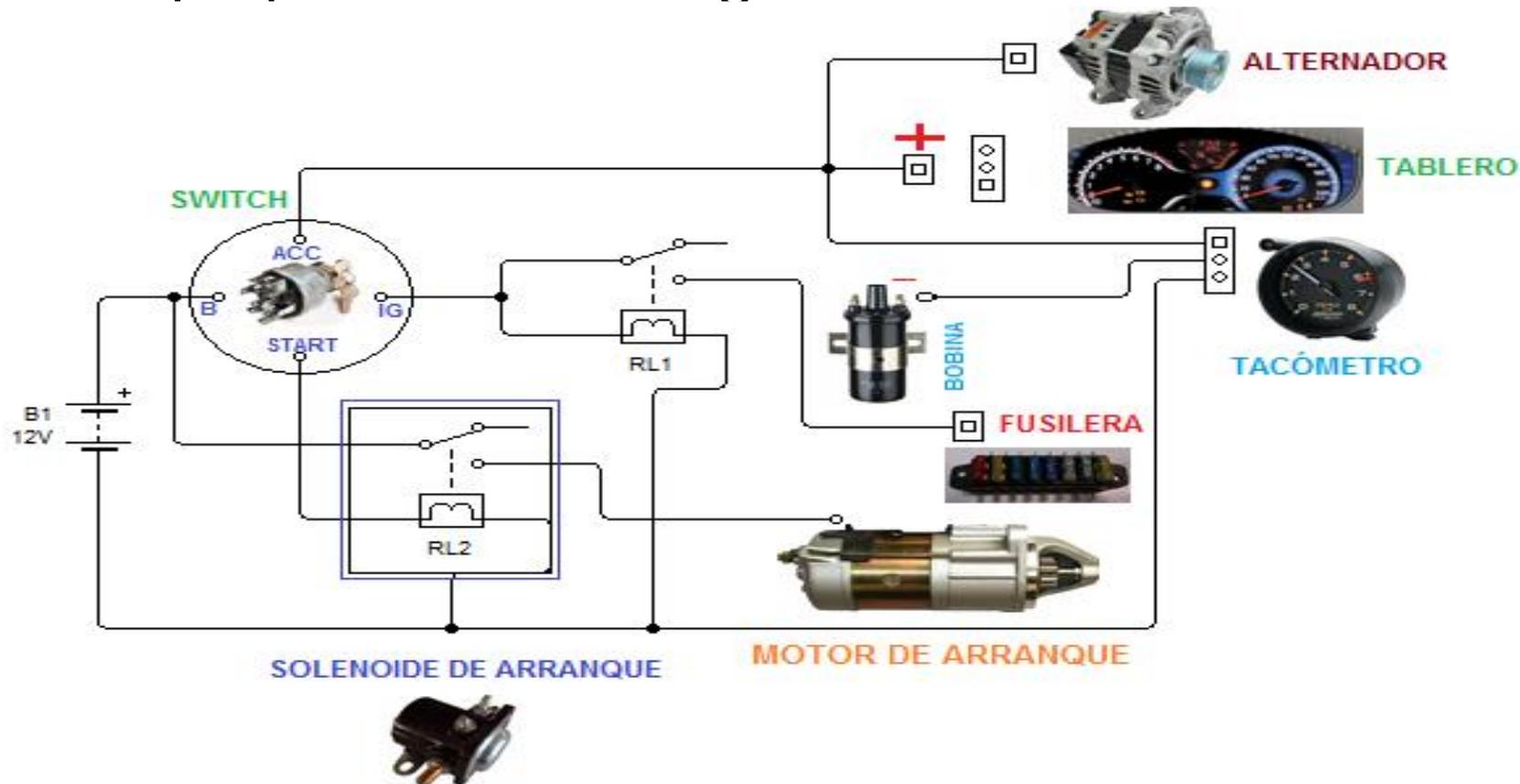


Bomba eléctrica de combustible



Instalación del sistema de control electrónico multipunto Ford EFI

La conexión del encendido, así como del tablero de control se realizó por fuente y opinión propia de los investigadores.

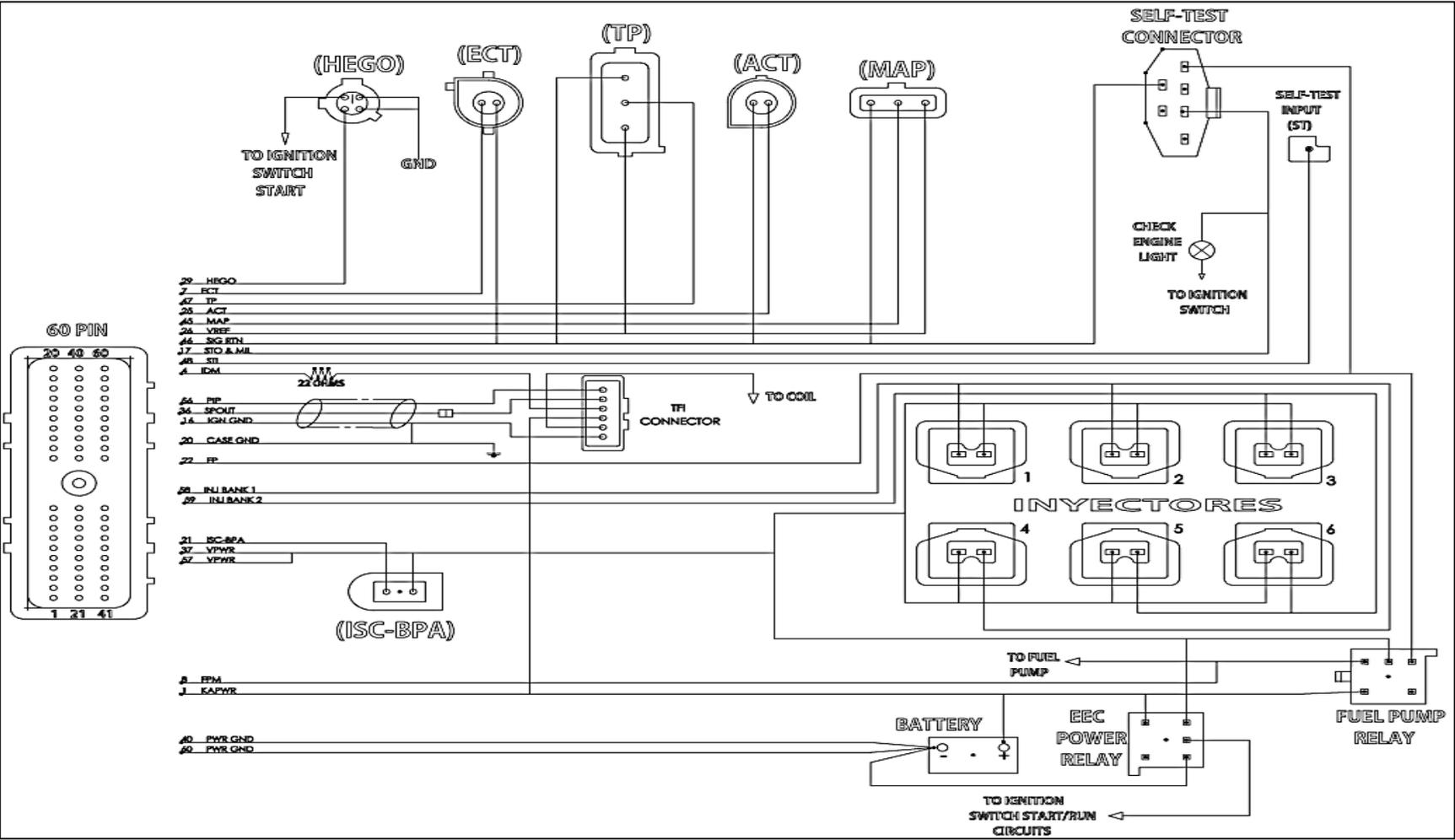


Instalación del sistema de control electrónico multipunto Ford EFI

La instalación del sistema de control de inyección electrónico multipunto Ford EFI, se la realizó siguiendo el lineamiento correspondiente a los componentes que dispone el banco de pruebas y que se presenta en su diagrama.

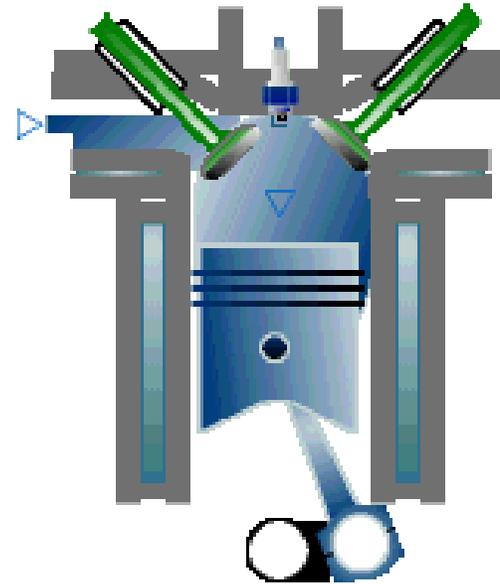


Diagrama del sistema de control de inyección electrónica



Puesta a punto del motor

Poner a punto el sistema de encendido, significa hacer saltar la chispa en el cilindro en el momento oportuno, es decir, disponer el distribuidor de tal forma, que las chispas salten en las bujías cuando los respectivos cilindros estén en condiciones de realizar la explosión



ADMISIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Pruebas del sensor de temperatura del refrigerante ECT

Medición	Temperatura (°C)	Resistencia del termistor (kΩ)	Voltaje de señal (V)
1	18	3.95	3.32
2	30.8	2.01	2.64
3	53.4	0.91	1.79
4	75.8	0.33	0.91
5	95.9	0.24	0.52



Pruebas del sensor de temperatura del refrigerante ACT

Medición	Temperatura (°C)	Resistencia del termistor (KΩ)	Voltaje de señal (V)
KOEO	18	43.4	1.46
KOER	20	45.5	1.54

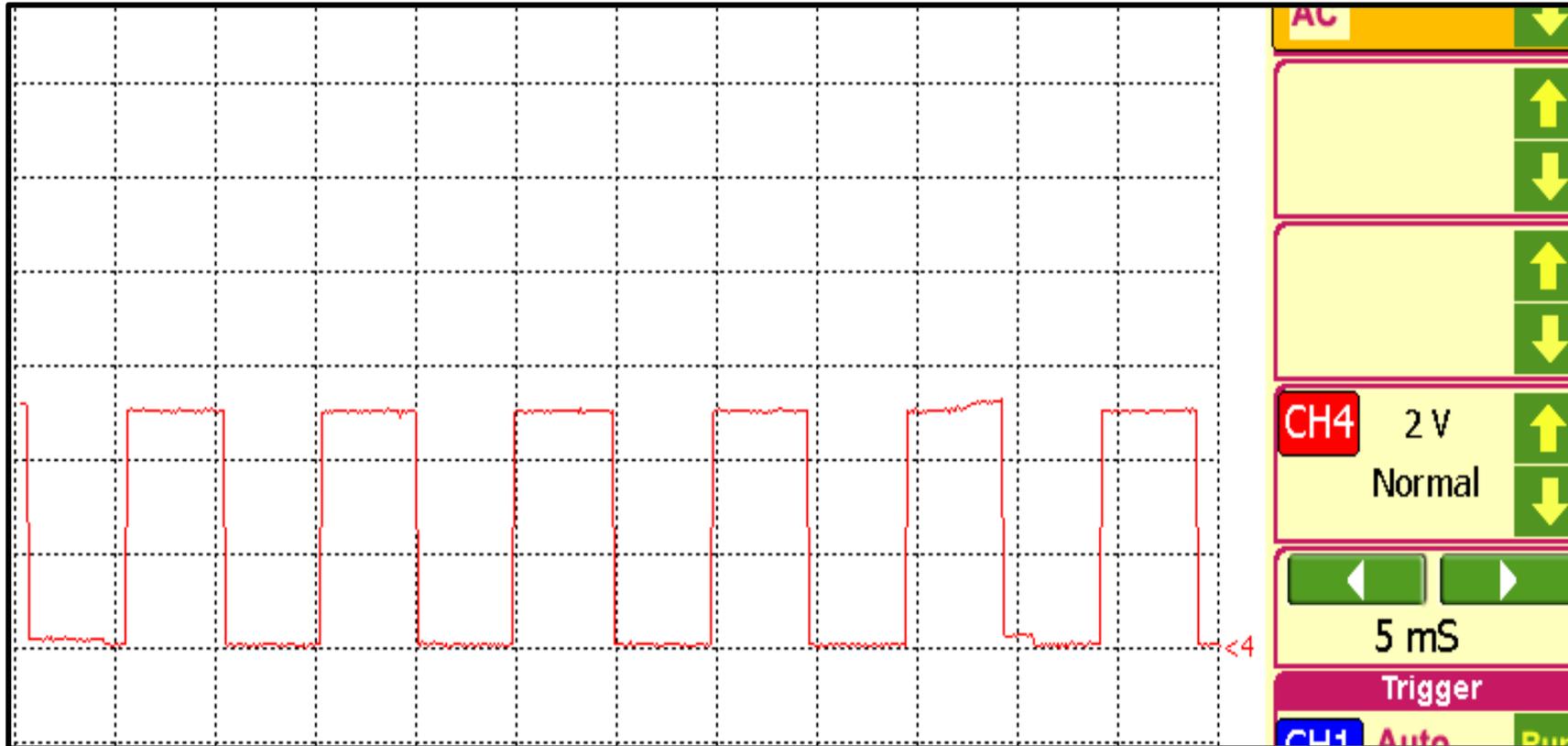


Pruebas del sensor de presión absoluta del múltiple de admisión MAP

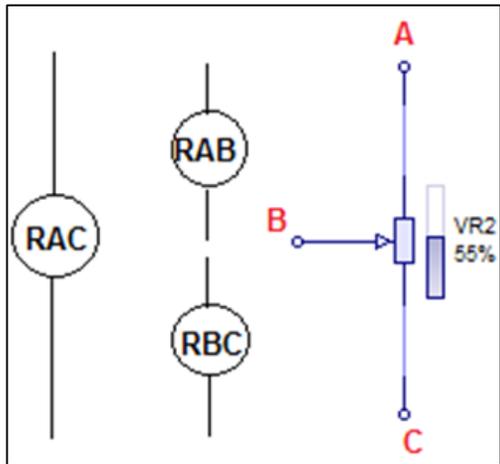
Medición	RPM	Frecuencia (Hz)	Presión de vacío (inHg)
1	0	138.12	7
2	1050	107.29	17
3	1250	103.74	20
4	1390	101.42	22
5	1800	94.49	25



Oscilograma del sensor de presión absoluta del múltiple de admisión MAP

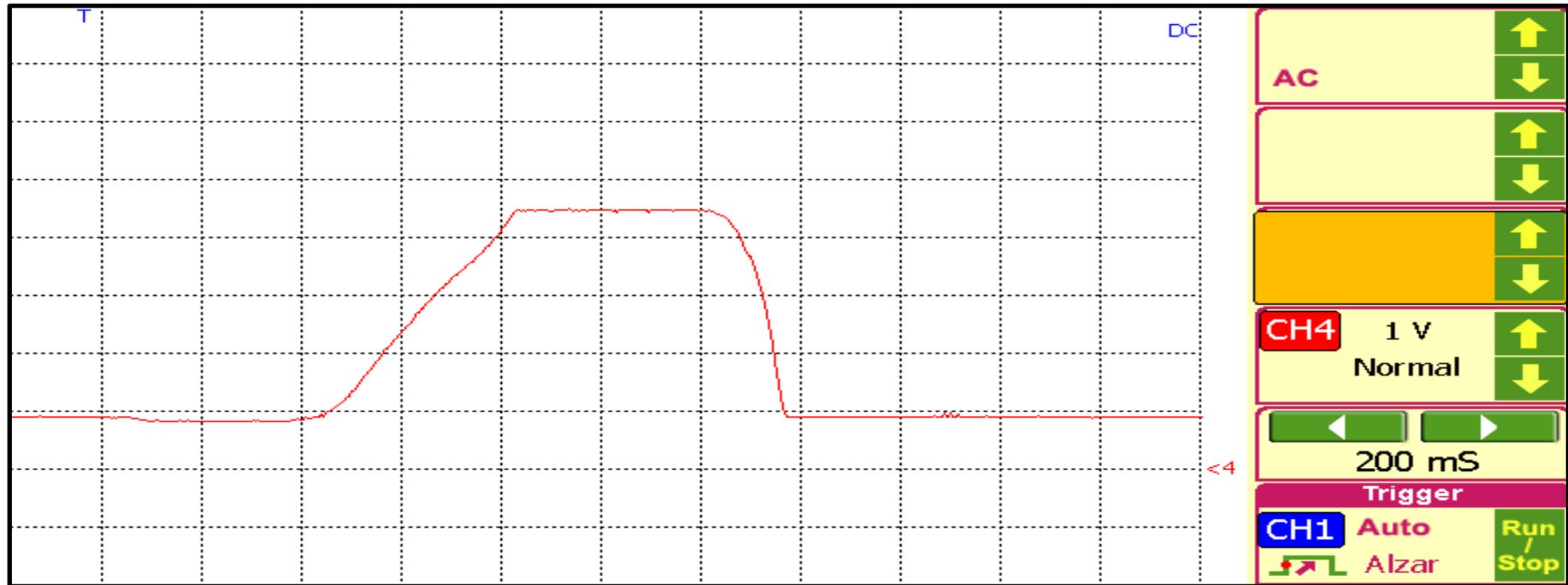


Pruebas del sensor de posición del acelerador TPS

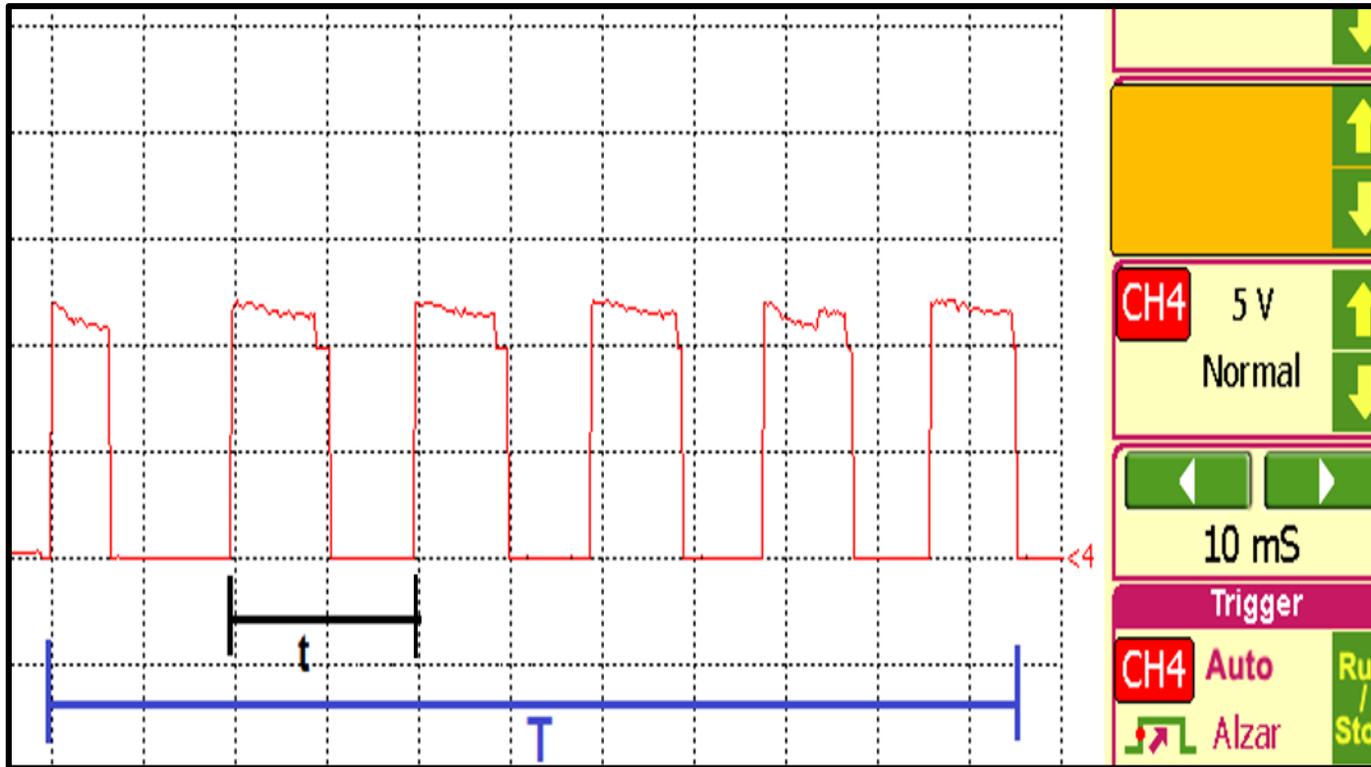


Medición	Apertura de la mariposa de aceleración (°)	Resistencia RAB (kΩ)	Resistencia RBC (kΩ)	Voltaje de señal (v)
1	0	4.09	1.37	0.97
2	18.1	3.91	2.25	1.56
3	38.3	3.09	2.59	2.21
4	60.2	1.79	3.04	3.18
5	79.4	0.99	3.88	4.09

