



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
DEPARTAMENTO DE ELECTRICA Y ELECTRONICA

INGENIERIA ELECTRONICA

RESIDENCIA PROFESIONAL:

**MEDICIÓN DE CORRIENTE ELÉCTRICA A TRAVÉS DE VARIACIÓN DE
TEMPERATURA.**

**TRABAJO:
INFORME TECNICO**

**QUE PRESENTA:
JHONNY VELASCO AGUILAR 13270807**

**LUGAR:
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ**

**ASESOR:
DR. JORGE LUIS CAMAS ANZUETO**

Tuxtla Gutiérrez Chiapas; a 14 de JUNIO del 2017.

Agradecimiento

Principalmente quiero agradecer a Dios por haberme dado fortaleza y sabiduría, por permitirme llegar al final de mi carrera.

Quiero agradecer a aquellas personas que siempre me brindaron su apoyo Maestros y amigos, especialmente quiero agradecer a mi familia a mis padres María del Carmen Aguilar Hernández, Roosevelt Velasco Pérez A mis hermanos Iván Velasco Aguilar , Erick Velasco Aguilar y mi abuela que siempre me apoyaron en el transcurso de mi carrera y por la confianza que me tuvieron.

Debo agradecer de manera especial a mi asesor, Dr. Jorge L. Camas A. quien con sus conocimientos, su experiencia, su paciencia me ha ayudado que pueda terminar con éxito. Por la confianza que me brindó durante este periodo de residencia, gracias por el apoyo tanto en el ámbito estudiantil y también en el ámbito social.

Resumen:

El contenido de este reporte de Residencia Profesional consiste en desarrollar un sistema de medición de corriente eléctrica utilizando como técnica el crecimiento de la temperatura como función de la corriente eléctrica. Es por ello que el título del proyecto es “Medición de corriente eléctrica a través de variación de temperatura”.

Esto consiste detectar cuanto voltaje y cuanta corriente pasa por un conductor de cobre con un sensor de temperatura TH100PT que alcanza desde $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ conectado a un circuito que convierte los valores de analógico al digital el MAX31865 y este manda valores a un arduino genuino uno conectado a la PC para recoger valores de la temperatura en 1 segundo.

Contenido

1.1 Introducción	6
1.2 Información General De La Institución Donde Se Desarrolló El Proyecto	7
1.3 Descripción de la Empresa o área relacionada con el proyecto	10
1.4 Antecedentes	12
1.5 Cronograma	13
1.6 planteamiento del problema	14
1.7 objetivos	15
1.8 justificación	15
2.1 Desarrollo Teórico	16
2.2 Termodinámica	16
2.3 Transferencia de calor	17
2.4 Modos de transferencia	18
2.5 Temperatura	20
2.6 Efecto joule	21
2.7 Efecto de la corriente eléctrica	23
2.8 Arduino	24
2.9 Sensor	27
2.10 Modulo periférico MAX31865PMB1	29
3.1 Procedimiento y desarrollo del proyecto	31
3.2 Construcción del sistema	31
3.3 Diseño del circuito eléctrico	35
3.4 Acoplamiento	37
3.5 Resultados	36
3.6 Conclusión	106
3.7 Referencia	106

Índice de Figuras	Pág.
Fig.1.2. Entrada principal del ITTG-----	9
Fig.1.3 Angilet 6813B Fuente de alimentación AC / Analizador de potencia de 1750 VA, 300 V, 13 A, Parte del frente-----	10
Fig.1.3.1 Angilet 6813B Fuente de alimentación AC / Analizador de potencia de 1750 VA, 300 V, 13, Parte de atrás-----	11
Fig.2.2 representación física de 2 cuerpos-----	16
Fig. 2.3 procesos de la transferencia de calor -----	17
Fig. 2.4. Transferencia de calor por medio de contacto directo (Conducción) ---	19
Fig. 2.5. Movimiento de las partículas a nivel microscópico -----	20
Fig. 2.6 Conductor que circula corriente ejerciendo el efecto joule -----	21
Fig.2.6.1 cuando una gran corriente circula a través de estos transmisores la temperatura se eleva -----	22
Fig.2.8 Placa impresa de Arduino uno -----	24
Fig.2.8.1 Características del Arduino -----	26
Fig.2.9 Sensor de temperatura -----	27
Fig.2.9.1 Características del sensor -----	27
Fig.2.10 Modulo periférico MAX31865 -----	29
Fig.2.10.1 Características y descripción de los pines del módulo periférico MAX31865 -----	29
Fig.2.10.2 Diseño de la placa MAX31865 -----	30
Fig.2.10.3 Diagrama de los puertos de entrada y salida del circuito MAX31865 --	30
Fig.3.2 Caja aislante de vidrio -----	31
Fig.3.2.1 Conductor de calibre 14 -----	32
Fig.3.2.2 Parte de atrás de la fuente de alimentación Agilent 6813B -----	32
Fig.3.2.3 Resistencia que se utilizó para las pruebas de 10 A -----	33
Fig.3.3 Componentes de la etapa de potencia -----	35

Fig.3.3 Conexión del circuito etapa de potencia en el software Proteus -----	35
Fig.3.3.1 Pista del circuito etapa de potencia -----	36
Fig.3.3.2 Simulación en 3D del circuito impreso etapa de potencia -----	36
Fig.3.3.3 Simulación en 3D parte de atrás de la placa impresa -----	36
Fig.3.4 Acoplamiento del sistema (sensor dentro de la caja de vidrio) -----	37

Acrónimos

ITTG: Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

CACEI: Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería.

CONAIC: Consejo nacional de acreditación en informática y computación.

UPS: Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI), por sus siglas en inglés Uninterrupted Power System.

CA: Corriente Alterna.

CC: Corriente continúa

PTC: Coeficiente de temperatura positivo.

IDE: Entorno de desarrollo

RTD: (Resistance temperature detector) Detector de temperatura resistivo.

CAPITULO 1

1.1 Introducción

La termodinámica es la rama de la física que describe los estados de equilibrio termodinámico a nivel macroscópico. El Diccionario de la lengua española de la Real Academia Española, por su parte, define a la termodinámica como la rama de la física encargada del estudio de la interacción entre el calor y otras manifestaciones de la energía.

La transferencia de calor es el proceso de propagación del calor en distintos medios. La parte de la física que estudia estos procesos se llama a su vez Transferencia de calor o Transmisión de calor. La transferencia de calor se produce siempre que existe un gradiente térmico o cuando dos sistemas con diferentes temperaturas se ponen en contacto.

El calor es energía en tránsito. Siempre que existe un gradiente de temperatura en un sistema o se ponen en contacto dos sistemas a diferente temperatura, se transfiere energía entre ellos.

precisamente esta investigación presenta de un sistema experimental que cuantificara la intensidad de corriente eléctrica mediante la transferencia de calor que se produce en los conductores eléctricos, se pretende caracterizar el calor en los conductores por medio de un sensor el cual estarán acomodado de la manera que capten la máxima transferencia de calor posible cuando se le active la carga, el sensor estarán captando la variación de temperatura, y estos valores serán recibidos por una adquisición de datos entre ARDUINO, en la que se graficara los datos para poder visualizar el comportamiento de la transferencia de calor y estos se guardan en variables para su análisis detallado.