Osciligrama del sensor de posición del acelerador TPS



Pruebas del sensor de captación de perfil de ignición PIP



$$T = \frac{120000}{RPM}$$

$$T = \#cil.* t$$

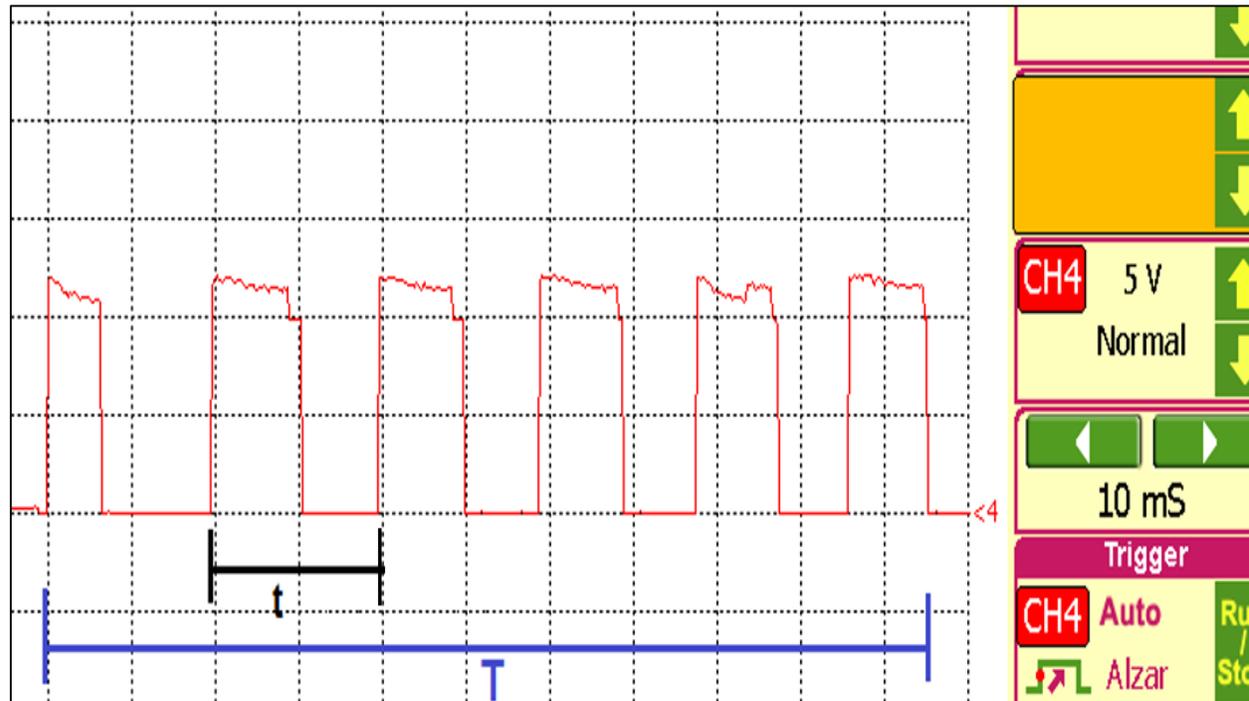
Donde:

T = período

t = período de un cilindro

$\# cil$ = número de cilindros del motor

Pruebas del sensor de captación de perfil de ignición PIP

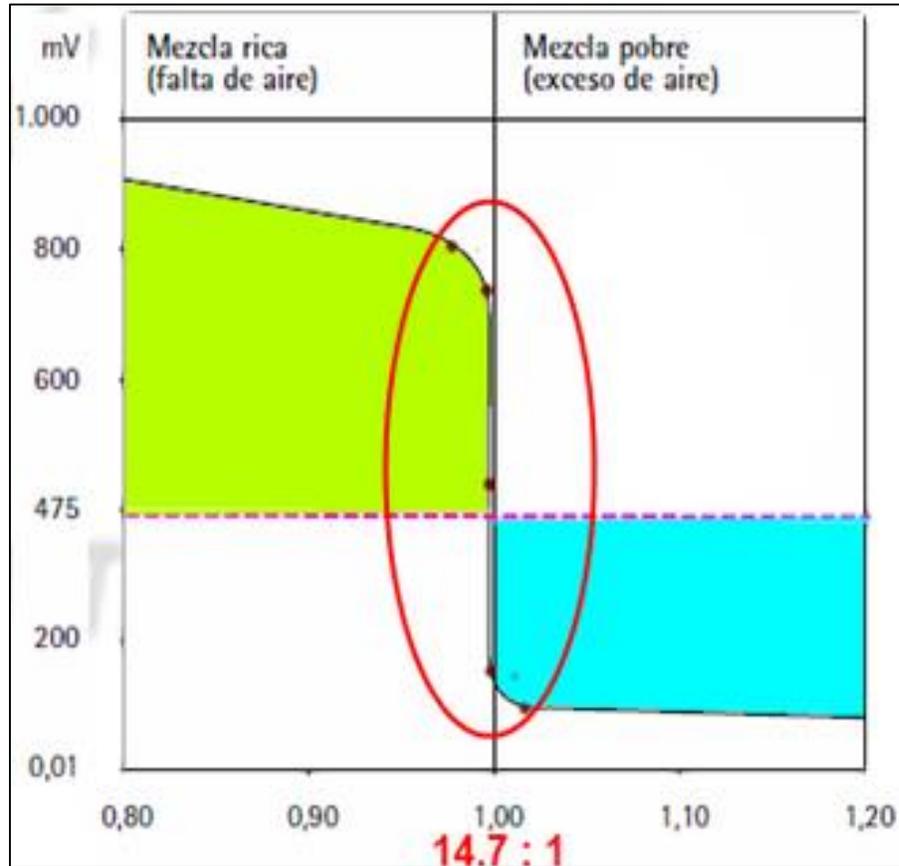


Descripción	Valor
RPM	1050
Número de cilindros	6
Período total medido (T)	105 ms
Período total calculado (T)	114.28 ms
Período de un cilindro medido (t)	19.5 ms
Período de un cilindro calculado (t)	19.05 ms

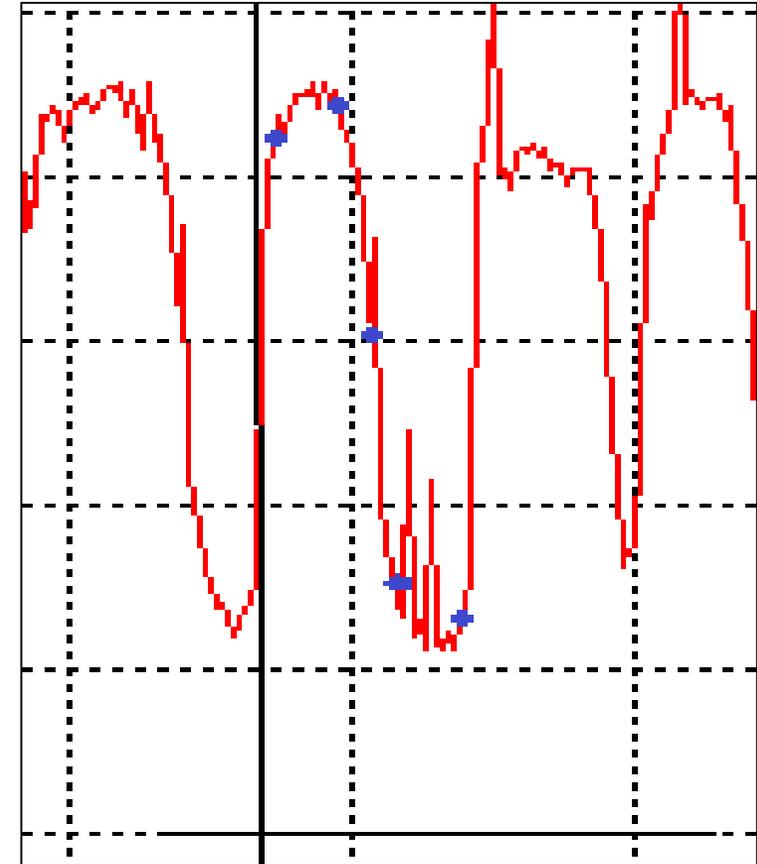
Oscilograma del sensor de oxígeno



Pruebas del sensor de oxígeno



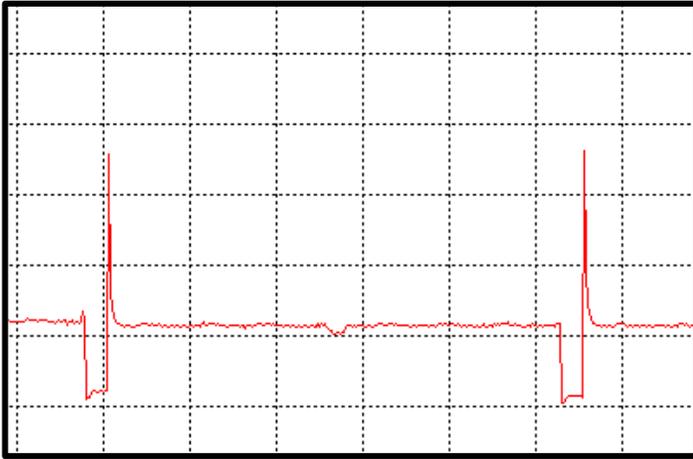
Curva de transferencia sensor de oxígeno



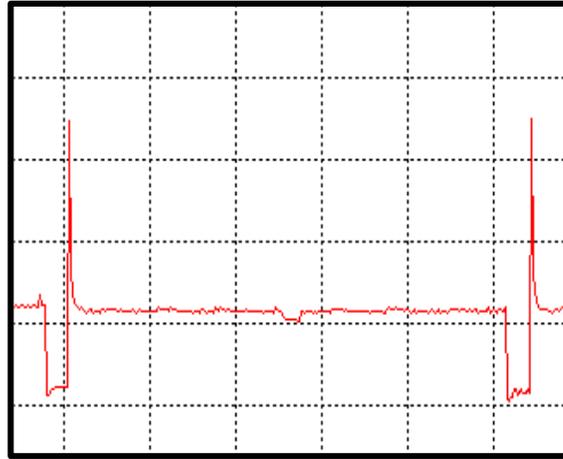
Puntos en la curva de transferencia del sensor de oxígeno

Oscilogramas de los inyectores

Cilindro # 1



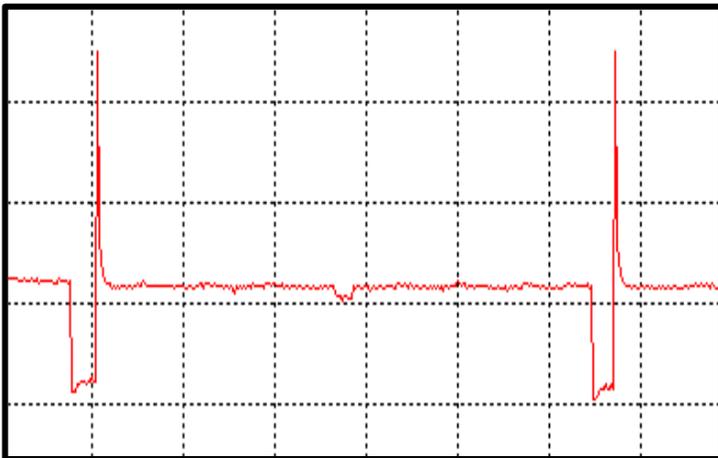
Cilindro # 2



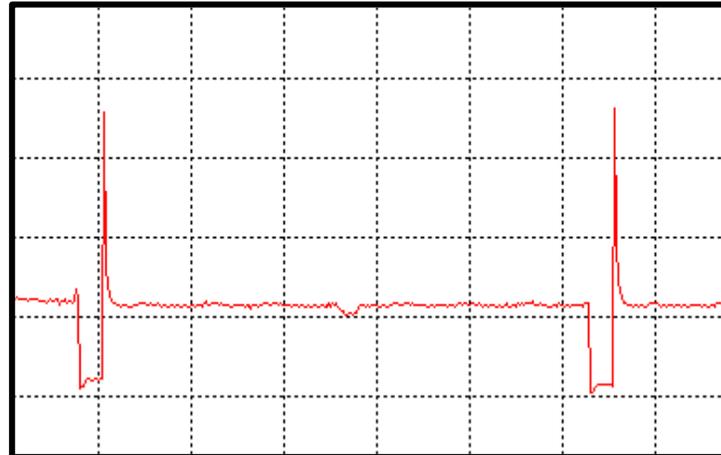
Cilindro # 3



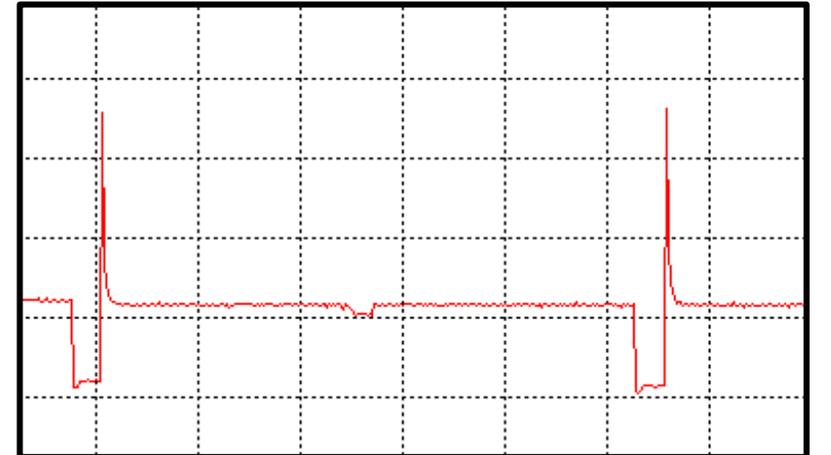
Cilindro # 4



Cilindro # 5



Cilindro # 6



Pruebas de los inyectores

Inyector	Resistencia del bobinado (Ω)	Voltaje de alimentación (V)	Voltaje de control de masa (V)	Períodos en el oscilograma (ms)		Relación de ciclo de trabajo CT (%)
				Ti	Toff	
1	2.6	11.93	21.7	5.5	104	5.023
2	2.7	11.94	20.9	6	103	5.505
3	2.6	11.94	4.2	6	114	5
4	14.4	11.93	24.3	6	109	5.217
5	2.6	11.93	4.8	5	105	4.545
6	14.5	11.92	3.9	5	104	4.587

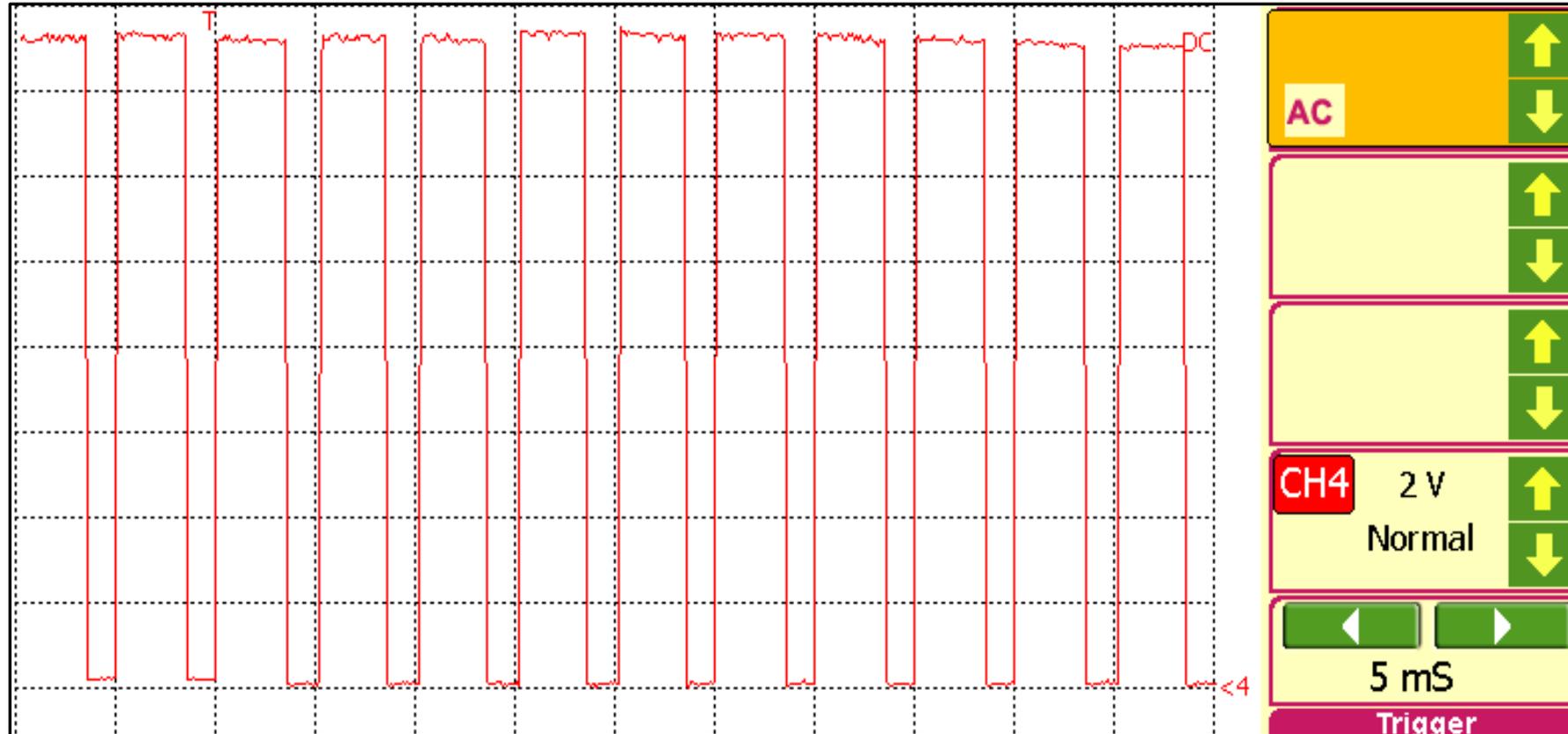


Pruebas de la válvula IAC

Descripción	Valor
Resistencia del bobinado (Ω)	9.8
Voltaje de alimentación (v)	11.79
Voltaje de control de masa (mv)	88.3



Oscilograma de la válvula IAC



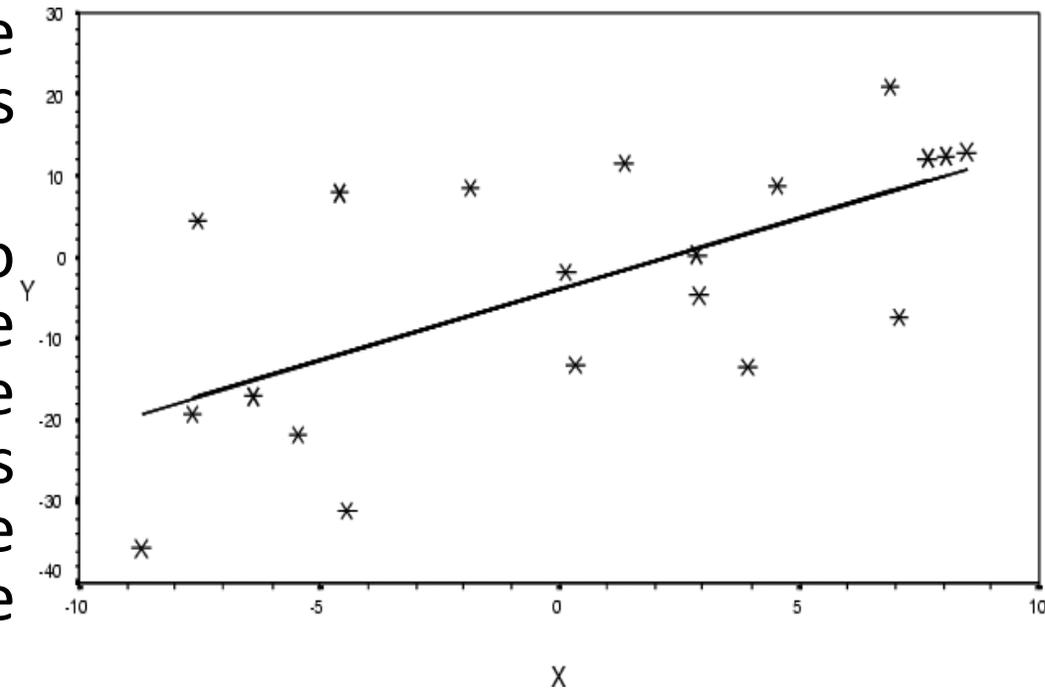
MODELO MATEMÁTICO APLICADO A LOS PARÁMETROS DE INFORMACIÓN DE DIAGNÓSTICO



Regresión

Regresión

- Prever la evolución de una variable estudiando su historia y/o relación con otras variables.
- Examina la relación entre dos variables, pero restringiendo una de ellas con el objeto de estudiar las variaciones de una variable cuando la otra permanece constante. En otras palabras, la regresión es un método que se emplea para predecir el valor de una variable en función de valores dados a la otra variable



Regresión

Regresión lineal

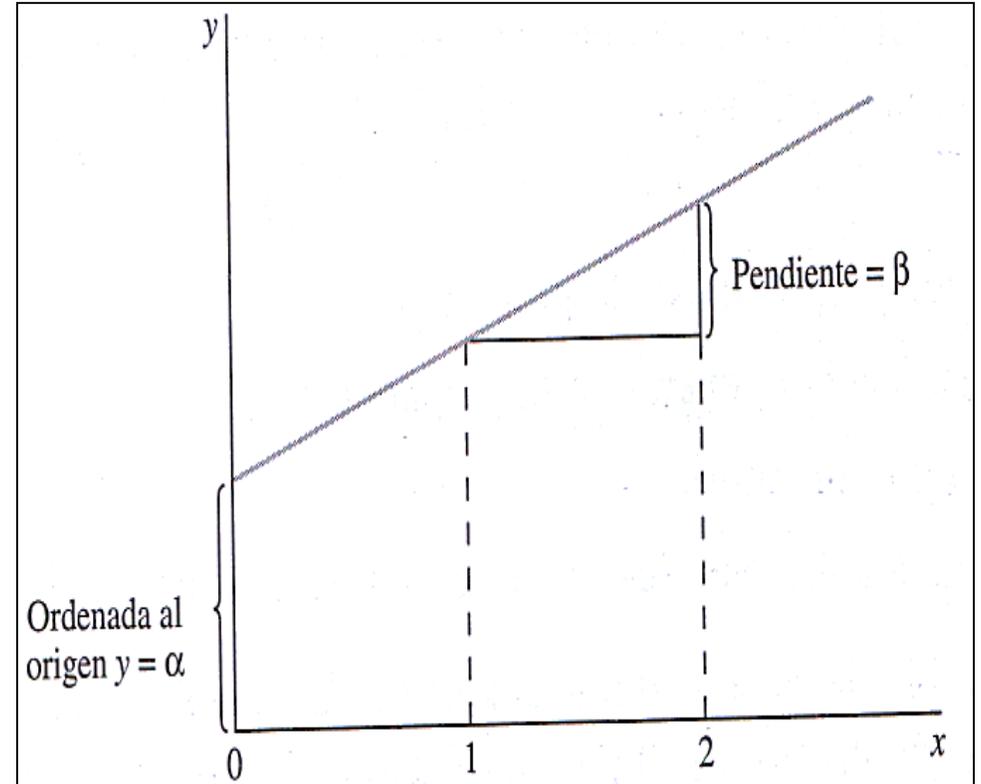
Se considera el problema de intentar predecir el valor de una respuesta “y” con base en el valor de una variable independiente “x” y se empieza por suponer que la variable de interés, “y”, se relaciona linealmente con una variable independiente.

$$y = \alpha + \beta x$$

Donde:

α = Ordenada al origen “y” (el valor de “y” cuando $x=0$)

β = Pendiente de la recta definida como el cambio en “y” para un cambio unitario en “x”



Regresión

Regresión lineal

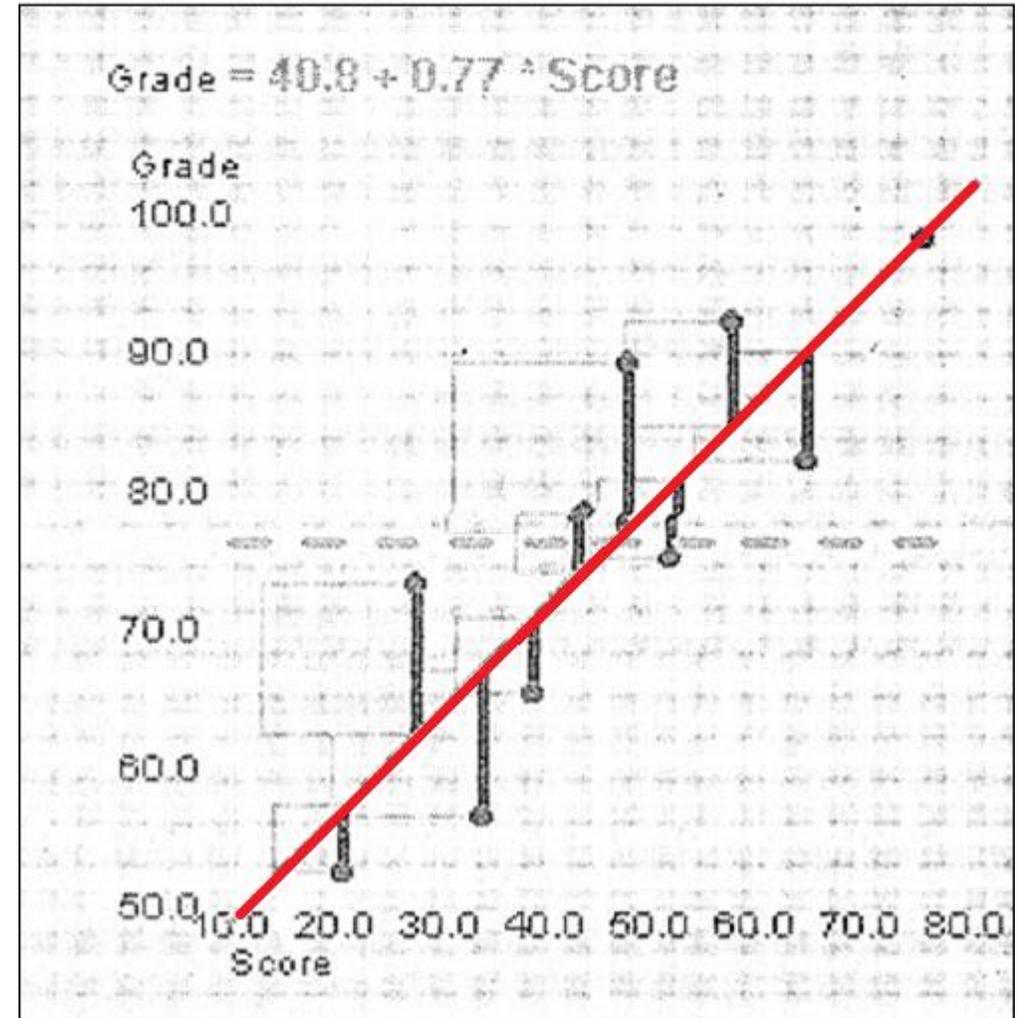
Método de mínimos cuadrados

El procedimiento estadístico para encontrar la recta del mejor ajuste para un conjunto de datos bivariados realiza en forma matemática lo que normalmente se hace de manera visual cuando mueve una regla hasta que considera que ha minimizado las distancias verticales, o desviaciones, desde la regla a un conjunto de puntos

$$\hat{y} = a + bx$$

Donde:

a y b = estimaciones de los parámetros conocidos como ordenada al origen y pendiente (α y β). p. 506



Regresión

Regresión lineal

Estimadores de mínimos cuadrados

$$\hat{y} = a + bx$$

$$b = \frac{S_{xy}}{S_{xx}}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n}$$

$$S_{xy} = \sum x_i y_i - \frac{(\sum x_i)(\sum y_i)}{n}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$S_{xx} = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}$$

Donde:

a y b = Estimadores de mínimos cuadrados de α y β .

\bar{y} , \bar{x} = Medias aritméticas de x e y .

S_{xy} , S_{xx} = Cantidades

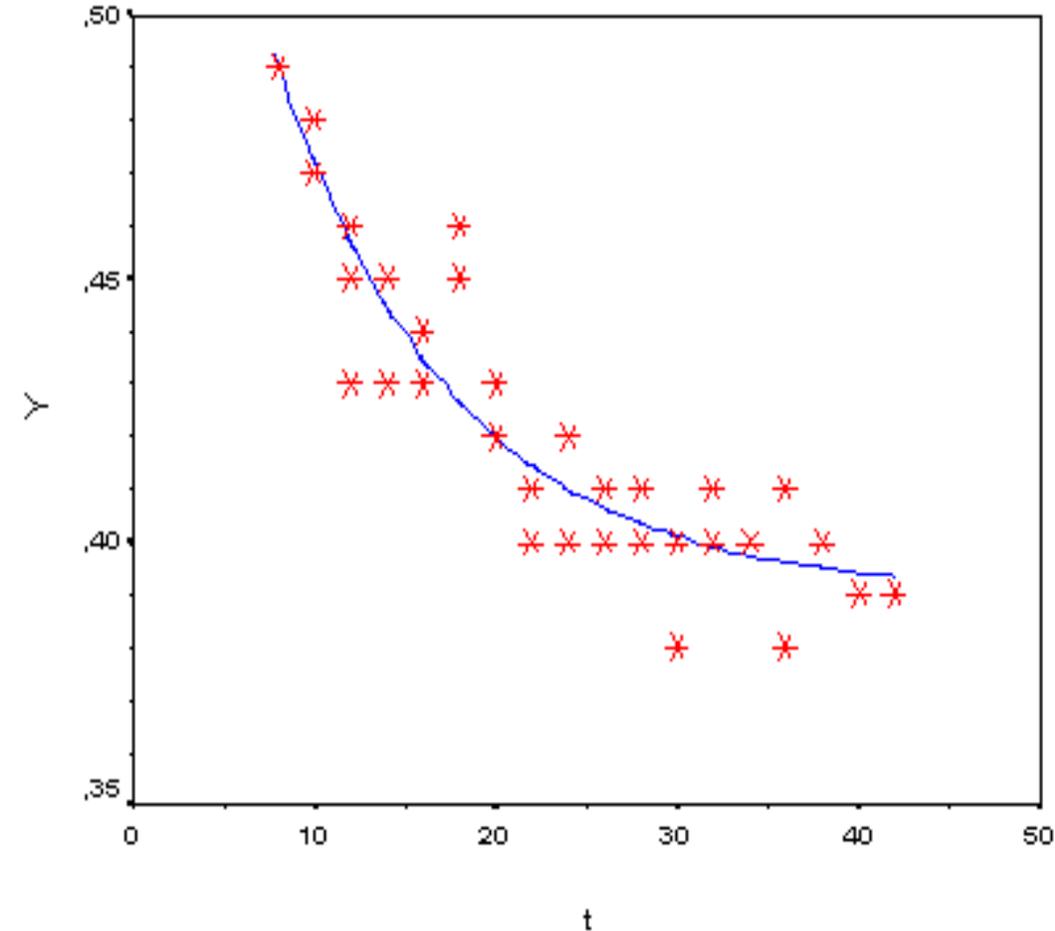
n = Número de valores a analizar



Regresión

Regresión no lineal

Sucede cuando dos variables “x” e “y” están relacionadas de cualquier manera excepto de forma lineal. Se analizará la regresión exponencial y polinomial como objeto de estudio para la presente investigación.



Regresión

Regresión no lineal

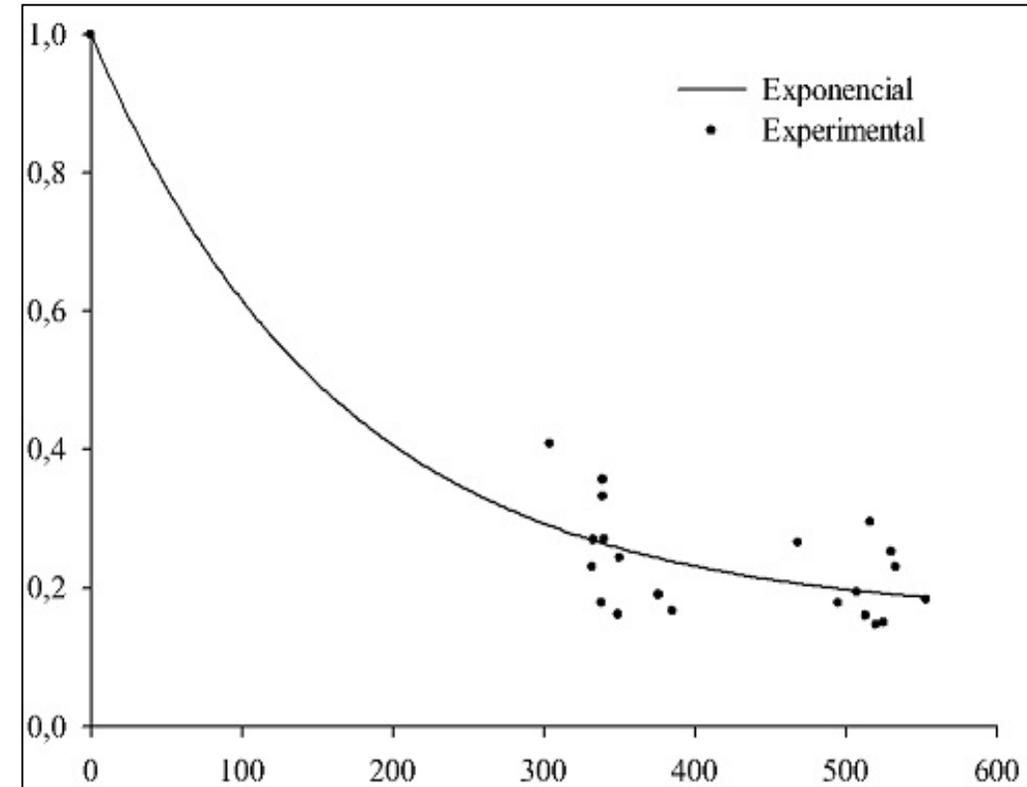
Regresión exponencial

Se considera regresión exponencial cuando la curva de “y” sobre ‘x’ es exponencial.

$$y = \alpha \cdot \beta^x$$

Donde:

α y β = estimaciones de los parámetros conocidos de la curva.



Regresión

Regresión no lineal

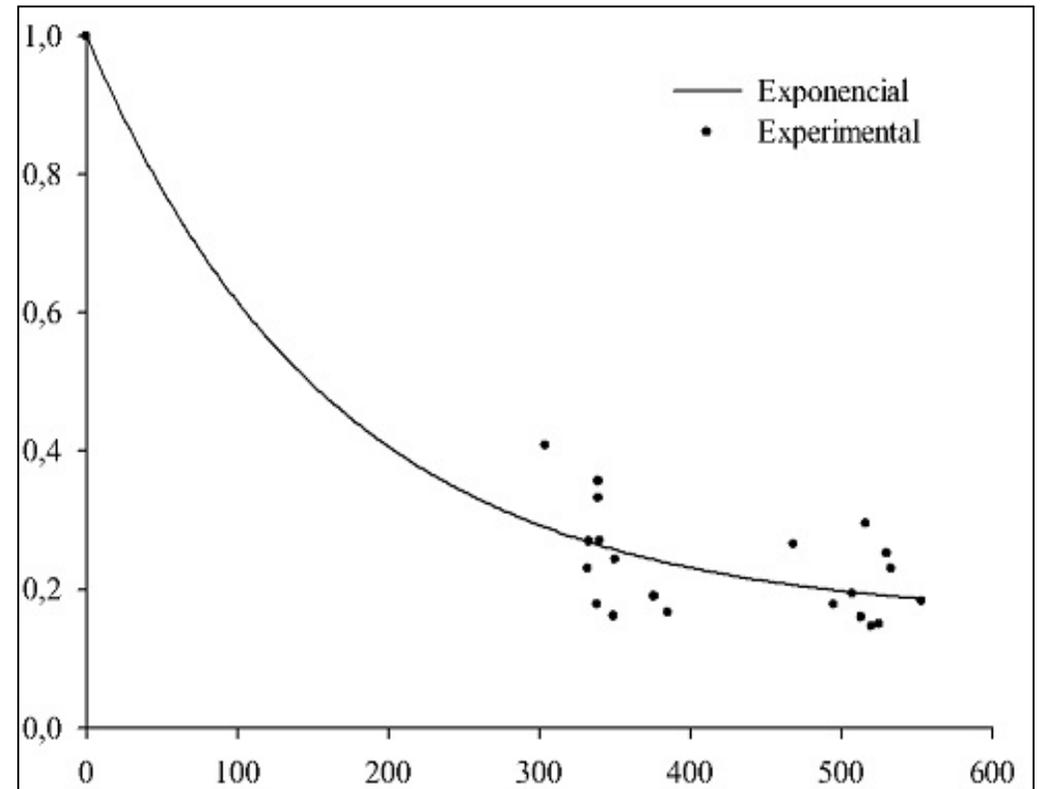
Regresión exponencial

$$y = \alpha \cdot \beta^x$$

$$\log y = \log \alpha + x \log \beta$$

$$\sum \log y = \log \alpha \cdot N + \log \beta \cdot \sum x$$

$$\sum x \cdot \log y = \log \alpha \cdot \sum x + \log \beta \cdot \sum x^2$$



Regresión

Regresión no lineal

Regresión polinomial

Se usa cuando las variables presentes en el análisis muestran un comportamiento curvilíneo o no lineal, los estimadores de los parámetros de dicho modelo se obtienen mediante el empleo de mínimos cuadrados

$$a \cdot n + b \cdot \sum x_i + c \cdot \sum x_i^2 + d \cdot \sum x_i^3 = \sum y_i$$

$$a \cdot \sum x_i + b \cdot \sum x_i^2 + c \cdot \sum x_i^3 + d \cdot \sum x_i^4 = \sum x_i y_i$$

$$a \cdot \sum x_i^2 + b \cdot \sum x_i^3 + c \cdot \sum x_i^4 + d \cdot \sum x_i^5 = \sum x_i^2 y_i$$

$$a \cdot \sum x_i^3 + b \cdot \sum x_i^4 + c \cdot \sum x_i^5 + d \cdot \sum x_i^6 = \sum x_i^3 y_i$$



Regresión

Regresión no lineal

Regresión polinomial

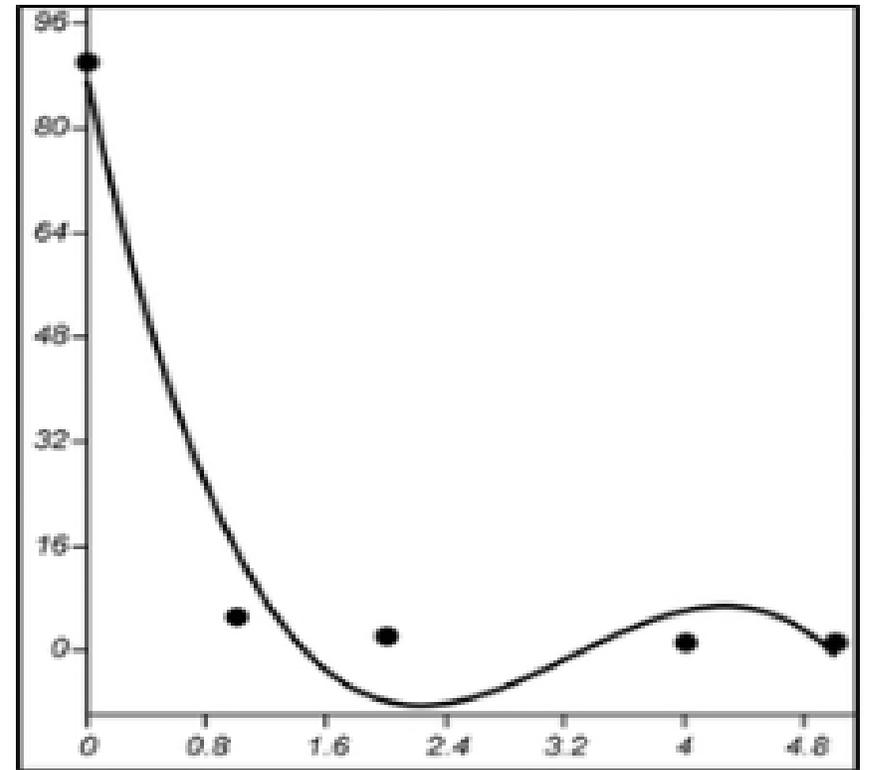
$$y = a + bx + cx^2 + dx^3$$

$$a \cdot n + b \cdot \sum x_i + c \cdot \sum x_i^2 + d \cdot \sum x_i^3 = \sum y_i$$

$$a \cdot \sum x_i + b \cdot \sum x_i^2 + c \cdot \sum x_i^3 + d \cdot \sum x_i^4 = \sum x_i y_i$$

$$a \cdot \sum x_i^2 + b \cdot \sum x_i^3 + c \cdot \sum x_i^4 + d \cdot \sum x_i^5 = \sum x_i^2 y_i$$

$$a \cdot \sum x_i^3 + b \cdot \sum x_i^4 + c \cdot \sum x_i^5 + d \cdot \sum x_i^6 = \sum x_i^3 y_i$$



Series de Fourier

Toda función periódica de período T puede ser expresada como una suma trigonométrica de senos y cosenos del mismo período T .