1.2 Información general de la institución o empresa donde se desarrolló el proyecto.

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez es una institución pública dependiente de la Secretaría de Educación Pública. Imparte 9 carreras en la modalidad presencial, 2 maestrías y 2 doctorado en la unidad central, 5 cedes a distancias y 3 extensiones.

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez fue fundado el 24 de octubre de 1972, se encuentra ubicado en el centro del estado de Chiapas, que por su gran variedad de climas y suelos es propio para el cultivo de muy diversas especies vegetales nativas y adaptadas, con lo que se puede desarrollar la agroindustria, así como muchos otros procesos industriales a partir del gran potencial que ofrece este estado, en el cual el Instituto debe constituirse en el sujeto de cambio, al presentar alternativas de desarrollo sustentable del estado en forma multidisciplinaria.

	Licenciaturas
1	Ingeniería Industrial (Presencial / Distancia)
2	Ingeniería Eléctrica
3	Ingeniería Electrónica
4	Ingeniería Química
5	Ingeniería Bioquímica
6	Ingeniería en Sistemas Computacionales (Presencial / Distancia)
7	Ingeniería en Gestión Empresarial
8	Ingeniería Logística
9	Ingeniería Mecánica

	Maestrías
1	Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica
2	Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica
	Doctorados
1	Doctorado en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología
2	Doctorado en Ciencias de la Ingeniería

La planta docente está integrado por 129 docentes de tiempo completo, 30 de tiempo parcial. 44 de asignatura (por horas) haciendo un total de 203 docentes de los cuales 77 docentes cuentan con estudios de posgrado.

Se cuenta con 7 programas de estudios acreditados por su buena calidad, que son las ingenierías: Industrial, Electrónica, Eléctrica, Mecánica, Química y Bioquímica por el consejo de acreditación de escuelas de ingeniería (CACEI) e ingeniería en sistemas computacionales reconocido por el consejo nacional de acreditación en informática y computación (CONAIC).

Se cuenta con una matrícula de 3,616 estudiantes de licenciaturas inscritos a los 7 programas acreditados en el 2016 egresaron 232 estudiantes con una total de 485 titulados en el mismo periodo. [1]

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG); es una universidad pública de tecnología, ubicada en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. En la figura 1.2 se muestra la entrada principal del ITTG.



Fig.1.2. Entrada principal del ITTG.

Dirección: Carr. Panamericana Km.1080, Terán, 29050 Tuxtla Gutiérrez, Chis.
Teléfono: 01 961 615 0380. Tipo: Pública. Colores académicos: Azul, Rojo y Blanco. Fundación: 22 de octubre de 1972.

Misión

Formar de manera integral profesionistas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

Visión

Ser una Institución de excelencia en la educación superior tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

1.3 Descripción de la Empresa o área relacionada con el proyecto

Aula Z-13 posgrado Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica ubicada en el edificio Z, un lugar específico para investigaciones de los alumnos de la maestría cuenta con internet inalámbrico dentro del aula, tienen escritorios y mesas para su utilización adecuada de los estudiantes. Hay equipos eficientes de laboratorio colocado en esa aula.

Equipo utilizado

Uno de los equipos más importantes que están dentro del laboratorio es el Agilent 6813B es ideal para aplicaciones tales como pruebas de la fuente de alimentación, las pruebas de UPS, probador de factor de potencia de los equipos. La instalación es fácil con la interfaz gráfica de usuario, que no requiere programación compleja al equipo se puede observar en la figura 1.3. El Agilent 6813B proporciona una solución completa de energía y medición de CA y CC con amplias funciones para protección.



Fig. 1.3 Angilet 6813B Fuente de alimentación AC / Analizador de potencia de 1750 VA, 300 V, 13 A, Parte del frente.



Fig.1.3.1 Angillet 6813B Fuente de alimentación AC / Analizador de potencia de 1750 VA, 300 V, 13, Parte de atrás.

Este instrumento también puede utilizarse para producir energía de CC, que se puede observar en la Fig.1.3.1 ya sea solo o como una compensación de CC a una forma de onda de CA. Un segundo analizador de potencia opcional está disponible, que se puede utilizar independientemente de la fuente, o para las mediciones de dos nodos, tales como pruebas de eficiencia de la fuente de alimentación de entrada o salida. Esta fuente de alimentación / analizador de potencia AC combina las capacidades de un multímetro, osciloscopio, analizador de armónicos, generador de formas de onda y analizador de potencia en un solo dispositivo. [2]

Características principales y especificaciones.

Valores De Salida

- Potencia: 1750 VA
- Voltaje Rms: 300 V
- Corriente Rms: 13 A
- Corriente de pico: 80 A
- Rango de frecuencia de salida CD, 45 Hz a 1 kHz

Rizado y ruido (20 kHz a 10 MHz)

- -60 DB (con respecto a la escala completa)

Línea y Regulación de carga

- Regulación de línea (% de la escala completa): 0.1%
- Regulación de la carga (% de la escala completa): 0.5%

Precisión de la medida

- Tensión (35-100 Hz): 0,03% + 100 mV.
- Voltaje DC: 0,05% + 150 mV.
- Corriente (45-100 Hz).
- Potencia (VA) (45-100 Hz).

1.4 Antecedentes

P.M. Cavaleiro presenta en 1998 un sensor híbrido óptico-corriente, combinando una rejilla de Bragg cubierta metálicamente [1], con un transformador de corriente estándar. Realiza mediciones de corriente en 50Hz con resolución de 2mA. Describe un sensor de corriente basado en la sensibilidad de una rejilla de Bragg ante cambios de temperatura. El cambio de temperatura es realizado por corriente eléctrica que pasa a través de una fina capa conductora en la superficie de 47 la fibra óptica donde se encuentra la rejilla de Bragg. Utiliza una bobina Rowoski para incrementar la corriente eléctrica, y para la rejilla un esquema demodulador pasivo de fibra óptica con un filtro biconical BFF. Para medir el cambio de longitud de onda implementa software para variaciones de intensidad en el tiempo y variaciones de la intensidad del espectro de banda ancha de la fuente. [3]

José Bruno Roblero Galdámez presenta en el 2011 una investigación de una propuesta experimental como sensor de fibra óptica que cuantifica la intensidad de corriente eléctrica mediante transferencia de calor y que puede ser utilizado para monitorear el consumo de energía, ofreciendo así las ventajas que presenta la fibra óptica sobre sistemas eléctricos. El sensor propuesto consiste en un sistema láser-óptico en donde el comportamiento temporal de la potencia de emisión es una variable dependiente de la intensidad de la corriente eléctrica en un circuito

eléctrico, como una consecuencia de la *transferencia de calor* provocado en un conductor eléctrico hacia una rejilla de Bragg de fibra óptica. El procedimiento permite el aumento o reducción de la resonancia en la cavidad láser describiendo un cambio en la emisión que puede ser medida de manera sencilla en un fotodetector. [4]

1.5 Cronograma

Actividad	Semana															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Diseño del circuito eléctrico	x	x														
Instrumentación del sensor de temperatura			x	x	x	x	x									
Caracterización de pendientes								x	x							
Diseño de procedimiento de detección autónoma.										x	x	x	x	x		
Búsqueda bibliográfica	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
escritura	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Nombre del proyecto

Medición de corriente Eléctrica a través de variación de Temperatura.

a) Objetivo del proyecto

Desarrollar un sistema de medición de corriente eléctrica utilizando como técnica el crecimiento de la temperatura como función de la corriente eléctrica.

a) Descripción detallada de las actividades

Diseño del circuito eléctrico:

Crear el sistema eléctrico donde fluirá, que se utilizara como referencia para medición de la corriente eléctrica.