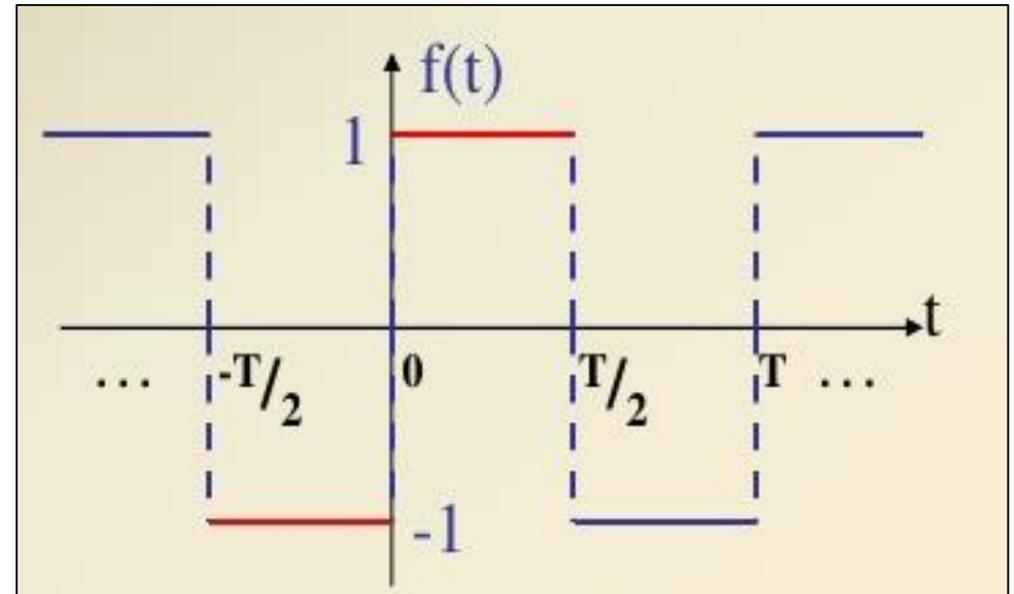
$$f(t) = f(t + T)$$



Series de Fourier

Series trigonométricas de Fourier

Estas series convergen a los valores de $f(t)$ en todos los puntos del intervalo $[0, T]$ con posibles excepciones en los puntos de discontinuidad y los puntos extremos del intervalo



Series de Fourier

Series trigonométricas de Fourier

$$f(t) = \frac{1}{2}a_0 + a_1 \cos(\omega_0 t) + a_2 \cos(2\omega_0 t) + \dots \\ + b_1 \sin(\omega_0 t) + b_2 \sin(2\omega_0 t) + \dots$$

Expresándola en términos generales:

$$f(t) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(n\omega_0 t) + b_n \sin(n\omega_0 t)]$$

Donde:

ω_0 = frecuencia fundamental

n = número de armónicos, valores de n para los que se calcula la ecuación.

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$$

n = # de cilindros . T



Series de Fourier

Series trigonométricas de Fourier

Coeficientes de las series trigonométricas de Fourier

Se calculan mediante expresiones, que van de la mano del período de la función a analizar

$$f(t) = \begin{cases} a, & t_0 < t < c \\ b, & d < t < t_f \end{cases}$$

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_f} f(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_f} f(t) \cos(n \omega_0 t) dt \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_f} f(t) \sin(n \omega_0 t) dt \quad n = 1, 2, 3, \dots$$



Series de Fourier

Series trigonométricas de Fourier

Coeficientes de las series trigonométricas de Fourier

Se calculan mediante expresiones, que van de la mano del período de la función a analizar

$$f(t) = \begin{cases} a, & t_0 < t < c \\ b, & d < t < t_f \end{cases}$$

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_f} f(t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_f} f(t) \cos(n \omega_0 t) dt \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_f} f(t) \sin(n \omega_0 t) dt \quad n = 1, 2, 3, \dots$$



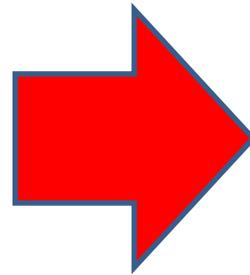
ANÁLISIS DE RESULTADOS



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Resistencia del sensor vs temperatura del refrigerante

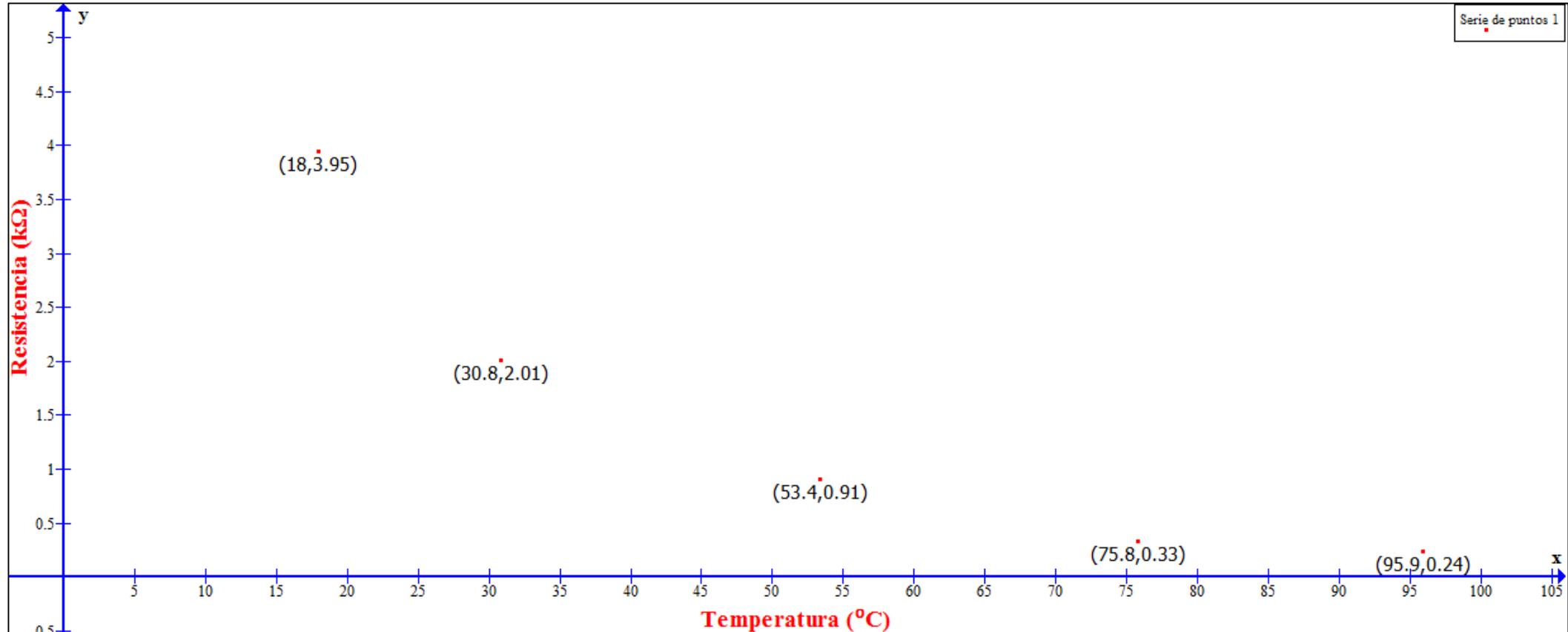
Medición	Temperatura (°C)	Resistencia del sensor (kΩ)	Voltaje de señal (V)
1	18	3.95	3.32
2	30.8	2.01	2.64
3	53.4	0.91	1.79
4	75.8	0.33	0.91
5	95.9	0.24	0.52



Nº	Y (resistencia del sensor)	X (temperatura)
1	3.95	18
2	2.01	30.8
3	0.91	53.4
4	0.33	75.8
5	0.24	95.9

Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Resistencia del sensor vs temperatura del refrigerante



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Resistencia del sensor vs temperatura del refrigerante

Nº	X	Y	logY	X ²	X.logY
1	18	3.95	0.596	324	10.738
2	30.8	2.01	0.303	948.64	9.338
3	53.4	0.91	-0.040	2851.56	-2.187
4	75.8	0.33	-0.481	5745.64	-36.496
5	95.9	0.24	-0.619	9196.81	-59.437
	$\sum X$ = 273.9		$\sum \log Y = -0.242$	$\sum X^2$ = 19066.65	$\sum X \cdot \log Y$ = -78.044



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Resistencia del sensor vs temperatura del refrigerante

$$\begin{cases} \sum \log y = \log \alpha \cdot N + \log \beta \cdot \sum x \\ \sum x \cdot \log y = \log \alpha \cdot \sum x + \log \beta \cdot \sum x^2 \end{cases}$$

$N = 5$ (Número de datos del sensor)

$$\log \alpha = \frac{\Delta \alpha}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} -0.242 & 273.9 \\ -78.044 & 19066.65 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 5 & 273.9 \\ 273.9 & 19066.65 \end{vmatrix}}$$

$$\log \alpha = \frac{-4614.129 - (-21376.252)}{95333.25 - 75021.21}$$

$$\log \alpha = \frac{16762.123}{20312.04}$$

$$\log \alpha = 0.825$$

$$\alpha = \mathbf{6.68071315}$$

$$\log \beta = \frac{\Delta \beta}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 5 & -0.242 \\ 273.9 & -78.044 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 5 & 273.9 \\ 273.9 & 19066.65 \end{vmatrix}}$$

$$\log \beta = \frac{-390.22 - (-66.284)}{95333.25 - 75021.21}$$

$$\log \beta = \frac{-323.936}{20312.04}$$

$$\log \beta = -0.0159$$

$$\beta = \mathbf{0.96395742}$$

$$\begin{cases} 5 \cdot \log \alpha + 273.9 \cdot \log \beta = -0.242 \\ 273.9 \log \alpha + 19066.65 \cdot \log \beta = -78.044 \end{cases}$$

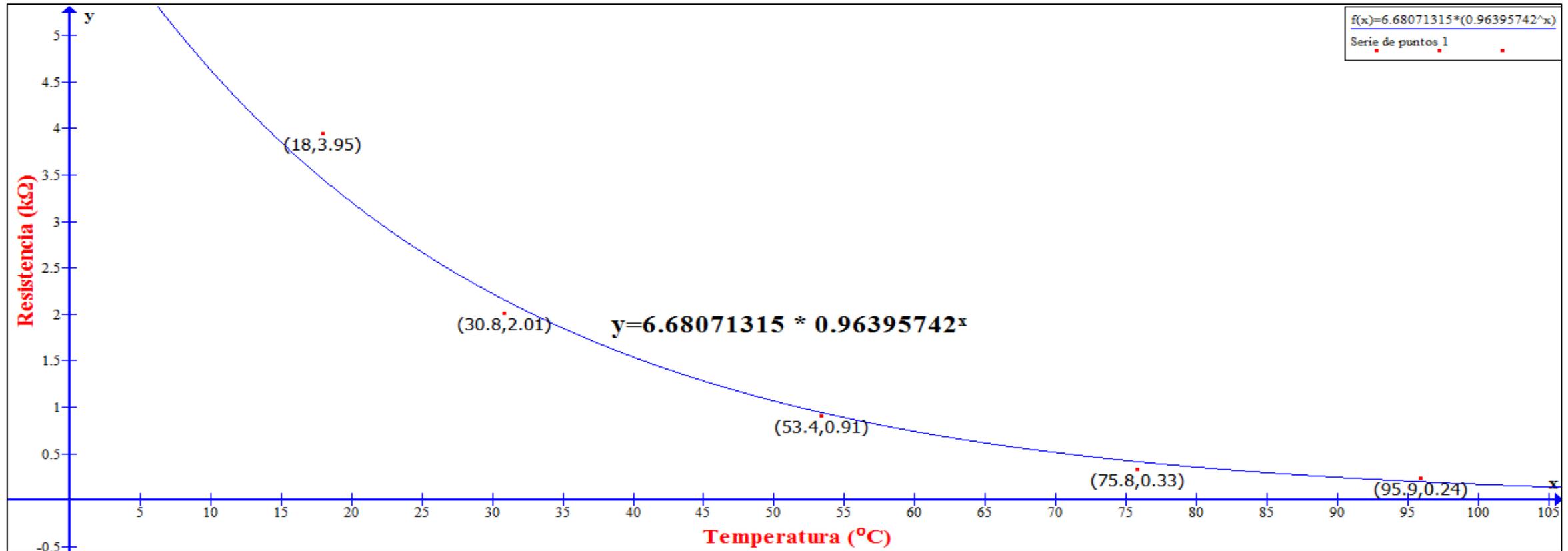


Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Resistencia del sensor vs temperatura del refrigerante

$$y = \alpha \cdot \beta^x$$

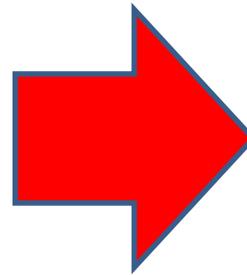
$$y = 6.68071315 \cdot 0.96395742^x$$



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Voltaje de señal vs temperatura del refrigerante

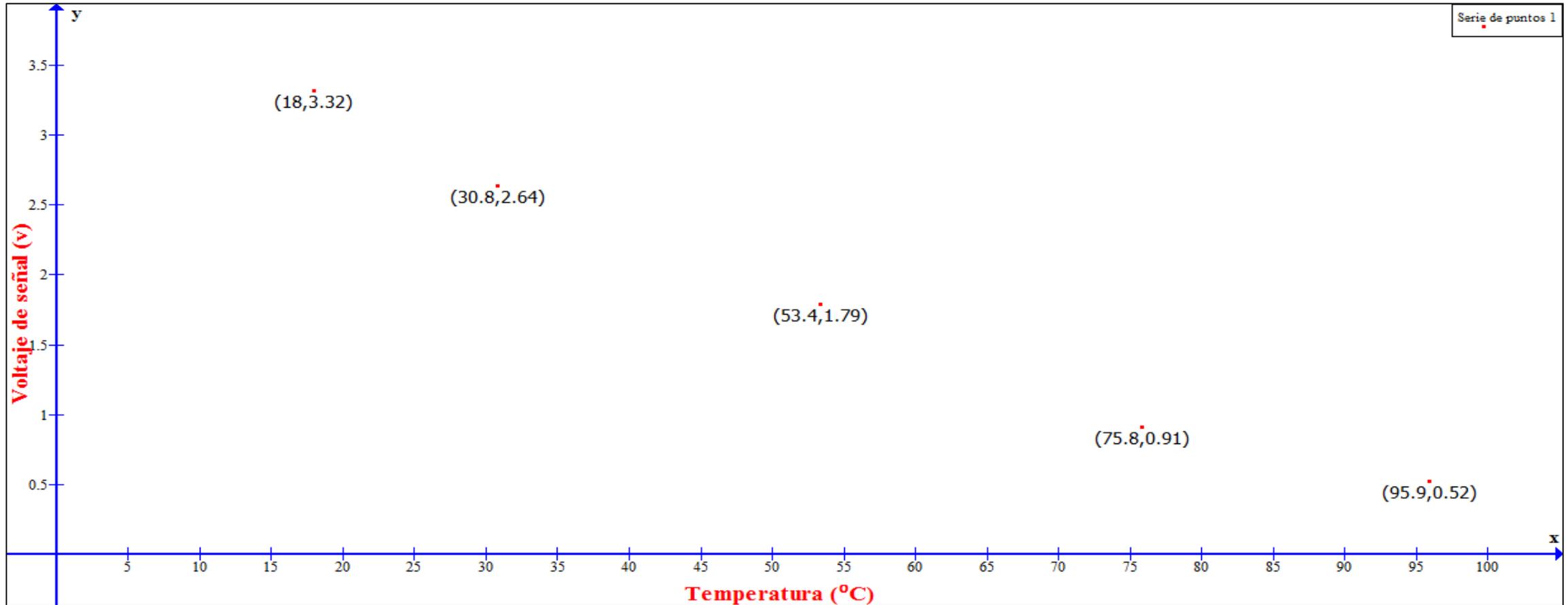
Medición	Temperatura (°C)	Resistencia del sensor (kΩ)	Voltaje de señal (V)
1	18	3.95	3.32
2	30.8	2.01	2.64
3	53.4	0.91	1.79
4	75.8	0.33	0.91
5	95.9	0.24	0.52



Nº	Y (voltaje de señal)	X (temperatura)
1	3.32	18
2	2.64	30.8
3	1.79	53.4
4	0.91	75.8
5	0.52	95.9

Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Voltaje de señal vs temperatura del refrigerante



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Voltaje de señal vs temperatura del refrigerante

Nº	X	Y	logY	X ²	X.logY
1	18	3.32	0.547	400	10.94
2	30.8	2.64	0.164	1600	6.56
3	53.4	1.79	-0.176	3600	-10.56
4	75.8	0.91	-0.479	6400	-38.32
5	95.9	0.52	-0.752	10000	-75.2
	$\sum X$ = 273.9		$\sum \log Y = 0.871$	$\sum X^2$ = 19066.65	$\sum X \cdot \log Y$ = 5.528



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Voltaje de señal vs temperatura del refrigerante

$$\begin{cases} \sum \log y = \log \alpha \cdot N + \log \beta \cdot \sum x \\ \sum x \cdot \log y = \log \alpha \cdot \sum x + \log \beta \cdot \sum x^2 \end{cases}$$