Instrumentación del sensor de temperatura:

Instrumentar electrónicamente el sensor utilizando para medir la referencia.

Característica de pendientes:

Encontrar la metodología para conocer cada una de las pendientes de crecientito de la temperatura como función de la corriente eléctrica para poder tener una medición de la corriente.

Diseño de procedimiento detección autónoma:

Diseño de la interfaz gráfica con un lenguaje de programación.

b) Lugar donde se realizará el proyecto

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

c) Horario sugerido de trabajo

8- 16.

1.6 Planteamiento del problema

Para medir la temperatura de un cuerpo, colocamos el termómetro o sensor en contacto con él, al interactuar los dos, el sensor se calienta y el cuerpo se enfría. Una vez que el sensor se estabiliza, leemos la temperatura. El sistema está en una condición de equilibrio, en la cual la interacción entre el termómetro y el cuerpo ya no causa un cambio en el sistema. A esto se le llama equilibrio térmico.

Los amperímetros térmicos convencionales tienen un tiempo de respuesta de varios minutos, el tiempo de respuesta sería uno de los problema a resolver ya

que la propuesta de investigación podrá dar suficiente información al obtener las pendientes de temperatura para hacer próximamente un dispositivo como sensor de corriente eléctrica monofásica el cual pueda ser utilizado para monitorear el consumo de energía, estas mediciones de corrientes las haría en segundos y hasta fracciones de segundo ya que no esperaría el equilibrio térmico sino que solo los primeros segundos para que sea capaz de calcular la pendiente, teniendo estas se comparara con los datos que nos dio la propuesta de investigación para calcular la corriente.

1.7 Objetivos

Objetivo general:

Caracterizar la transferencia de calor en conductores eléctricos provocado por el paso de corriente eléctrica

Objetivo específico:

Calcular las pendientes de la variación de temperatura en el menor tiempo posible.
Graficar la variación de temperatura que se produce en los cables conductores en diferentes corrientes.

1.4 Justificación

Podremos medir corriente en los conductores a partir de las pendientes de variación de temperatura al aplicarle corriente eléctrica.

Para hacer un dispositivo el cual por medio de las pendientes de calor obtenidas por los sensores sea capaz de calcular la corriente eléctrica en cuestión de segundos.

CAPITULO 2

2.1 Desarrollo Teórico

2.2 Termodinámica

La Ley de Cero se basa en la observación y en su comprobación experimental. Consideremos dos observaciones como punto de partida:

Si dos cuerpos están en contacto térmico por un tiempo lo suficientemente largo, ningún cambio futuro observable toma lugar y se dice que el equilibrio térmico prevalece. Dos sistemas que están individualmente en equilibrio térmico con un tercero, estos dos están en equilibrio térmico uno con el otro; los tres sistemas tienen el mismo valor de la propiedad llamada temperatura.

Estas ideas que relacionan la temperatura y del equilibrio térmico se expresan formalmente en la Ley Cero de la Termodinámica: Ley Cero: Existe para cada sistema termodinámico en equilibrio una propiedad llamada temperatura. La igualdad de la temperatura es una condición necesaria y suficiente para el equilibrio térmico.

La Ley Cero define así una propiedad (temperatura) y describe su comportamiento. Es importante observar que esta ley es verdadera sin importar cómo medimos la propiedad temperatura [1]. En la figura 2.2 se presenta la representación de do cuerpos que están en contacto térmico. [5]



*Fig.2.2 representación física de 2 cuerpos
Hasta que llegan a un equilibrio térmico.*

2.3 Transferencia de calor

La transferencia de calor es el proceso de propagación del calor en distintos medios podemos observar un ejemplo físico en la Fig.2.3. La parte de la física que estudia estos procesos se llama a su vez Transferencia de calor o Transmisión de calor. La transferencia de calor se produce siempre que existe un gradiente térmico o cuando dos sistemas con diferentes temperaturas se ponen en contacto.

El proceso persiste hasta alcanzar el equilibrio térmico, es decir, hasta que se igualan las temperaturas. Cuando existe una diferencia de temperatura entre dos objetos o regiones lo suficientemente próximas, la transferencia de calor no puede ser detenida, solo puede hacerse más lenta.

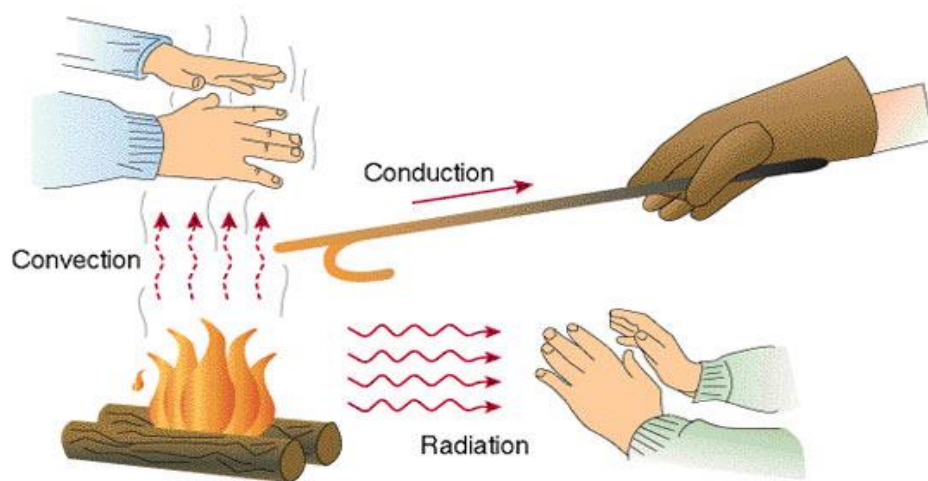


Fig. 2.3 procesos de la transferencia de calor

La termodinámica es la ciencia que estudia la relación entre el calor y otras formas de energía. El calor es energía en tránsito. Siempre que existe un gradiente de temperatura en un sistema o se ponen en contacto dos sistemas a diferente temperatura, se transfiere energía entre ellos. Sabemos de esta transferencia, no porque la veamos, sino por los cambios que se producen en el o los sistemas.

La Termodinámica, basándose en los estados de cada sistema desde un punto de vista macroscópico, es decir, en función de atributos tales como la presión, la temperatura y el volumen, que se pueden medir, determina si ha habido cambios en la energía interna de los mismos.

En cumplimiento del Primer principio y descartada la interacción de trabajo con el exterior, la variación de energía interna solo puede ser debida a calor, es decir, a transferencia de energía de un sistema al otro. [6]

2.4 Modos de transferencia

En general, se reconocen tres modos distintos de transferencia de calor: conducción, convección y radiación, aunque en rigor, solo la conducción y radiación debieran considerarse formas de transmisión de calor, porque solo ellas dependen exclusivamente de un desequilibrio térmico para producirse. Para que se produzca convección, tiene que haber un transporte mecánico de masa además de una diferencia de temperatura, sin embargo, teniendo en cuenta que la convección también transfiere energía de zonas con mayor temperatura a zonas con menor temperatura, normalmente se admite el modo transferencia de calor por convección.

- **Conducción:** Es la transferencia de calor que se produce a través de un medio material como observamos en la Fig.2.4. por contacto directo entre sus partículas, cuando existe una diferencia de temperatura y en virtud del movimiento de sus micropartículas. El medio puede ser sólido, líquido o gaseoso, aunque en líquidos y gases solo se da la conducción pura si se excluye la posibilidad de convección. La cantidad de calor que se transfiere por conducción, viene dada por la ley de Fourier. Esta ley afirma que la velocidad de conducción de calor a través de un cuerpo por unidad de sección transversal, es proporcional al gradiente de temperatura que existe en el cuerpo.



Fig. 2.4. Transferencia de calor por medio de contacto directo (Conducción)

- **Convección:** La transmisión de calor por convección se compone de dos mecanismos simultáneos. El primero, es la transferencia de calor por conducción, debido al movimiento molecular, a la que se superpone la transferencia de energía por el movimiento de fracciones del fluido que se mueven accionadas por una fuerza externa, que puede ser un gradiente de densidad (convección natural), o una diferencia de presión producida mecánicamente (convección forzada) o una combinación de ambas. La cantidad de calor transferido por convección, se rige por la ley de enfriamiento de Newton
- **Radiación:** Se puede atribuir a cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas constitutivas. En ausencia de un medio, existe una transferencia neta de calor por radiación entre dos superficies a diferentes temperaturas, debido a que todas las superficies con temperatura finita emiten energía en forma de ondas electromagnéticas. El calor emitido por una superficie en la unidad de tiempo, viene dado por la ley de Stefan-Boltzmann. [7]

2.5 Temperatura

La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de calor medible mediante un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica. Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como «energía cinética», que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que este se encuentra más caliente como vemos en la Fig.2.5. es decir, que su temperatura es mayor.

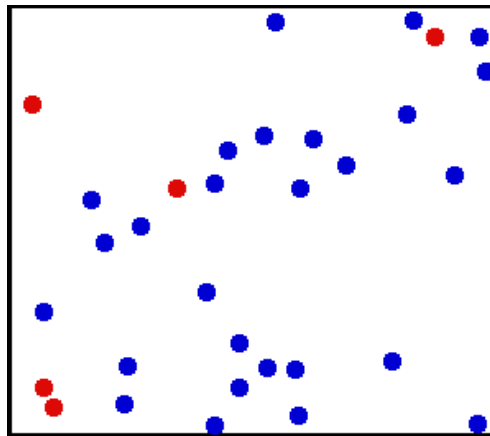


Fig. 2.5. Movimiento de las partículas a nivel microscópico.

La temperatura es una propiedad física que se refiere a las nociones comunes de calor o ausencia de calor, sin embargo su significado formal en termodinámica es más complejo. Termodinámicamente se habla de la velocidad promedio o la energía cinética (movimiento) de las partículas de las moléculas, siendo de esta manera, a temperaturas altas, la velocidad de las partículas es alta, en el cero absoluto las partículas no tienen movimiento. A menudo el calor o el frío percibido por las personas tiene más que ver con la sensación térmica (ver más abajo), que con la temperatura real. Fundamentalmente, la temperatura es una propiedad que

poseen los sistemas físicos a nivel macroscópico, la cual tiene una causa a nivel microscópico, que es la energía promedio por la partícula.

Y actualmente, al contrario de otras cantidades termodinámicas como el calor o la entropía, cuyas definiciones microscópicas son válidas muy lejos del equilibrio térmico, la temperatura solo puede ser medida en el equilibrio, precisamente porque se define como un promedio.

La temperatura está íntimamente relacionada con la energía interna y con la entalpía de un sistema: a mayor temperatura mayor serán la energía interna y la entalpía del sistema.

La temperatura es una propiedad intensiva, es decir, que no depende del tamaño del sistema, sino que es una propiedad que le es inherente y no depende ni de la cantidad de sustancia ni del material del que este compuesto. [8]

2.6 Efecto joule

Se conoce como efecto Joule al fenómeno irreversible por el cual si en un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido a los choques que sufren con los átomos del material conductor por el que circulan, elevando la temperatura del mismo. El movimiento de los electrones en un cable es desordenado; esto provoca continuas colisiones con los núcleos atómicos y como consecuencia una pérdida de energía cinética y un aumento de la temperatura en el propio cable, como se presenta en la Fig.2.6.

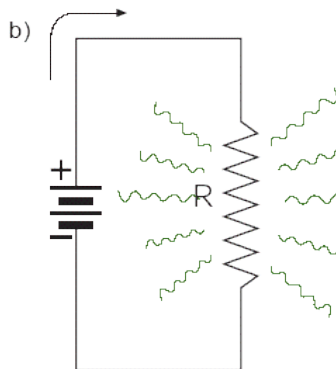


Fig. 2.6 Conductor que circula corriente ejerciendo el efecto joule

El efecto Joule se utiliza en incontable número de aparatos y procesos industriales. La parte del aparato que convierte la energía eléctrica en calor mediante el efecto Joule se llama elemento de calefacción.

Hay muchos usos prácticos del efecto Joule:

Una lámpara incandescente se ilumina cuando el filamento se calienta por efecto Joule.

Las estufas eléctricas usualmente trabajan por efecto Joule.

Los fusibles eléctricos se basan en el hecho de que si se excede el flujo de corriente, se generará suficiente calor para fundir el fusible.

Los cigarrillos electrónicos trabajan generalmente por calentamiento Joule, vaporizando propilenglicol y glicerina vegetal.