$N = 5$ (Número de datos del sensor)

$$\log \alpha = \frac{\Delta \alpha}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 0.871 & 273.9 \\ 5.528 & 19066.65 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 5 & 273.9 \\ 273.9 & 19066.65 \end{vmatrix}}$$

$$\log \alpha = \frac{16607.052 - (1514.119)}{95333.25 - 75021.21}$$

$$\log \alpha = \frac{15092.933}{20312.04}$$

$$\log \alpha = 0.743$$

$$\alpha = 5.52982506$$

$$\log \beta = \frac{\Delta \beta}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 5 & 0.871 \\ 273.9 & 5.528 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 5 & 273.9 \\ 273.9 & 19066.65 \end{vmatrix}}$$

$$\log \beta = \frac{27.64 - (238.567)}{95333.25 - 75021.21}$$

$$\log \beta = \frac{-210.927}{20312.04}$$

$$\log \beta = -0.0103$$

$$\beta = 0.97638388$$

$$\begin{cases} 5 \cdot \log \alpha + 273.9 \cdot \log \beta = 0.871 \\ 273.9 \log \alpha + 19066.65 \cdot \log \beta = 5.528 \end{cases}$$

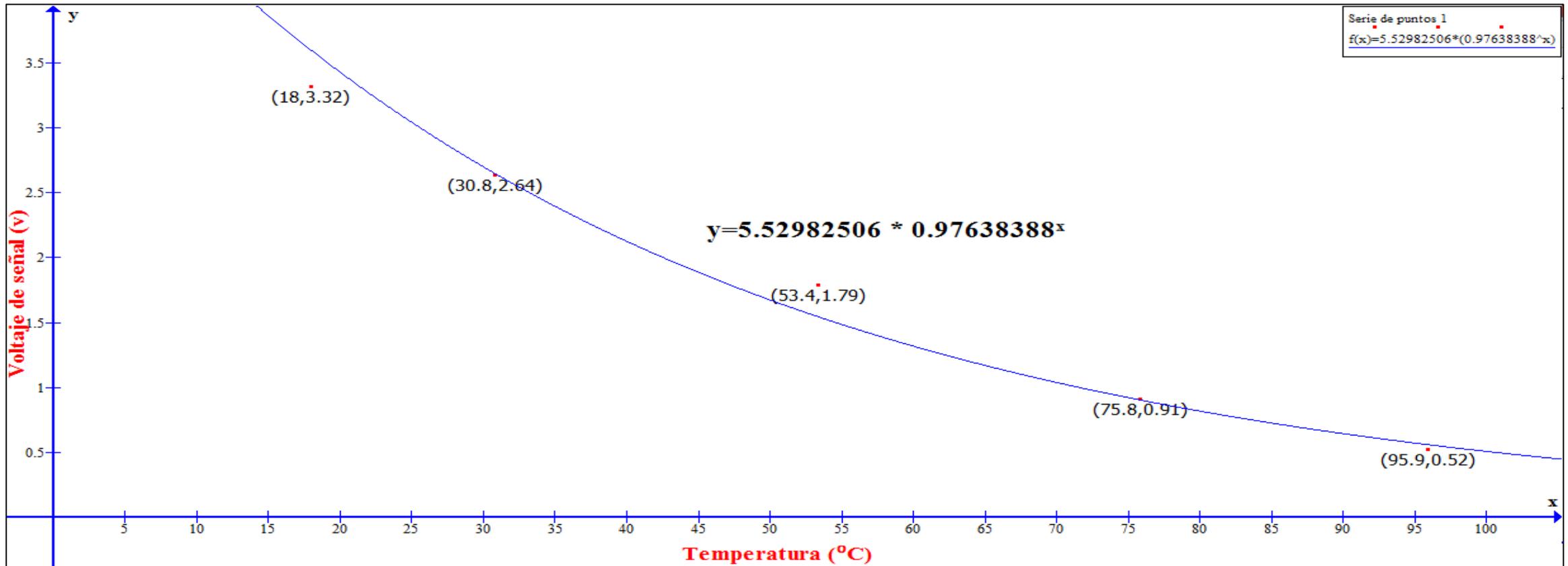


Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Voltaje de señal vs temperatura del refrigerante

$$y = \alpha \cdot \beta^x$$

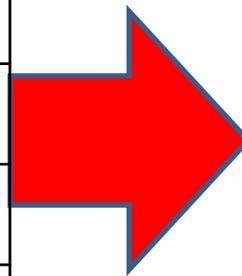
$$y = 5.52982506 \cdot 0.97638388^x$$



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de posición del acelerador (TPS)

Voltaje de señal vs resistencia del sensor RAB

Medición	Apertura de la mariposa de aceleración (°)	Resistencia a RAB (kΩ)	Resistencia a RBC (kΩ)	Voltaje de señal (v)
1	0	4.09	1.37	0.97
2	18.1	3.91	2.25	1.56
3	38.3	3.09	2.59	2.21
4	60.2	1.79	3.04	3.18
5	79.4	0.99	3.88	4.09

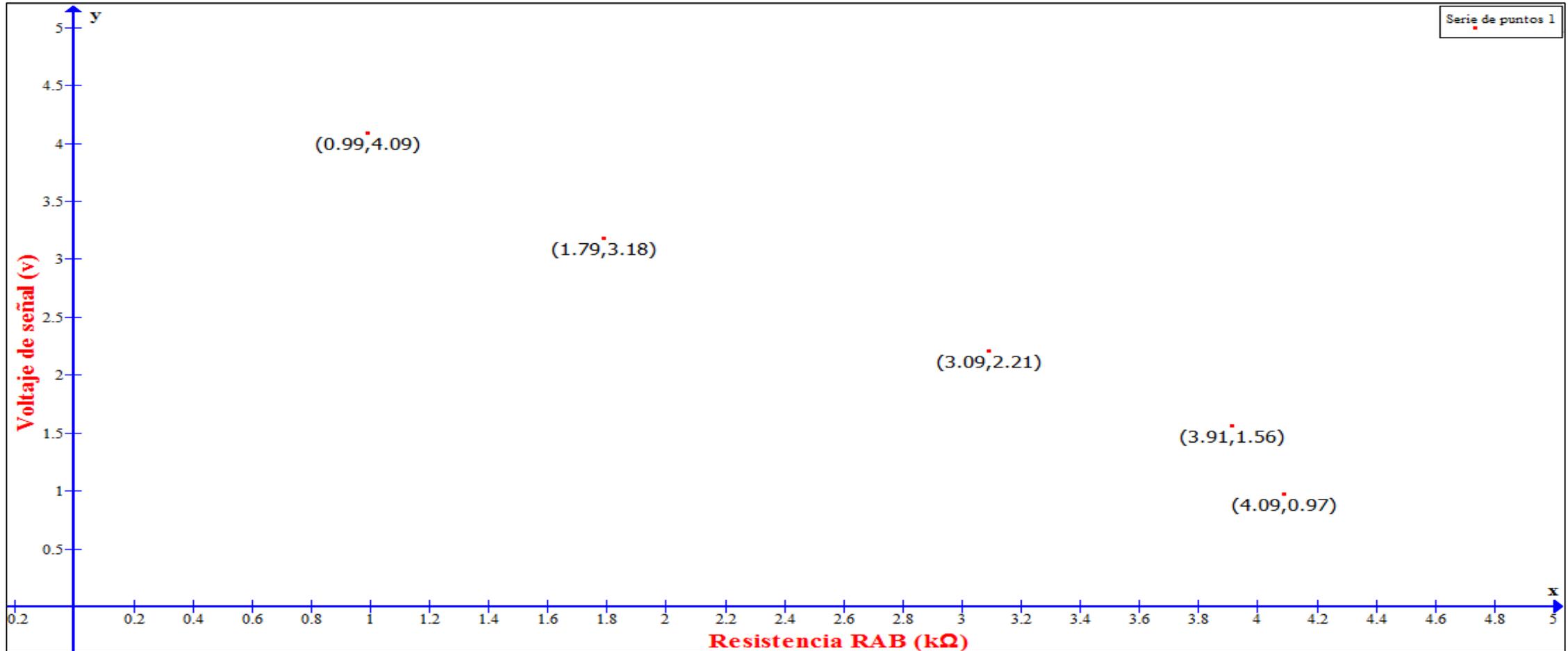


Nº	Yi (voltaje de señal)	Xi (resistencia RAB)
1	0.97	4.09
2	1.56	3.91
3	2.21	3.09
4	3.18	1.79
5	4.09	0.99



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Voltaje de señal vs resistencia del sensor RAB



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Voltaje de señal vs resistencia del sensor RAB

Nº	X_i	Y_i	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
1	4.09	0.97	16.728	0.941	3.967
2	3.91	1.56	15.288	2.434	6.099
3	3.09	2.21	9.548	4.884	6.828
4	1.79	3.18	3.204	10.112	5.692
5	0.99	4.09	0.980	16.728	4.049
	$\sum X_i$ = 13.87	$\sum Y_i$ = 12.01	$\sum X_i^2$ = 45.749	$\sum Y_i^2 = 35.099$	$\sum X_i \cdot Y_i$ = 26.637



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

Voltaje de señal vs resistencia del sensor RAB

$$S_{xy} = \sum x_i y_i - \frac{(\sum x_i)(\sum y_i)}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{12.01}{5} = 2.402$$

$$S_{xy} = 26.637 - \frac{(13.87)(12.01)}{5}$$

$$S_{xy} = -6.679$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{13.87}{5} = 2.774$$

$$a = \alpha ; \quad b = \beta$$

$$y = \alpha + \beta x$$

$$y = 4.94926271 - 0.91826341x$$

$$S_{xx} = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}$$

$$b = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} = \frac{-6.679}{7.274} = -0.91826341$$

$$S_{xx} = 45.749 - \frac{(13.87)^2}{5}$$

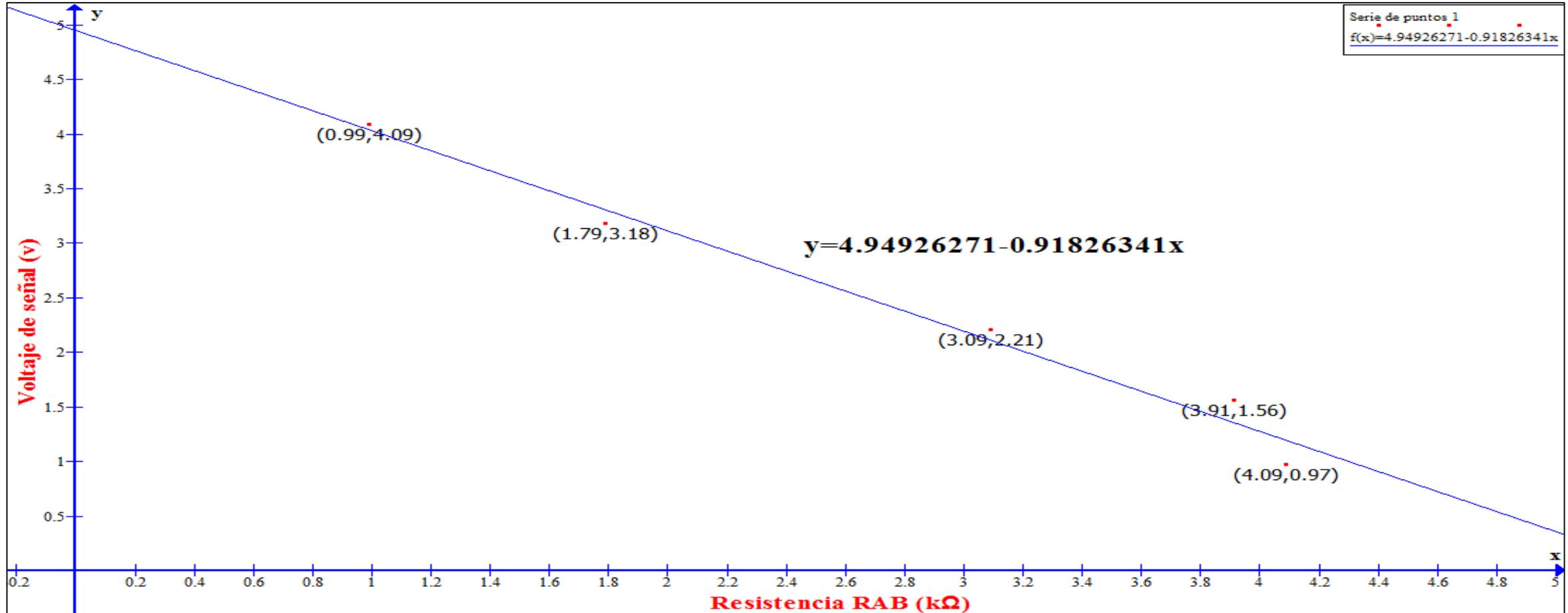
$$S_{xx} = 7.274$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 2.402 - (-0.918)(2.774) = 4.94926271$$



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de temperatura del refrigerante (ECT)

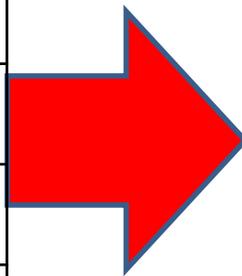
Voltaje de señal vs temperatura del refrigerante



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de posición del acelerador (TPS)

Voltaje de señal vs resistencia del sensor RBC

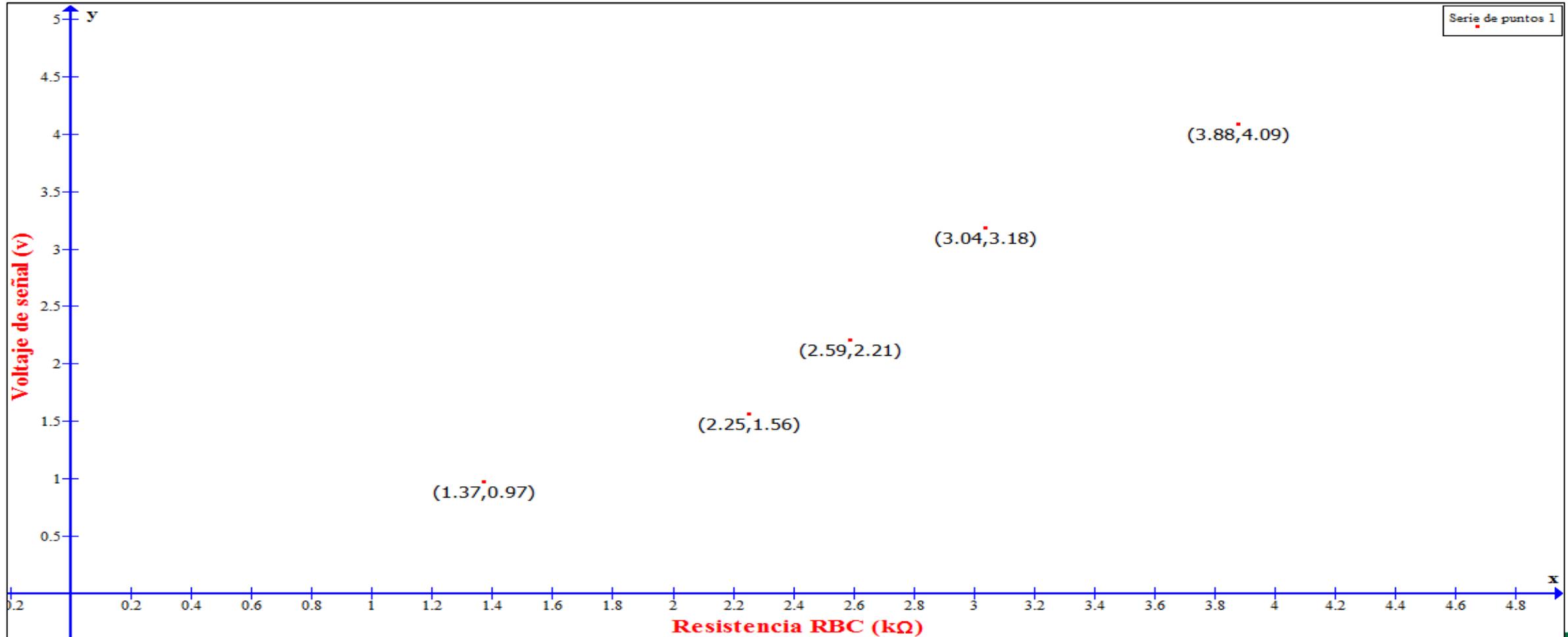
Medición	Apertura de la mariposa de aceleración (°)	Resistencia a RAB (kΩ)	Resistencia a RBC (kΩ)	Voltaje de señal (v)
1	0	4.09	1.37	0.97
2	18.1	3.91	2.25	1.56
3	38.3	3.09	2.59	2.21
4	60.2	1.79	3.04	3.18
5	79.4	0.99	3.88	4.09



Nº	Yi (voltaje de señal)	Xi (resistencia RBC)
1	0.97	1.37
2	1.56	2.25
3	2.21	2.59
4	3.18	3.04
5	4.09	3.88

Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de posición del acelerador (TPS)

Voltaje de señal vs resistencia del sensor RBC



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de posición del acelerador (TPS)

Voltaje de señal vs resistencia del sensor RBC

Nº	X_i	Y_i	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
1	1.37	0.97	1.878	0.941	1.329
2	2.25	1.56	5.063	2.434	3.510
3	2.59	2.21	6.708	4.884	5.724
4	3.04	3.18	9.241	10.112	9.667
5	3.88	4.09	15.054	16.728	15.869
	$\sum X_i$ = 13.13	$\sum Y_i$ = 12.01	$\sum X_i^2$ = 37.944	$\sum Y_i^2 = 35.099$	$\sum X_i \cdot Y_i$ = 36.099



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de posición del acelerador (TPS)

Voltaje de señal vs resistencia del sensor RBC

$$S_{xy} = \sum x_i y_i - \frac{(\sum x_i)(\sum y_i)}{n}$$

$$S_{xy} = 36.099 - \frac{(13.13)(12.01)}{5}$$

$$S_{xy} = 4.561$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{12.01}{5} = 2.402$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{13.13}{5} = 2.626$$

$$a = \alpha ; \quad b = \beta$$

$$y = \alpha + \beta x$$

$$y = -1.05545195 + 1.31662298x$$

$$S_{xx} = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}$$

$$S_{xx} = 37.944 - \frac{(13.13)^2}{5}$$

$$S_{xx} = 3.464$$

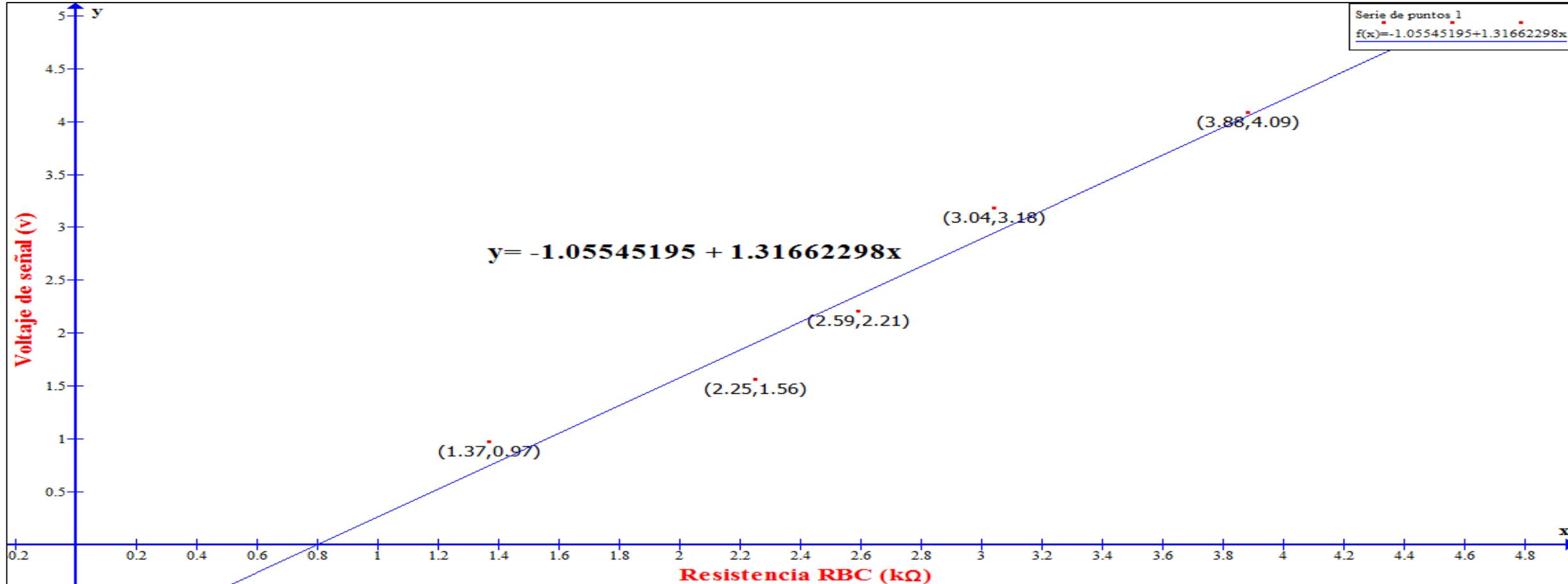
$$b = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} = \frac{4.561}{3.464} = 1.31662298$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 2.402 - (1.316)(2.626) = -1.05545195$$



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de posición del acelerador (TPS)

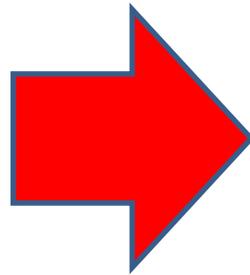
Voltaje de señal vs resistencia del sensor RBC



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de oxígeno

Voltaje de señal vs tiempo

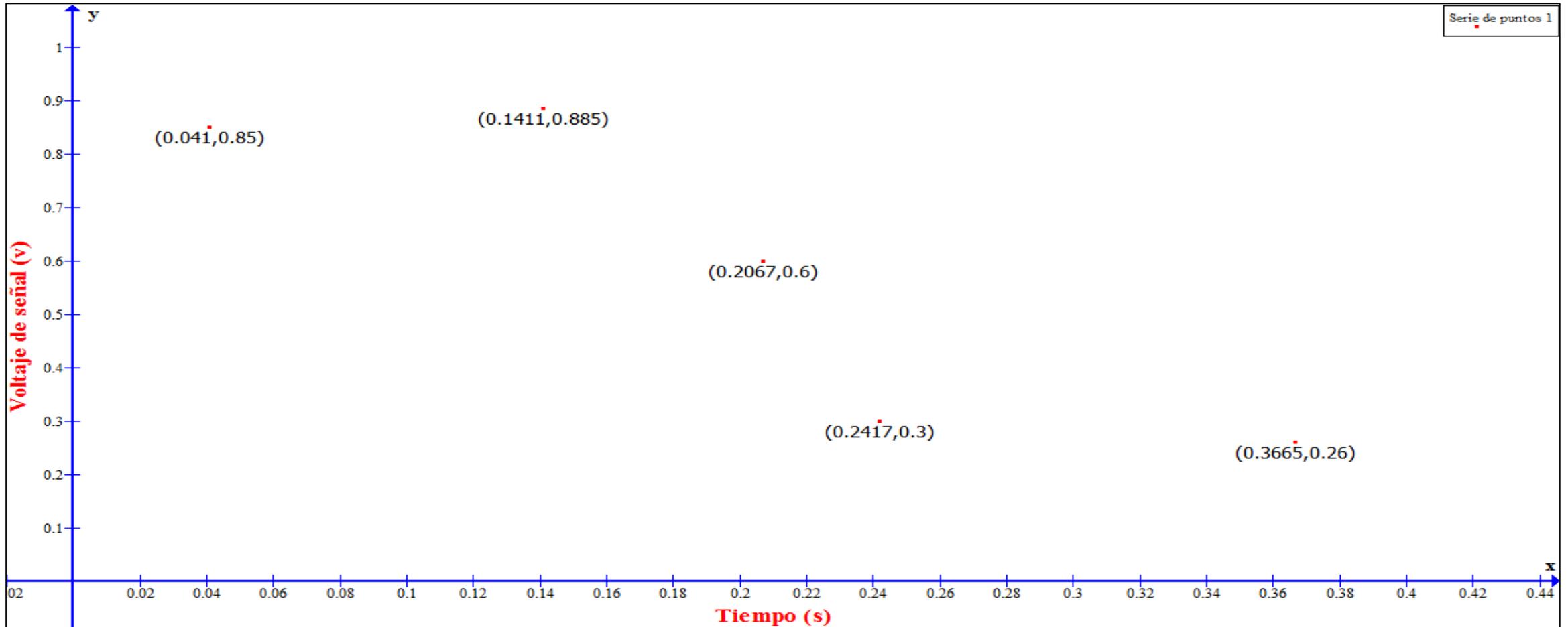
Medición	Voltaje de señal (V)	Tiempo (s)
1	0.85	0.041
2	0.885	0.1411
3	0.6	0.2066
4	0.3	0.2417
5	0.26	0.3665



Nº	Yi (voltaje de señal)	Xi (tiempo)
1	0.85	0.41
2	0.885	0.1411
3	0.6	0.2067
4	0.3	0.2417
5	0.26	0.3665

Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de oxígeno

Voltaje de señal vs tiempo



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de oxígeno

Voltaje de señal vs tiempo

Nº	X_i	Y_i	X_i^2	X_i^3	X_i^4
1	0.41	0.85	0.001681	6.8921×10^{-5}	2.8258×10^{-6}
2	0.1411	0.885	0.01990921	0.00280919	0.00039638
3	0.2067	0.6	0.04272489	0.00883123	0.00188542
4	0.2417	0.3	0.05841889	0.01411985	0.00321277
5	0.3665	0.26	0.13432225	0.0492291	0.01804247
	$\sum X_i = 0.997$	$\sum Y_i = 2.895$	$\sum X_i^2 = 0.25705624$	$\sum X_i^3 = 0.0750583$	$\sum X_i^4 = 0.02367985$



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de oxígeno

Voltaje de señal vs tiempo

Nº	Xi^5	Xi^6	$Xi.Yi$	$Xi^2.Yi$	$Xi^3.Yi$
1	1.1586×10^{-7}	4.7501×10^{-9}	0.03485	0.00142885	5.8583×10^{-5}
2	5.5929×10^{-5}	7.8915×10^{-6}	0.1248735	0.01761965	0.00248613
3	0.00037731	7.7991×10^{-5}	0.12402	0.02563493	0.00529874
4	0.00082487	0.00019937	0.07251	0.01752567	0.00423595
5	0.00661256	0.0024235	0.09529	0.03492379	0.01279957
	$\sum Xi^5 = 0.00787079$	$\sum Xi^6 = 0.00270876$	$\sum Xi.Yi = 0.4515435$	$\sum Xi^2.Yi = 0.09713289$	$\sum Xi^3.Yi = 0.02487898$



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de oxígeno

Voltaje de señal vs tiempo

$$a \cdot n + b \cdot \sum x_i + c \cdot \sum x_i^2 + d \cdot \sum x_i^3 = \sum y_i$$

$$5a + 0.997b + 0.25705624c + 0.0750583d = 2.895$$

$$a \cdot \sum x_i + b \cdot \sum x_i^2 + c \cdot \sum x_i^3 + d \cdot \sum x_i^4 = \sum x_i y_i$$

$$0.997a + 0.25705624b + 0.0750583c + 0.02367985d = 0.4515435$$

$$a \cdot \sum x_i^2 + b \cdot \sum x_i^3 + c \cdot \sum x_i^4 + d \cdot \sum x_i^5 = \sum x_i^2 y_i$$

$$0.25705624a + 0.0750583b + 0.02367985c + 0.00787079d = 0.09713289$$

$$0.0750583a + 0.02367985b + 0.00787079c + 0.00270876d = 0.02487898$$

$$a \cdot \sum x_i^3 + b \cdot \sum x_i^4 + c \cdot \sum x_i^5 + d \cdot \sum x_i^6 = \sum x_i^3 y_i$$



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de oxígeno

Voltaje de señal vs tiempo

$$a = 0.4104$$

$$b = 14.5119$$

$$c = -101.1016$$

$$d = 164.7199$$

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3$$

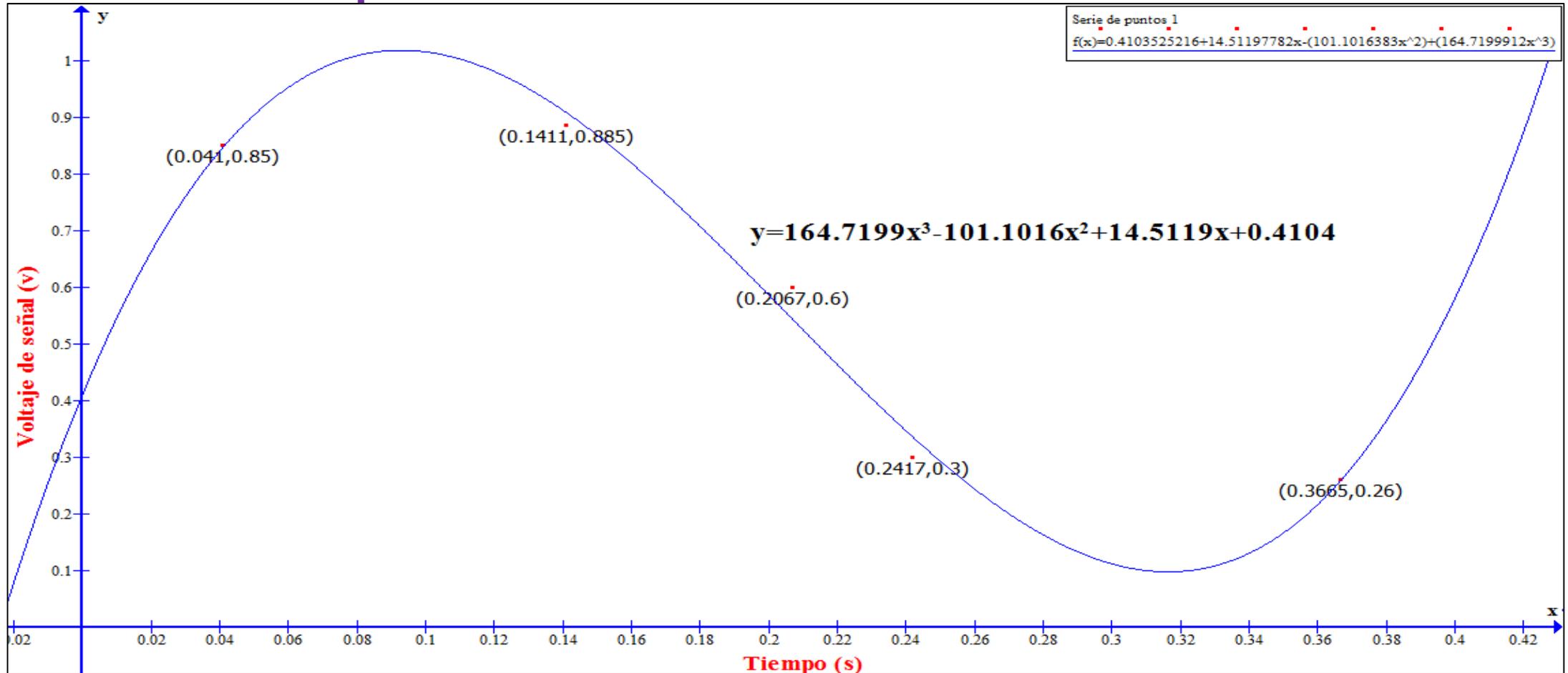
$$y = 0.4104 + 14.5119x - 101.1016x^2 + 164.7199x^3$$

$$y = 164.7199x^3 - 101.1016x^2 + 14.5119x + 0.4104$$



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de oxígeno

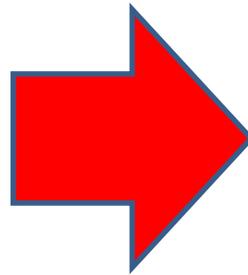
Voltaje de señal vs tiempo



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de presión absoluta del múltiple (MAP)

Frecuencia vs presión de vacío

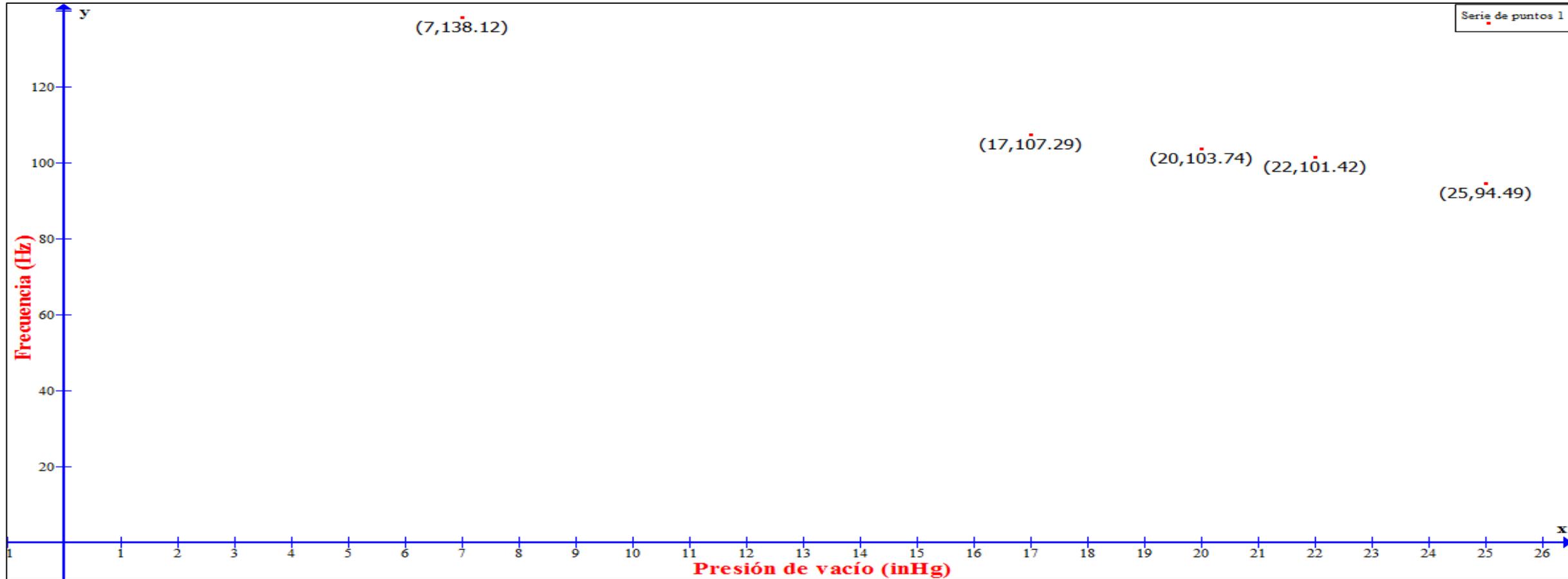
Medición	RPM	Frecuencia (Hz)	Presión de vacío (inHg)
1	0	138.12	7
2	1050	107.29	17
3	1250	103.74	20
4	1390	101.42	22
5	1800	94.49	25



Nº	Y_i (frecuencia)	X_i (presión de vacío)
1	138.12	7
2	107.29	17
3	103.74	20
4	101.42	22
5	94.49	25

Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de presión absoluta del múltiple (MAP)

Frecuencia vs presión de vacío



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de presión absoluta del múltiple (MAP)

Frecuencia vs presión de vacío

Nº	X_i	Y_i	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
1	7	138,12	49	19077,1344	966,84
2	17	107,29	289	11511,1441	1823,93
3	20	103,74	400	10761,9876	2074,8
4	22	101,42	484	10286,0164	2231,24
5	25	94,49	625	8928,3601	2362,25
	$\sum X_i = 91$	$\sum Y_i = 545.06$	$\sum X_i^2 = 1847$	$\sum Y_i^2 = 60564.643$	$\sum X_i \cdot Y_i$ $= 9459.06$



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de presión absoluta del múltiple (MAP)

Frecuencia vs presión de vacío

$$S_{xy} = \sum x_i y_i - \frac{(\sum x_i)(\sum y_i)}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{545.06}{5} = 109.012$$

$$S_{xy} = 9459.06 - \frac{(91)(545.06)}{5}$$

$$S_{xy} = -461.032$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{91}{5} = 18.2$$

$$a = \alpha ; \quad b = \beta$$

$$y = \alpha + \beta x$$

$$y = 152.988847 - 2.41631027 x$$

$$S_{xx} = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}$$

$$b = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} = \frac{-461.032}{190.8} = -2.41631027$$

$$S_{xx} = 1847 - \frac{(91)^2}{5}$$

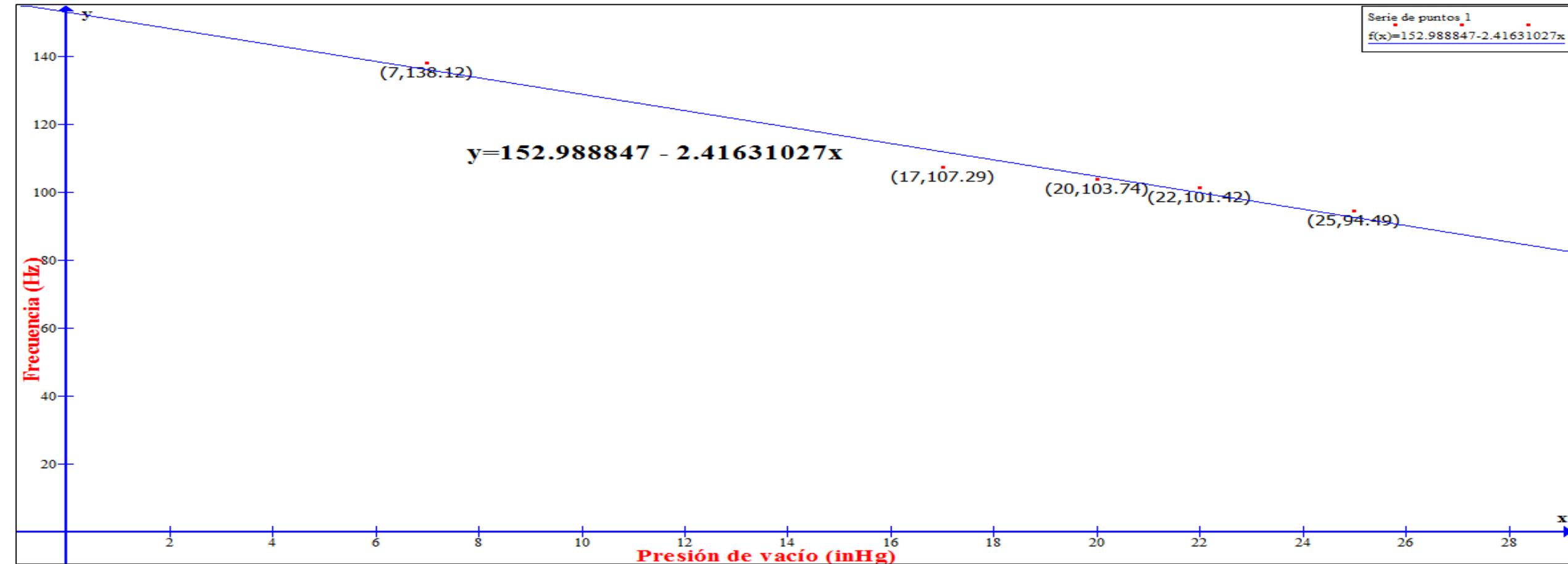
$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 109.012 - (-2.416)(18.2) = 152.988847$$

$$S_{xx} = 190.8$$



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de presión absoluta del múltiple (MAP)

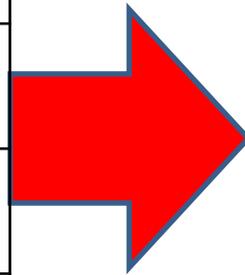
Frecuencia vs presión de vacío



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de presión absoluta del múltiple (MAP)