Los termistores son resistencias cuya resistencia cambia cuando cambia la temperatura ya vemos unos ejemplos en la Fig.2.6.1. Se utilizan a veces en combinación con el calentamiento Joule: si una gran corriente se envía a través del termistor, se eleva la temperatura del dispositivo y por lo tanto sus cambios de resistencia. Si el dispositivo tiene un coeficiente de temperatura positivo de la resistencia (PTC), el aumento de temperatura causa una caída en la corriente, y atribuye al dispositivo una utilidad de protección del circuito similar a los fusibles, o para la reacción en los circuitos, o para otros muchos propósitos. En general, el auto-calentamiento puede convertir en una resistencia de un elemento de circuito no lineal y de histéresis. [9]

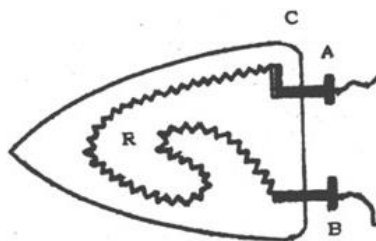


Fig.2.6.1 cuando una gran corriente circula a través de estos transmisores la temperatura se eleva.

2.7 Efecto de la corriente eléctrica

La corriente eléctrica es de gran importancia y utilidad por el conjunto de efectos que produce en los conductores por los cuales atraviesa y los alrededores entre estos efectos tenemos:

Efecto térmico: se produce cuando un conductor es atravesado por una corriente eléctrica, trayendo como consecuencia que dicho conductor se caliente. en este caso la energía eléctrica es convertida en energía calorífica, tal como ocurre cuando se calienta una plancha o una hornilla eléctrica de la cocina y cuando se pone en funcionamiento un calentador de agua.

Efecto químico: se produce cuando la corriente eléctrica es llevada a través de ciertas sustancias, trayendo como consecuencia cambios químicos en dichas sustancias. Así por ejemplo, si una corriente atraviesa agua con ácido, este se descompone en oxígeno e hidrógeno. Por este efecto algunas sustancias son alteradas químicamente cuando son atravesadas por una corriente eléctrica.

Efecto magnético: se lleva a cabo cuando alrededor de los conductores que transportan las corrientes eléctricas se producen campos magnéticos. Así, cuando se acerca una aguja magnética a un conductor que transporta corriente, se observa que la aguja se desvía bruscamente de su posición.

Efecto lumínico: se pone de manifiesto cuando al pasar la corriente a través del filamento se enciende una bombilla eléctrica. La energía eléctrica se transforma en energía luminosa, es el caso de los tubos fluorescentes, tubos de descarga y diodos luminosos. [10]

2.8 Arduino

Arduino (Genuino a nivel internacional hasta octubre 2016), es una compañía de hardware libre y una comunidad tecnológica que diseña y manufactura placas computadora de desarrollo de hardware y software, compuesta respectivamente por circuitos impresos que integran un microcontrolador como se ve en la Fig.2.8 y un entorno de desarrollo (IDE), en donde se programa cada placa.

Arduino se enfoca en acercar y facilitar el uso de la electrónica y programación de sistemas embebidos en proyectos multidisciplinarios. Toda la plataforma, tanto para sus componentes de hardware como de software, son liberados con licencia de código abierto que permite libertad de acceso a ellos.

El hardware consiste en una placa de circuito impreso con un microcontrolador, usualmente Atmel AVR, puertos digitales y analógicos de entrada/salida, los cuales pueden conectarse a placas de expansión (shields), que amplían las características de funcionamiento de la placa Arduino. Asimismo, posee un puerto de conexión USB desde donde se puede alimentar la placa y establecer comunicación con el computador. [11]



Fig.2.8 Placa impresa de Arduino uno

Arduino se puede utilizar para desarrollar objetos interactivos autónomos o puede ser conectado a software tal como Adobe Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data, etc. Una tendencia tecnológica es utilizar Arduino como tarjeta de adquisición de datos desarrollando interfaces en software como JAVA, Visual Basic y LabVIEW. Las placas se pueden montar a mano o adquirirse. El entorno de desarrollo integrado libre se puede descargar gratuitamente.

Actualmente existen diferentes tipos de placas.

Arduino Galileo,¹⁶ Arduino Uno, Arduino Leonardo, Arduino Due, Arduino Yún, Arduino Tre (En Desarrollo), Arduino Zero, Arduino Micro, Arduino Esplora, Arduino Mega ADK, Arduino Ethernet, Arduino Mega 2560, Arduino Robot, Arduino Mini, Arduino Nano, LilyPad Arduino Simple, LilyPad Arduino SimpleSnap, LilyPad Arduino, LilyPad Arduino USB, Arduino Pro Mini, Arduino Fio, Arduino Pro, Arduino MKR1000/Genuino MKR1000, Arduino MICRO/Genuino MICRO, Arduino 101/Genuino 101, Arduino Gemma.

Funciones básicas y operadores

Arduino está basado en C y soporta todas las funciones del estándar C y algunas de C++.²⁴ A continuación se muestra un resumen con la estructura y sintaxis del lenguaje Arduino:

Sintaxis básica

- Delimitadores: `;`, `{}`
- Comentarios: `//`, `/* */`
- Cabeceras: `#define`, `#include`
- Operadores aritméticos: `+`, `-`, `*`, `/`, `%`
- Asignación: `=`
- Operadores de comparación: `==`, `!=`, `<`, `>`, `<=`, `>=`
- Operadores Booleanos: `&&`, `||`, `!`
- Operadores de acceso a punteros: `*`, `&`
- Operadores de bits: `&`, `|`, `^`, `~`, `<<`, `>>`

- Operadores compuestos:
- Incremento y decremento de variables: ++, --
- Asignación y operación: +=, -=, *=, /=, &=, |=

Estructuras de control

- Condicionales: if, if...else, switch case
- Bucles: for, while, do. while
- Bifurcaciones y saltos: break, continue, return, goto

E/S digital

- pinMode(pin, modo).
- digitalWrite(pin, valor).
- int digitalRead(pin).

El tipo de memoria del Arduino es EEPROM y memoria flash, CPU el tipo de CPU es AVR, ARM cortex, Intel Quark como podemos observar en la imagen de abajo en la Fig.2.8.1



Arduino	
Tipo	Placa computadora (microcontrolador de placa simple)
CPU	AVR, ARM Cortex, Intel Quark
Memoria	SRAM
Capacidad de almacenamiento	Memoria Flash, EEPROM

Fig.2.8.1 Características del Arduino

2.9 Sensor

El sensor de temperatura utilizado es el TH100PT de la compañía thorlabs. En la figura 2.9 se presenta físicamente, y en la Fig.2.9.1 se presenta unas de las características de este señor.