Revoluciones vs presión de vacío

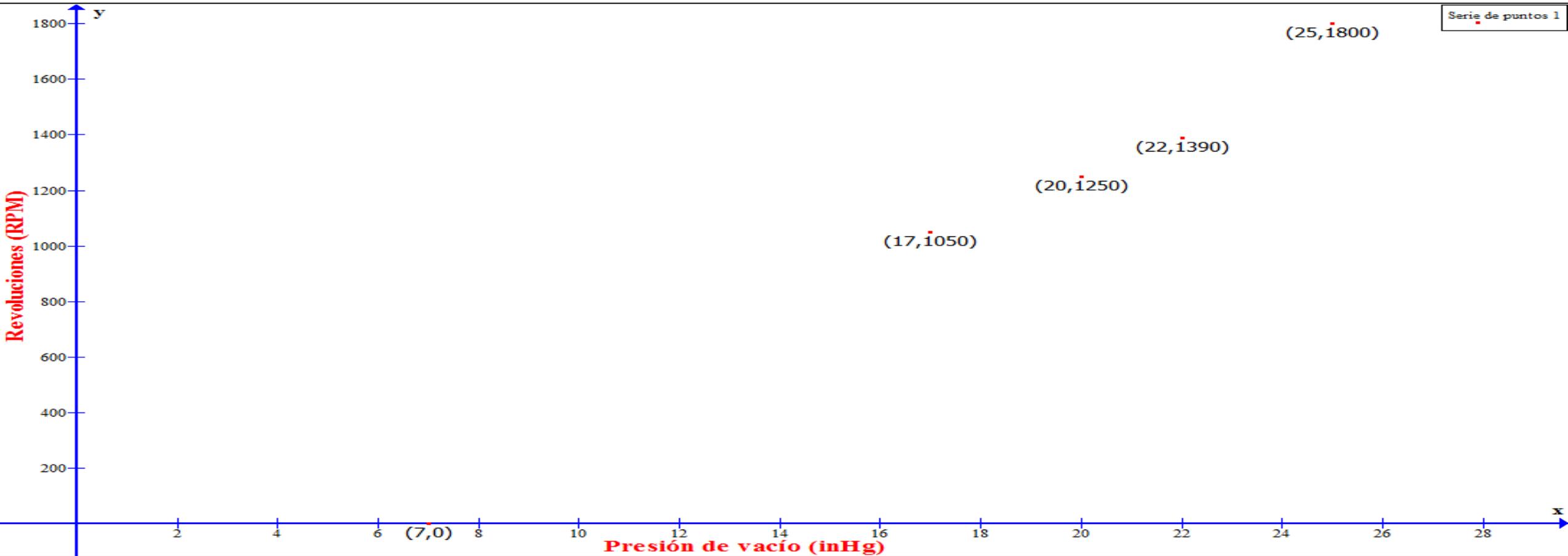
Medición	RPM	Frecuencia (Hz)	Presión de vacío (inHg)
1	0	138.12	7
2	1050	107.29	17
3	1250	103.74	20
4	1390	101.42	22
5	1800	94.49	25



Nº	Y_i (revoluciones)	X_i (presión de vacío)
1	0	7
2	1050	17
3	1250	20
4	1390	22
5	1800	25

Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de presión absoluta del múltiple (MAP)

Revoluciones vs presión de vacío



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de presión absoluta del múltiple (MAP)

Revoluciones vs presión de vacío

Nº	X_i	Y_i	X_i^2	Y_i^2	$X_i \cdot Y_i$
1	7	0	49	0	0
2	17	1050	289	1102500	17850
3	20	1250	400	1562500	25000
4	22	1390	484	1932100	30580
5	25	1800	625	3240000	45000
	$\sum X_i = 91$	$\sum Y_i = 5490$	$\sum X_i^2 = 1847$	$\sum Y_i^2 = 7837100$	$\sum X_i \cdot Y_i = 118430$



Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de presión absoluta del múltiple (MAP)

Revoluciones vs presión de vacío

$$S_{xy} = \sum x_i y_i - \frac{(\sum x_i)(\sum y_i)}{n} \quad \bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{5490}{5} = 1098$$

$$S_{xy} = 118430 - \frac{(91)(5490)}{5}$$

$$S_{xy} = 18512$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} = \frac{91}{5} = 18.2$$

$$a = \alpha ; \quad b = \beta$$

$$y = \alpha + \beta x$$

$$y = -667.819706 + 97.0230608 x$$

$$S_{xx} = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}$$

$$b = \frac{S_{xy}}{S_{xx}} = \frac{18512}{190.8} = 97.0230608$$

$$S_{xx} = 1847 - \frac{(91)^2}{5}$$

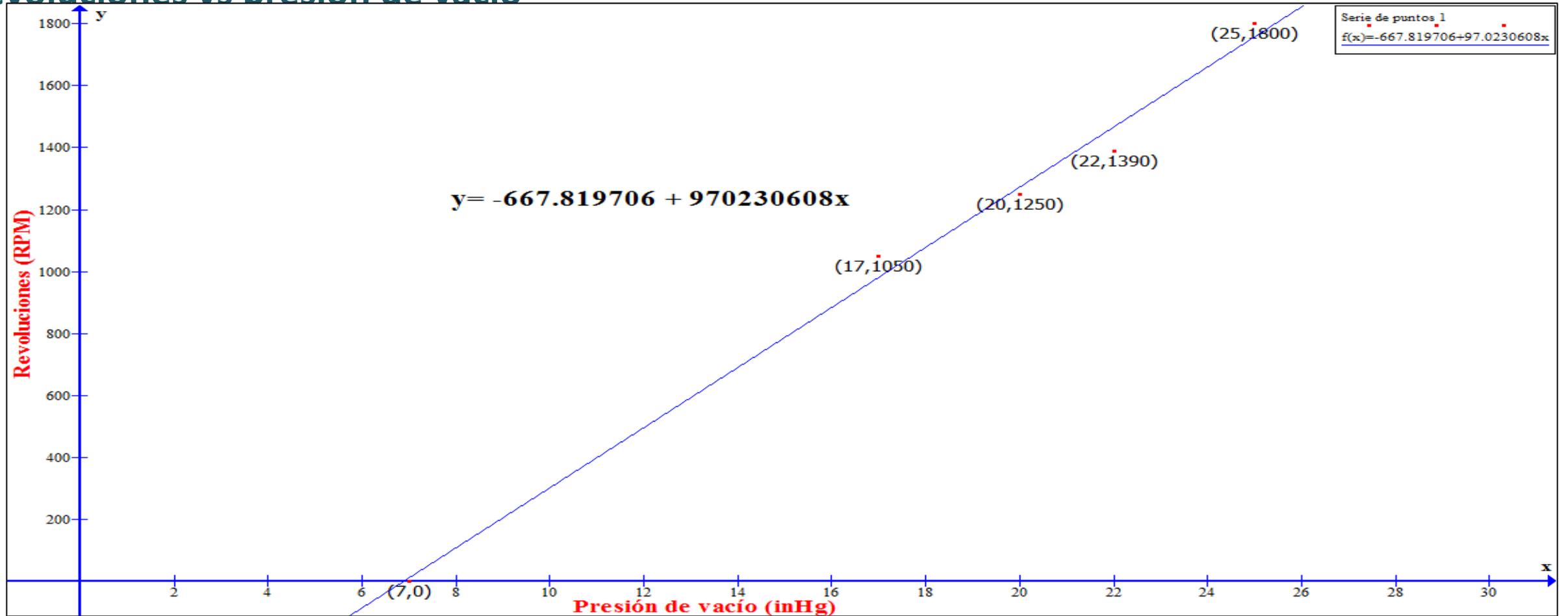
$$S_{xx} = 190.8$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} = 1098 - (97.023)(18.2) = -667.819706$$



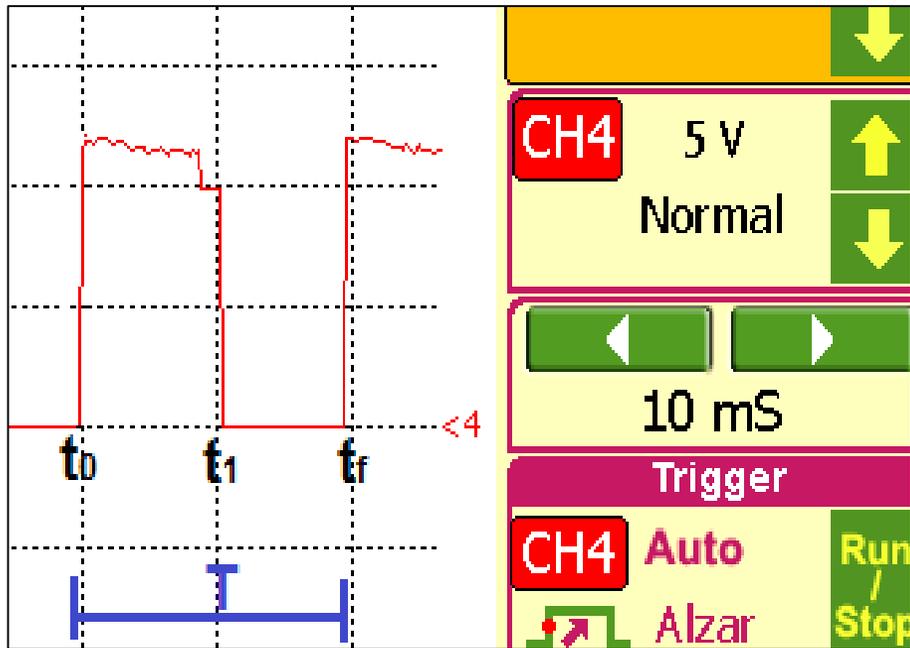
Análisis de regresión de los parámetros de información de diagnóstico del sensor de presión absoluta del múltiple (MAP)

Revoluciones vs presión de vacío



Modelación matemática de la curva de funcionamiento del sensor de captación del perfil de ignición PIP por series de Fourier

Voltaje de señal vs tiempo



Descripción	Valor
Período T (ms)	19.5
Tiempo t_0 (ms)	0
Tiempo t_1 (ms)	10.5
Tiempo t_f (ms)	9

$$f(t) = \begin{cases} 12, & 0 < t < 10.5 \\ 0, & 10.5 < t < 19.5 \end{cases}$$

Reconocimiento del período de uno de los 6 cilindros

Modelación matemática de la curva de funcionamiento del sensor de captación del perfil de ignición PIP por series de Fourier

Voltaje de señal vs tiempo

$$n = \# \text{ de cilindros} \cdot T$$

$$n = 6 * 19.5$$

$$n = 117$$

$$f(t) = \begin{cases} 12, & 0 < t < 10.5 \\ 0, & 10.5 < t < 19.5 \end{cases}$$

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_f} f(t) dt$$

$$a_0 = \frac{2}{T} \left[\int_{t_0}^{t_1} f(t) dt + \int_{t_1}^{t_f} f(t) dt \right]$$

$$a_0 = \frac{2}{T} \left[\int_0^{10.5} 12 dt + \int_{10.5}^{19.5} 0 dt \right]$$

$$a_0 = \frac{2(12)}{T} [t \Big|_0^{10.5}]$$

$$a_0 = \frac{24}{19.5} [10.5 - 0]$$

$$a_0 = 12.923$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_f} f(t) \cos(n \omega_0 t) dt$$

$$a_n = \frac{2}{T} \left[\int_{t_0}^{t_1} f(t) \cos(n \omega_0 t) dt + \int_{t_1}^{t_f} f(t) \cos(n \omega_0 t) dt \right]$$

$$a_n = \frac{2}{T} \left[\int_0^{10.5} 12 \cos(n \omega_0 t) dt + \int_{10.5}^{19.5} 0 \cos(n \omega_0 t) dt \right]$$

$$a_n = \frac{2(12)}{T(n \omega_0)} \left[\sin(n \omega_0 t) \Big|_0^{10.5} \right]$$

$$a_n = \frac{2(12)}{T(n \frac{2\pi}{T})} [\sin(n \omega_0 (10.5)) - \sin(n \omega_0 (0))]]$$

$$a_n = \frac{12}{\pi n} \sin(10.5 n \omega_0)$$



Modelación matemática de la curva de funcionamiento del sensor de captación del perfil de ignición PIP por series de Fourier

Voltaje de señal vs tiempo

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{t_0}^{t_f} f(t) \sin(n \omega_0 t) dt$$

$$b_n = \frac{2}{T} \left[\int_{t_0}^{t_1} f(t) \sin(n \omega_0 t) dt + \int_{t_0}^{t_f} f(t) \sin(n \omega_0 t) dt \right]$$

$$b_n = \frac{2}{T} \left[\int_0^{10.5} 12 \sin(n \omega_0 t) dt + \int_{10.5}^{19.5} 0 \sin(n \omega_0 t) dt \right]$$

$$b_n = -\frac{2(12)}{T(n \omega_0)} \left[\cos(n \omega_0 t) \Big|_0^{10.5} \right]$$

$$b_n = -\frac{2(12)}{T(n * \frac{2\pi}{T})} [\cos(n \omega_0 (10.5)) - \cos(n \omega_0 (0))]]$$

$$b_n = \frac{12}{\pi * n} [1 - \cos(10.5 n \omega_0)]$$



Modelación matemática de la curva de funcionamiento del sensor de captación del perfil de ignición PIP por series de Fourier

Voltaje de señal vs tiempo

$$f(t) = \frac{1}{2} a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(n \omega_0 t) + b_n \sin(n \omega_0 t)]$$

$$a_0 = 12.923$$

$$a_n = \frac{12}{\pi * n} \sin(10.5 n \omega_0)$$

$$b_n = \frac{12}{\pi * n} [1 - \cos(10.5 n \omega_0)]$$

$$f(t) = \frac{1}{2} (12.923) + \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{12}{\pi n} \sin(10.5 n \omega_0) \cos(n \omega_0 t) + \frac{12}{\pi n} [1 - \cos(10.5 n \omega_0)] \sin(n \omega_0 t) \right]$$



Modelación matemática de la curva de funcionamiento del sensor de captación del perfil de ignición PIP por series de Fourier

Voltaje de señal vs tiempo

$$f(t) = 6.4615 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{12}{\pi n} [\sin(10.5 n \omega_0) \cos(n \omega_0 t) + [1 - \cos(10.5 n \omega_0)] \sin(n \omega_0 t)]$$

$$f(t) = 6.4615 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{12}{\pi n} [\sin(10.5 n \omega_0) \cos(n \omega_0 t) + \sin(n \omega_0 t) - \cos(10.5 n \omega_0) \sin(n \omega_0 t)]$$

$$f(t) = 6.4615 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{12}{\pi n} [\sin(10.5 n \omega_0 - n \omega_0 t) + \sin(n \omega_0 t)]$$

$$f(t) = 6.4615 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{12}{\pi n} [\sin(10.5 n \frac{2\pi}{T} - n \frac{2\pi}{T} t) + \sin(n \frac{2\pi}{T} t)]$$

$$f(t) = 6.4615 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{12}{\pi n} [\sin(10.5 n \frac{2\pi}{19.5} - n \frac{2\pi}{19.5} t) + \sin(n \frac{2\pi}{19.5} t)]$$

$$f(t) = 6.4615 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{12}{\pi n} [\sin(1.077 \pi n - 0.103 \pi n t) + \sin(0.103 \pi n t)]$$

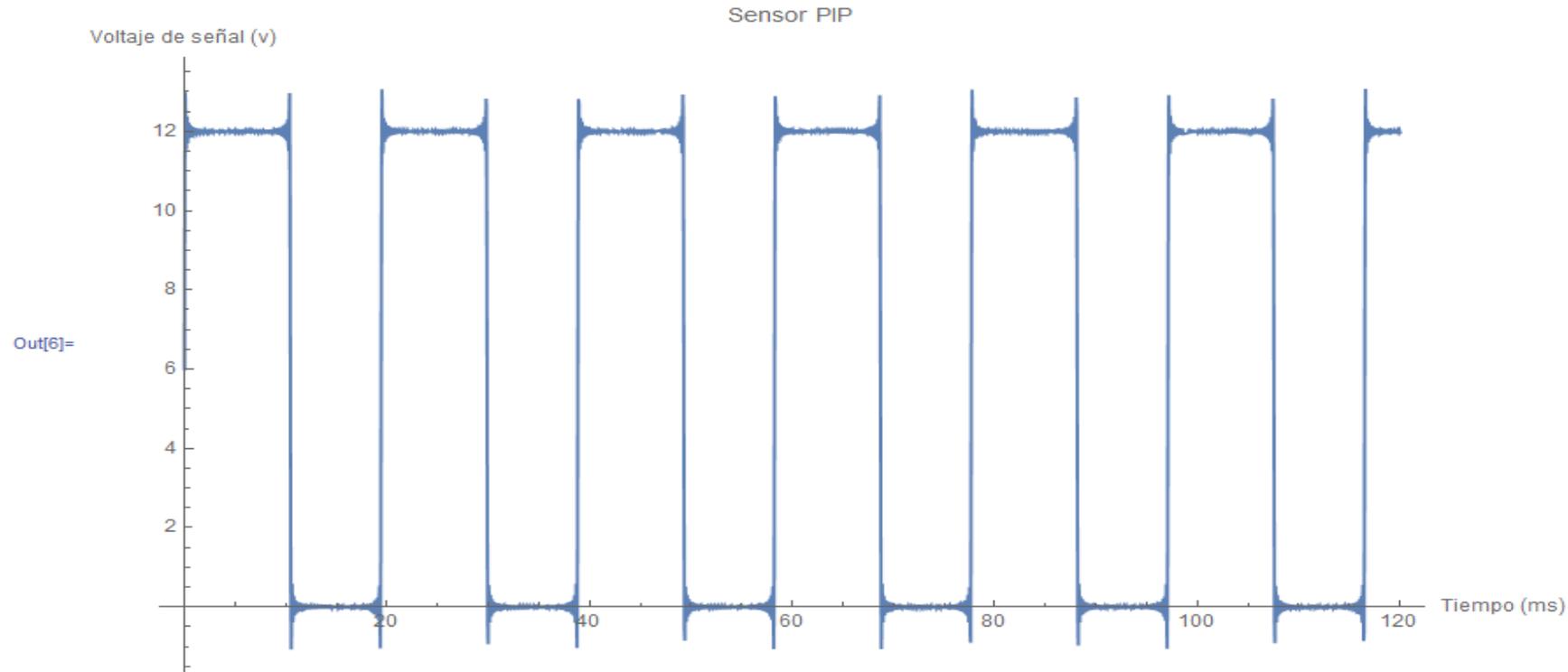


Modelación matemática de la curva de funcionamiento del sensor de captación del perfil de ignición PIP por series de Fourier