Fig.2.9 Sensor de temperatura

TH100PT	
Rating	A100 Ohm @ 0 °C
Temp. Coefficient	$3.85 \times 10^{-3} / K$
Accuracy	Class B Tolerance (± 0.3 °C @ 100 Ohm)
Operating Range	-70 to 400 °C (-94 to 752 °F)

Fig.2.9.1 Características del sensor

El sensor de temperatura que se utilizó para detectar el calor del conductor donde está circulando la corriente es el TH100PT tiene el rango de soportar temperaturas desde lo -70°C a los 400°C , contiene resistencia de 100 ohm (RTD). [12]

Especificaciones:

Body Dimensions: 0.08" x 0.20" x 0.05" (2.0mm x 5.0mm x 1.3mm)

Lead Dimensions: 0.6" long (15mm), 0.010" Diameter Ag (0.25mm)

Resistance: 100Ω @ 0°C $\pm 0.12\%$ (EN60751 Class B)

Material: Aluminum oxide substrate with fused glass cover

Temperature Coefficient: $3.85 \times 10^{-3} / K$ (TCR = $0.00385 \Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$)

Repeatability: $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ or better

Stability: Drift less than $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ / year in normal use

Temperature Range: -70 to 400°C (-94 to 752°F)

En la Tabla 2.9.2 se presenta información de la variación de resistencias en función de la temperatura. La ecuación que gobierna es

$$R_T = R_0 (1 + AT + BT^2) \quad (2.1)$$

1 (De acuerdo con IEC 751,2:1995-07 [DIN EN 60751; 1996-07])

Dónde:

$A = 3.9083 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ and $B = - 5.775 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$

R_T Es la Resistencia en Ω en la temperatura T .

T es la temperatura en $^\circ\text{C}$.

$R_0 = 100$

Tabla 2.9.2 Valores de resistencias del TH100PT en función de la temperatura.

$^\circ\text{C}$	Ω	$^\circ\text{C}$	Ω	$^\circ\text{C}$	Ω	$^\circ\text{C}$	Ω
-70	72.36	30	111.67	130	149.83	230	186.84
-65	74.35	35	113.61	135	151.71	235	188.66
-60	76.34	40	115.54	140	153.58	240	190.47
-55	78.33	45	117.47	145	155.46	245	192.29
-50	80.31	50	119.40	150	157.33	250	194.10
-45	82.30	55	121.32	155	159.19	255	195.91
-40	84.27	60	123.24	160	161.05	260	197.71
-35	86.25	65	125.16	165	162.91	265	199.51
-30	88.22	70	127.08	170	164.77	270	201.31
-25	90.19	75	128.99	175	166.63	275	203.11
-20	92.16	80	130.90	180	168.48	280	204.90
-15	94.12	85	132.80	185	170.33	285	206.70
-10	96.09	90	134.71	190	172.17	290	208.48
-5	98.04	95	136.61	195	174.02	295	210.27
0	100.00	100	138.51	200	175.86	300	212.05
5	101.95	105	140.40	205	177.69	305	213.83
10	103.90	110	142.29	210	179.53	310	215.61
15	105.85	115	144.18	215	181.36	315	217.38
20	107.79	120	146.07	220	183.19	320	219.15
25	109.73	125	147.95	225	185.01	325	220.92

2.10 Módulo periférico MAX31865PMB1

El módulo periférico MAX31865PMB1 representado en la Fig.2.10 es hardware que convierte RTD a digital, El IC es una herramienta fácil de usar de resistencia a digital Convertidor optimizado para la temperatura de resistencia de platino Detectores (RTD). Este módulo está configurado para funcionar con PT100 platino RTD. Unas de las características del módulo están en la Fig.2.10.1 [13]

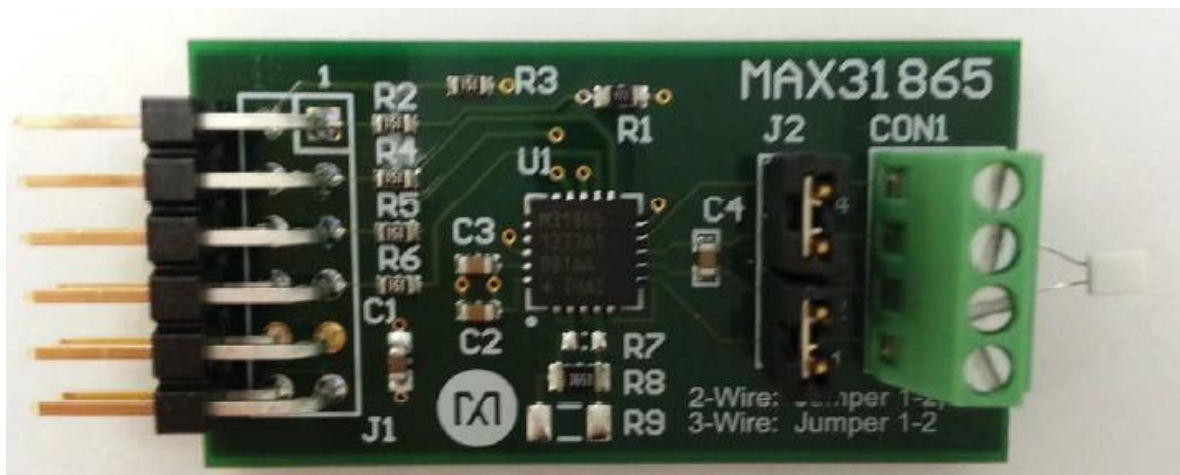


Fig.2.10 Módulo periférico MAX31865

PIN	SIGNAL	DESCRIPTION
1	SS	Chip Select. Assert low to enable the SPI interface.
2	MOSI	MAX31865 Serial-Data Input
3	MISO	MAX31865 Serial-Data Output
4	SCLK	MAX31865 Serial-Clock Input
5, 11	GND	Ground
6, 12	V _{CC}	+3.3V Power Supplies
7	DRDY	Active-Low Push-Pull Data-Ready Output. DRDY goes low when a new conversion result is available in the data register. When a read-operation of an RTD resistance data register occurs, DRDY returns high.
8-10	—	No Connection

Fig.2.10.1 Características y descripción de los pines del módulo periférico MAX31865

En la Fig.2.10.2 se observa el diseño de la placa impresa y los componentes en el MAX31865. En la Fig.2.10.3 se muestra específicamente cada uno de los puertos de entrada y salida.

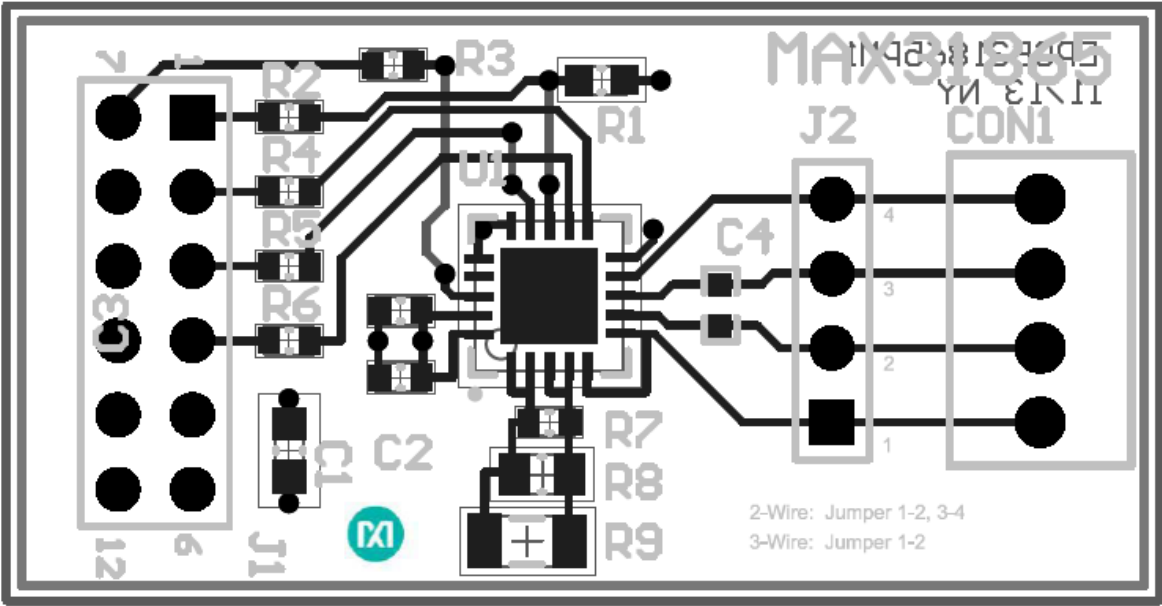


Fig.2.10.2 Diseño de la placa MAX31865

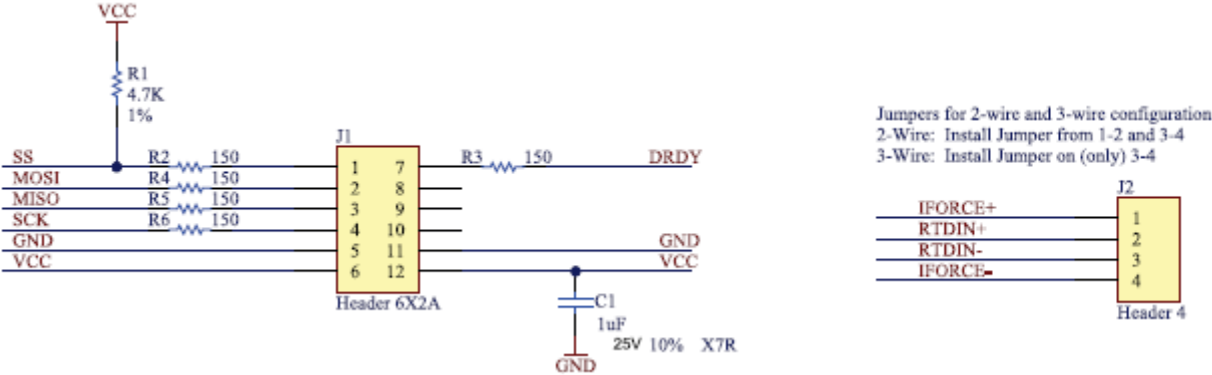


Fig.2.10.3 Diagrama de los puertos de entrada y salida del circuito MAX31865

CAPITULO 3

3.1 Procedimiento y desarrollo del proyecto

Este reporte de Residencia Profesional consiste en desarrollar un sistema de medición de corriente eléctrica utilizando como técnica el crecimiento de la temperatura como función de la corriente eléctrica. Es por ello que el título del proyecto es “Medición de corriente eléctrica a través de variación de temperatura”.

Este sistema de medición consiste detectar cuanto voltaje y cuanta corriente pasa por un conductor de cobre con un sensor de temperatura TH100PT que alcanza desde $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ conectado a un circuito que convierte los valores de analógico al digital el MAX31865 y este manda valores a un arduino genuino uno conectado a la PC para recoger valores de la temperatura en 1 segundo.

3.2 Construcción del sistema

Para la construcción del proyecto se colocó el sistema en una caja aislante de vidrio como se ve en la Fig.3.2 para tratar de que solo interactúe el sensor TH100PT y el conductor que provoca el efecto joule, la caja es de vidrio ya que las conductividades térmicas el vidrio tiene 0.8 k(w/mk) es considerado aislante de temperatura por su baja conductividad térmica.

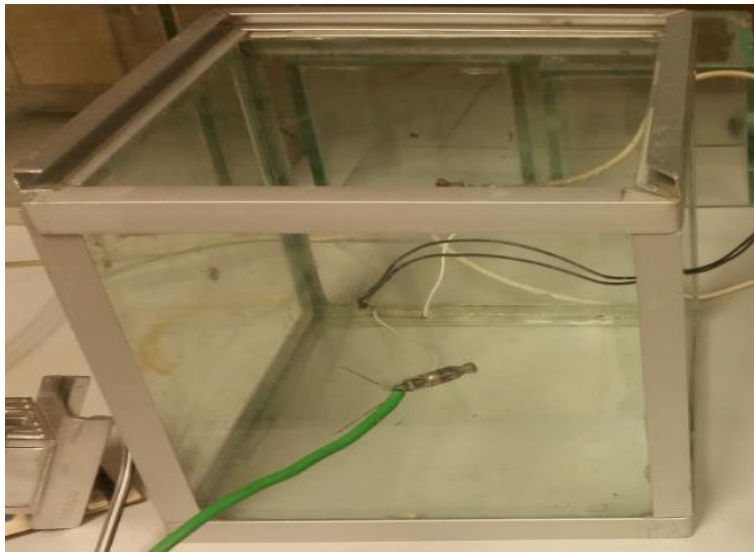


Fig.3.2 Caja aislante de vidrio

En la caja aislante se colocó un conductor de calibre 14 con un diámetro de 1.62 mm y 2.08 mm² de sección que soporta hasta 15 A, suficiente para soportar ya que el sistema utilizara desde 1 A hasta 10 A.

En la Fig.3.2.1 se muestra el conductor calibre 14 donde podemos observar que hay 3 vueltas sobre un material resistente a la temperatura, ese material es donde se introducirá el sensor TH100PT.



Fig.3.2.1 Conductor de calibre 14

Por este conducto circula corriente que manda la fuente de alimentación AC / Analizador de potencia de 1750 VA, 300 V, 13 A. El Agilent 6813B. Fig.3.2.2



Fig.3.2.2 Parte de atrás de la fuente de alimentación Agilent 6813B

De la fuente de alimentación El Agilent 6813B manda corriente y voltaje a una resistencia Fig.3.2.3 Sumergida en agua para soportar los 10A a este se le analiza el conductor de calibre 14 anexado. Es decir el sistema de acoplamiento en la caja aisladora



Fig.3.2.3 Resistencia que se utilizó para las pruebas de 10 A

Dentro de este acoplamiento se programó el arduino uno Genuino para que el El módulo periférico MAX31865PMB1 convierta la señal que está recibiendo del sensor TH100PT el código que se utilizó para programar el sensor se mostrara a continuación.

```
#include <Adafruit_MAX31865.h>
Adafruit_MAX31865 max = Adafruit_MAX31865(10,11,12,13);
#define RREF 400.0
const int ledPin = 7;    // the number of the LED pin

int ledState = LOW;      // ledState used to set the LED
long previousMillis = 0; // will store last time LED was upd

long intervalOn = 300000; // medio segundo ON
long intervalOff = 5000; // cinco segundos OFF
void setup() {
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  Serial.begin(115200);
  max.begin(MAX31865_2WIRE);
}
void loop() {

  uint16_t rtd = max.readRTD();
  float ratio = rtd;
```

```

    ratio /= 32768;
    // Serial.println(max.temperature(100, RREF));
    uint8_t fault = max.readFault();
    delay(333);
    Serial.println(max.temperature(100, RREF));
    carga();
}
void carga()
{
    unsigned long currentMillis = millis();
    if (ledState == LOW) {
        if(currentMillis - previousMillis > intervalOff) {
            previousMillis = currentMillis;
            ledState = HIGH;
        }
    } else {
        if(currentMillis - previousMillis > intervalOn) {
            previousMillis = currentMillis;
            ledState = LOW;
        }
    }
}
digitalWrite(ledPin, ledState);
}

```

En la misma ventana se programó el MAX31865PMB1, el sensor TH100PT, y el circuito impreso etapa de potencia.