Voltaje de señal vs tiempo

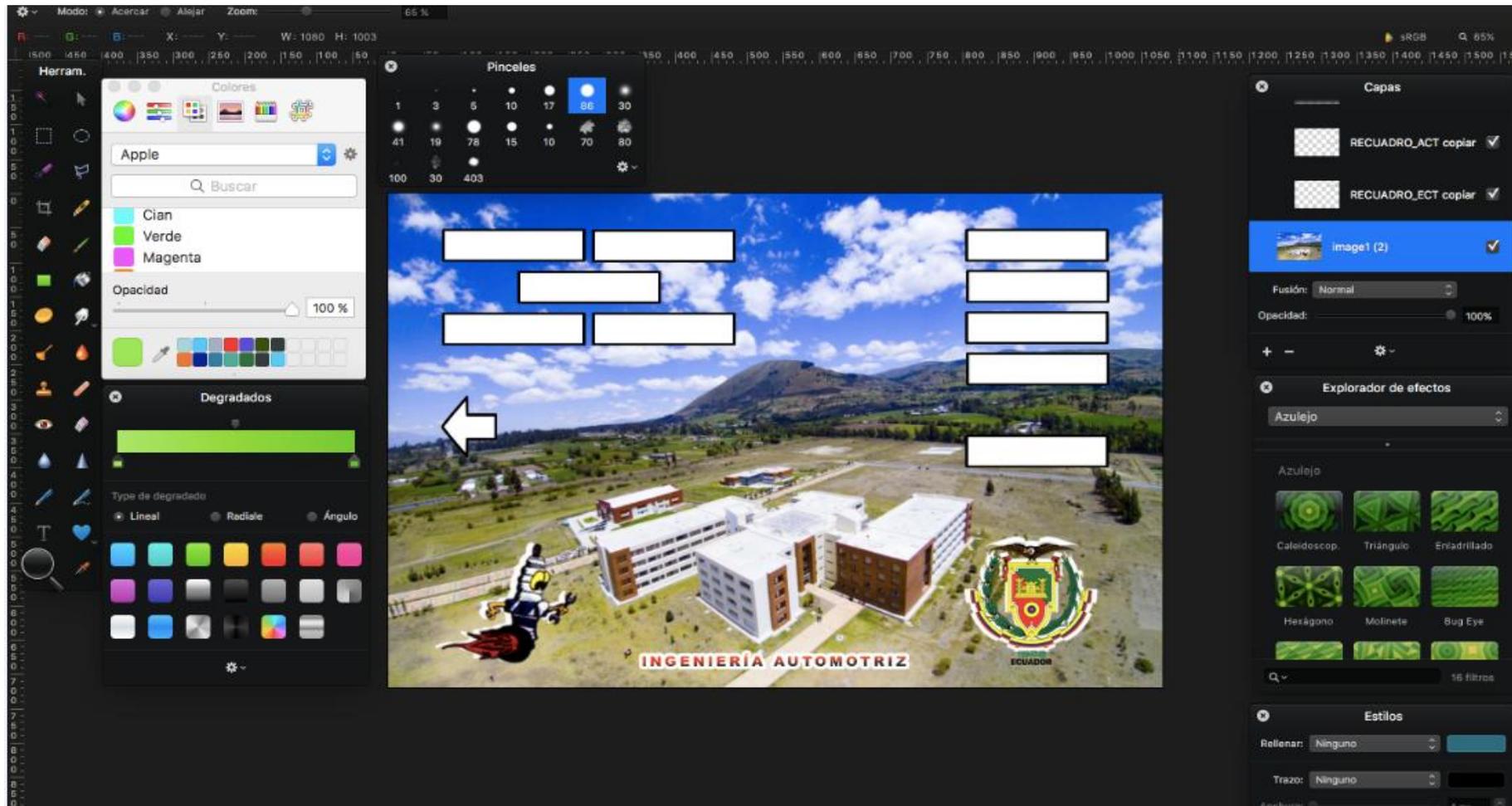
```
In[5]:= SerieFourier[max_] := Module[{top = max}, serie = 6.4615 +  $\sum_{n=1}^{\text{top}} \frac{12}{n * \pi} * (\text{Sin}[1.077 * \pi * n - 0.103 * \pi * n * x] + \text{Sin}[0.103 * n * \pi * x])$  ;  
Plot[serie, {x, 0, 120}, AxesLabel -> {"Tiempo (ms)", "Voltaje de señal (v)"}, PlotLabel -> "Sensor PIP"]
```

```
In[6]:= SerieFourier[117]
```



GUÍAS INTERACTIVAS UTILIZABLES MEDIANTE ORDENADORES

PLANTILLAS (PIXELMATOR)



GUÍAS INTERACTIVAS UTILIZABLES MEDIANTE ORDENADORES

PROGRAMACIÓN (MACROMEDIA FLASH 8 PROFESSIONAL)



The screenshot displays the Macromedia Flash 8 Professional interface. The main workspace shows a timeline with a blue arrow indicating a duration from 70 to 100. Two keyframes are marked with coordinates: (80,0,332) and (100,0,177). To the right of the timeline is a house-shaped button with a blue square on its base. Below the workspace, the 'Acciones - botón' (Button Actions) panel is open, showing the following ActionScript code:

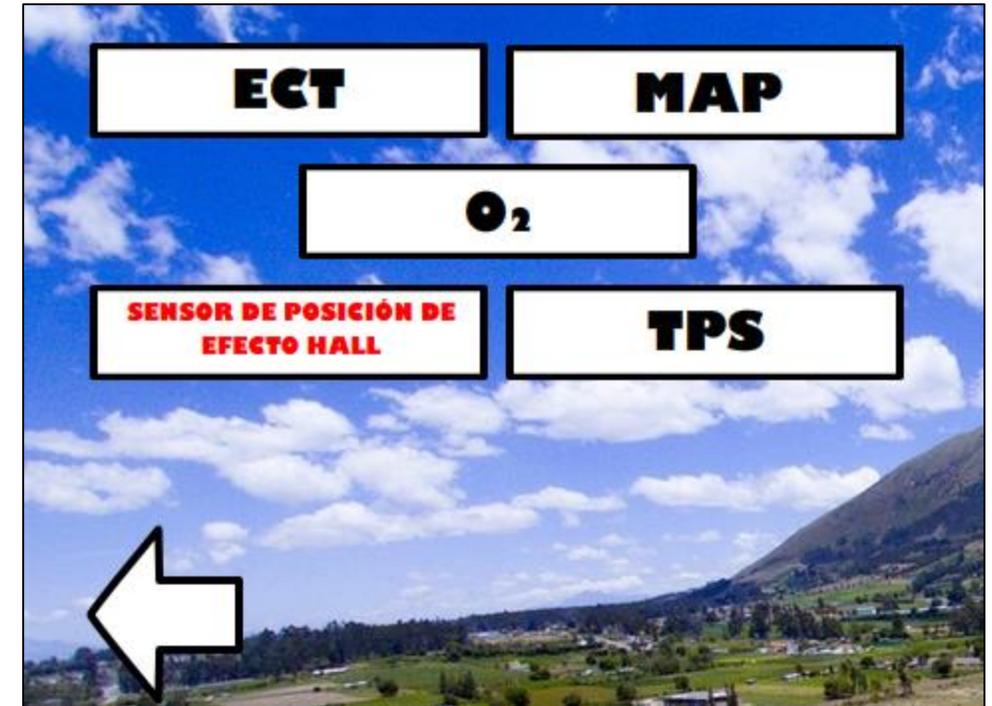
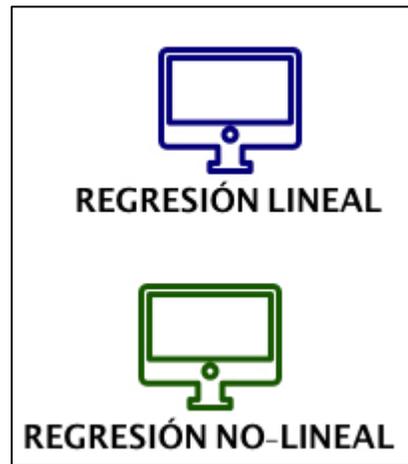
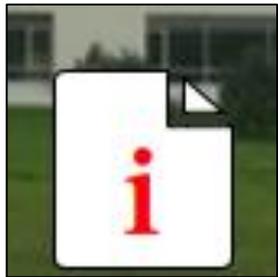
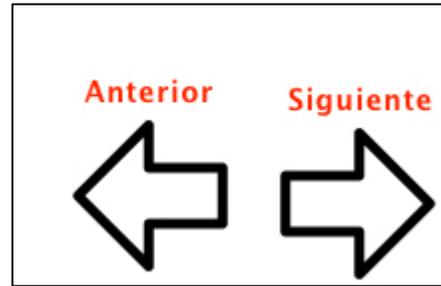
```
1 on (press) {  
2     gotoAndPlay ("menu", 1);  
3 }
```

The interface also includes a toolbar on the left with various drawing and editing tools, a Properties panel on the right, and a list of assets at the bottom right.



GUÍAS INTERACTIVAS UTILIZABLES MEDIANTE ORDENADORES

ACCIONES



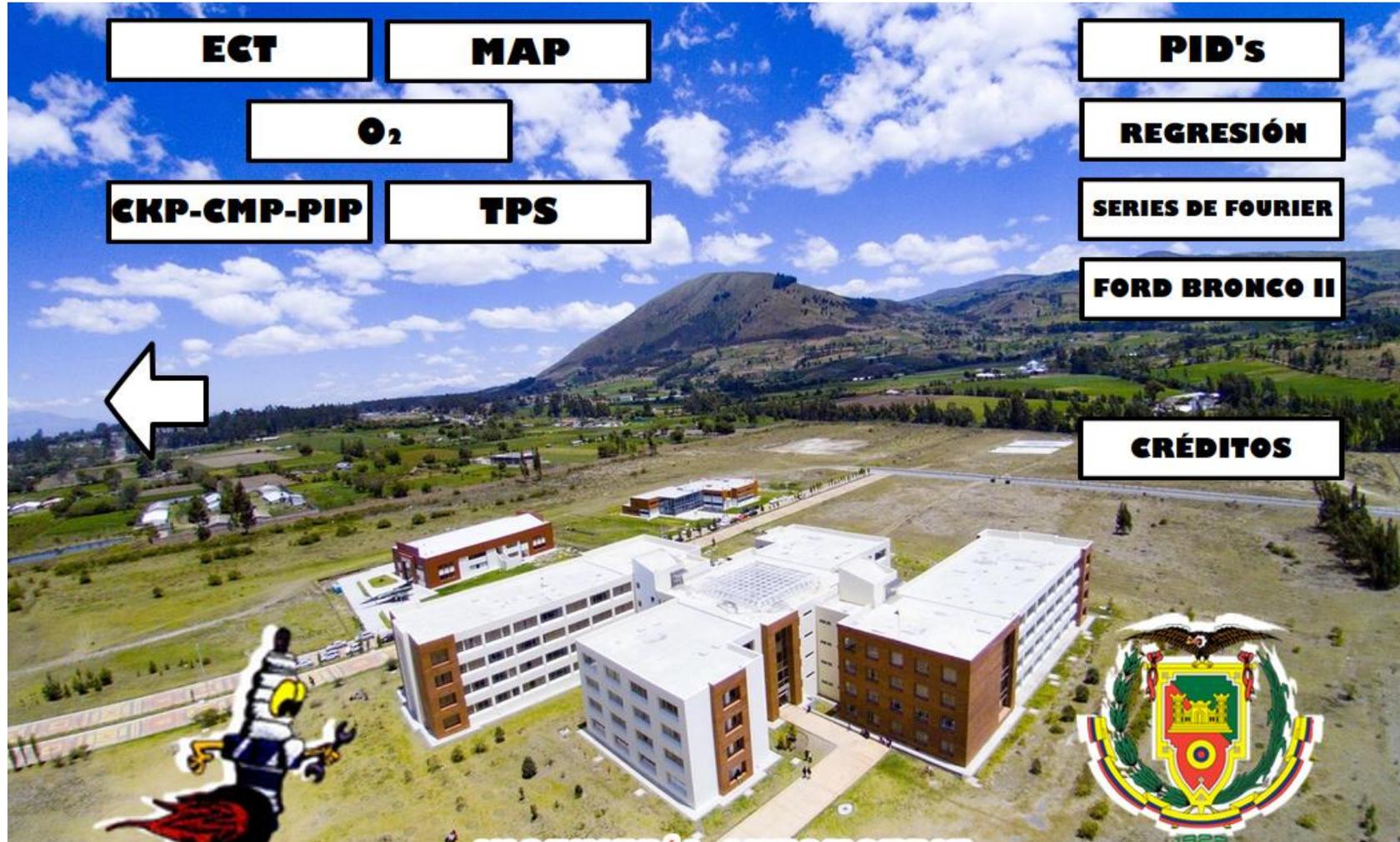
GUÍAS INTERACTIVAS UTILIZABLES MEDIANTE ORDENADORES

CONTENIDO



GUÍAS INTERACTIVAS UTILIZABLES MEDIANTE ORDENADORES

CONTENIDO



GUÍAS INTERACTIVAS UTILIZABLES MEDIANTE ORDENADORES

CONTENIDO



SENSOR DE TEMPERATURA DE REFRIGERANTE (ECT)

DEFINICIÓN

El sensor ECT tiene la función de monitorear constantemente los cambios de temperatura del líquido refrigerante del motor.

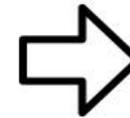


El sensor ECT es fundamental para muchas funciones de la ECU, como la inyección de combustible, tiempo de encendido, sincronización variable de válvulas, cambios de transmisión, entre otros.

Menú



Siguiente



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES

- Se investigó y matematizó los parámetros de información de diagnóstico del sistema de control electrónico multipunto Ford EFI del motor Ford Bronco II y cómo estos influyen en su comportamiento.
- Se obtuvo y compendió gran parte de información bibliográfica pertinente y precisa a la investigación realizada, a través de libros, artículos, sitios web confiables y trabajos de titulación.
- Se realizó la instalación total del sistema de control de inyección electrónica EFI tipo EEC-IV en el motor Ford Bronco II.
- Se presentó un procedimiento con el objetivo de efectuar la puesta a punto del motor Ford Bronco II.
- Se elaboró varios protocolos de pruebas que muestran detalladamente los pasos para la obtención de los parámetros de información de diagnóstico de los componentes del sistema de control de inyección electrónica a distintas condiciones de operación del motor Ford, mismos que son aplicables en la mayoría de sistemas de control con componentes similares.



- Se efectuó una modelación matemática con cada grupo de parámetros de información de diagnóstico obtenido de cada sensor del sistema de control de inyección electrónica, basada en un análisis de regresión y de series de Fourier, con el propósito de obtener ecuaciones que representen el funcionamiento óptimo de cada uno de ellos.
- Se desarrolló una guía interactiva en Macromedia Flash 8 Professional utilizable mediante ordenadores en la cual se muestra de manera detallada el proceso para la toma de PID's de los componentes del sistema de control electrónico y su correspondiente matematización.
- Fue indispensable desarrollar la matematización de los parámetros de información de diagnóstico para corroborar el desempeño de los sensores del sistema de control de inyección electrónica de tal forma que se tenga clara la concepción de como la unidad de control electrónico utilizará estos valores para procesar la información generada en el vehículo
- El diagnóstico acerca del estado de inyectores tanto de alta como de baja impedancia presentes en el motor Ford, de acuerdo a los valores arrojados de la resistencia de su bobinado es que se encuentran en funcionamiento normal.



- La relación del ciclo de trabajo CT calculada de los inyectores está entre los valores de 4.5- 5.5%, esto se debe a que los inyectores funcionan en dos grupos el primero conformado por los inyectores 1, 4 y 2 y el segundo conformado por los inyectores 5, 3 y 6, esta disposición obedece al orden de encendido del motor Ford.
- La matematización de los PID's del sensor de temperatura del refrigerante ECT del sistema de control de inyección electrónica EFI mostró una curva del tipo exponencial la cual está influenciada por los valores de la resistencia del termistor y de la temperatura del refrigerante en el primer caso, y el voltaje de señal y la temperatura del sensor en el segundo caso, estos valores tuvieron una relación inversamente proporcional en ambos casos, por ser un termistor del tipo NTC.
- De los datos recopilados sobre el sensor de temperatura de carga de aire ACT, se deduce que aquí en la ciudad de Latacunga la diferencia que existe en que cuando el motor se encuentra apagado y cuando se encuentra encendido es que la temperatura del aire aumenta 2 grados centígrados y el voltaje de señal que envía el sensor aumenta alrededor de 0.1 voltios.



- Al aplicar el modelo matemático de regresión lineal a los PID's del sensor de posición del acelerador TPS, se obtuvo dos curvas, la de la primera función matemática obtenida del sensor TPS, muestra un comportamiento descendente, es decir que el valor del voltaje de señal es inversamente proporcional al de la resistencia RAB, mientras que la curva de la segunda función matemática exhibe un comportamiento ascendente, con lo que se deduce una relación directamente proporcional entre el voltaje de señal del sensor y la resistencia RBC.
- La parte analizada del oscilograma del sensor de oxígeno del sistema de control electrónico multipunto Ford EFI, presenta su curva de transferencia de mezcla rica a mezcla pobre en un tiempo aproximado de 250 milisegundos.
- El sensor de oxígeno se encuentra funcionando en rangos aproximados de 0.2 y 0.95 V lo que significa que precede de un funcionamiento normal y aceptable.



- El diagrama de dispersión realizado con puntos procedentes del voltaje de señal y tiempo del sensor en su curva de transferencia es de carácter curvilíneo, presentó una forma de una función polinómica de tercer grado, por lo que se resolvió realizar la matematización por regresión polinomial
- Es posible utilizar una función polinómica de cuarto grado como referencia para el cálculo de la curva de mejor ajuste a los puntos del diagrama de dispersión del sensor de oxígeno, todo depende de cómo sea la disposición de estos en el plano.
- La curva obtenida a partir del análisis de la frecuencia y de la presión de vacío del sensor de presión absoluta del múltiple de admisión MAP mostró un comportamiento lineal inversamente proporcional, es decir cuando la frecuencia de onda de la señal digital generada por el sensor disminuye, la presión de vacío aumenta.



- Por otra parte, la curva alcanzada al relacionar y matematizar las revoluciones del motor con la presión de vacío del sensor MAP, exhibió un comportamiento contrario al primero realizado, siendo este lineal y directamente proporcional, al aumentar las RPM aumenta también la presión de vacío.
- La primera función matemática obtenida a partir de los PID's del sensor TPS luego del análisis de regresión, muestra un comportamiento descendente, es decir que el valor del voltaje de señal es inversamente proporcional al de la resistencia RAB, mientras que la curva de la segunda función matemática exhibe un comportamiento ascendente, con lo que se deduce una relación directamente proporcional entre el voltaje de señal del sensor y la resistencia RBC.
- El número de armónicos influye de manera sustancial a la forma de onda cuadrada de la ecuación obtenida del sensor PIP por series de Fourier, es decir entre se calcule con más armónicos la onda será más cuadrada y sin presencia de ruido en su forma, mientras que si se calcula con menos armónicos la onda será más curvilínea y presentará mayor cantidad de ruido.



- El modelo matemático aplicado, así como las curvas de las ecuaciones obtenidas a partir de datos reales, pueden ser utilizadas como un modelo base para el diagnóstico del correcto desempeño de componentes como los estudiados en esta investigación de cualquier sistema de control de inyección electrónica, mediante el análisis y la comparación
- Las curvas de todas las ecuaciones obtenidas no pasan por todos los puntos ubicados en los diagramas de dispersión, ya que lo que se buscó fue a la curva que mejor se ajuste a ellos y que represente un funcionamiento óptimo teórico de los sensores, mas no un real.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda futuros proyectos de investigación que se enfoquen en desarrollar un software con el cual se pueda obtener las curvas con el modelo matemático propuesto, con sólo realizar el ingreso de los parámetros de información de diagnóstico de los componentes del sistema de control de inyección electrónica y que compare las curvas obtenidas con otras que se encuentren en una base de datos en la que existan curvas del funcionamiento ideal de dichos componentes de la mayoría de modelos y marcas de vehículos.
- Es importante no realizar cortocircuitos en los cables de alimentación de los sensores, ya que pueden afectar gravemente a la unidad de control electrónico.
- Hay que fijarse muy bien en la conexión que se realiza en el conector de la ECU ya que de colocar un cable de señal en un puerto de masa pueden sufrir daños los componentes de la computadora, como los transistores o el microprocesador.



RECOMENDACIONES

- Antes de encender el motor, este debe encontrarse en un lugar plano y estable y se debe revisar que los todos los fluidos del motor estén en niveles precisos, también se debe observar que no existan elementos que interfieran en sus partes móviles y que todo se encuentre correctamente conectado.
- Es recomendable tener mucha cautela con el manejo de los equipos de diagnóstico automotriz, para evitar cualquier tipo de desperfecto en los mismos.
- Utilizar equipo de protección, gafas, guantes y mandil, ya que existen partes del motor que se calientan mucho cuando este está en funcionamiento, se recomienda tener mucho cuidado en este aspecto.
- Tener en cuenta de utilizar las escalas apropiadas para la obtención de los oscilogramas de los diferentes componentes del sistema de control.