Este circuito etapa de potencia se utilizó para activar la carga a los 5 segundos después de prender el arduino Genuino, la carga permanece activada durante 5 minutos y luego se apaga hasta ese punto ya se estabilizo el censado de la temperatura es decir ya se obtuvo la información.

3.3 Diseño del circuito eléctrico

Se creó una etapa de potencia para que se tuviera el control de la activación de la carga en este caso la Fuente de alimentación AC / Analizador de potencia de 1750 VA, 300 V, 13 A. El Agilent 6813B, en la Fig.3.3 aparecen los componentes que se utilizó para la creación de esta etapa de potencia fueron los siguientes.

Reference	Type	Value	Package
➔ J1	CONN-SIL2	CONN-SIL2	CONN-SIL2
➔ J2	TBLOCK-I3	TBLOCK-I3	TBLOCK-I3
➔ R1	RES	220	RES40
➔ R2	RES	180	RES40
➔ U1	MOC3021	MOC3021	DIL06
➔ U2	Q8025R5	Q8025R5	TO220

Fig.3.3 Componentes de la etapa de potencia

- Una resistencia de 220 ohm
- Una resistencia de 180 ohm
- Un Optoacoplador MOC3011
- Un transistor MAC11
- Un disipador de calor
- pines hembra así como una culca o conector de tres entradas.

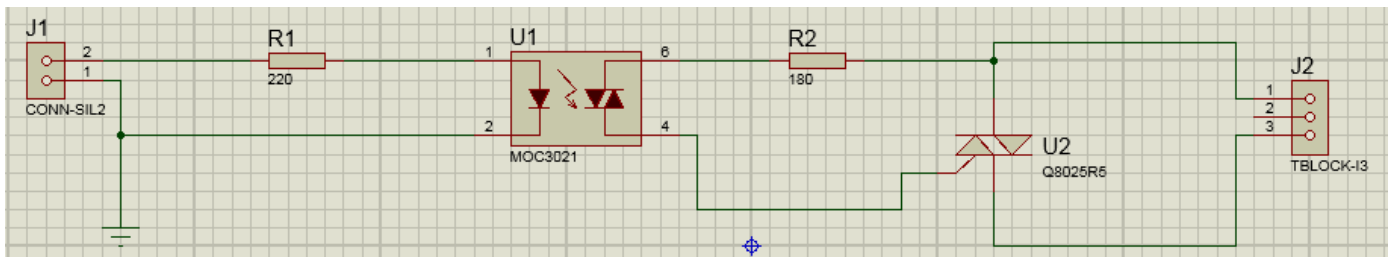


Fig.3.3 Conexión del circuito etapa de potencia en el software Proteus

En la Fig.3.3 podemos observar cómo está diseñada la placa etapa de potencia y como está conectada simulado en el software Proteus, las resistencias son de 220 y 180 ohm un transistor MAC22 y el optoacoplador MOC3011.

La conexión de la placa ya impresa se muestra en la Fig.3.3.1 el grosor de la línea azul en este caso sería la que conduce es de 50 las medidas de la placa es 7 x 2.

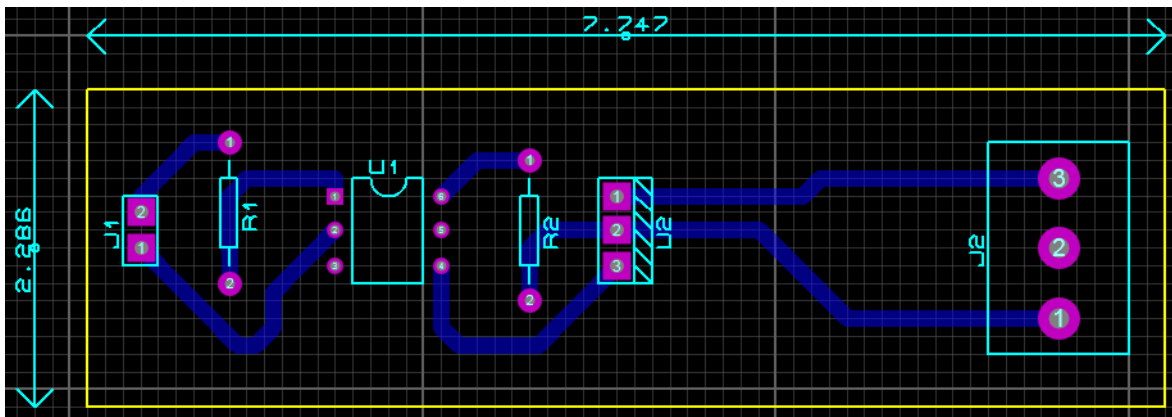


Fig.3.3.1 Pista del circuito etapa de potencia.

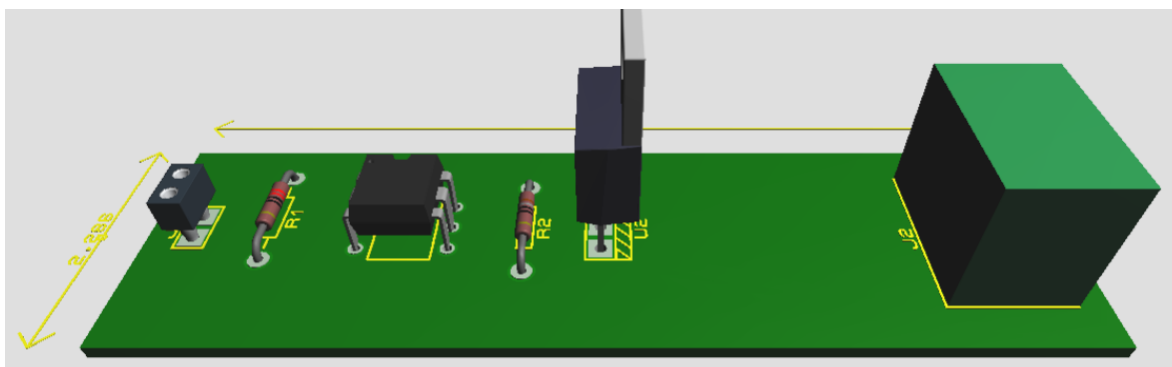


Fig.3.3.2 Simulación en 3D del circuito impreso etapa de potencia

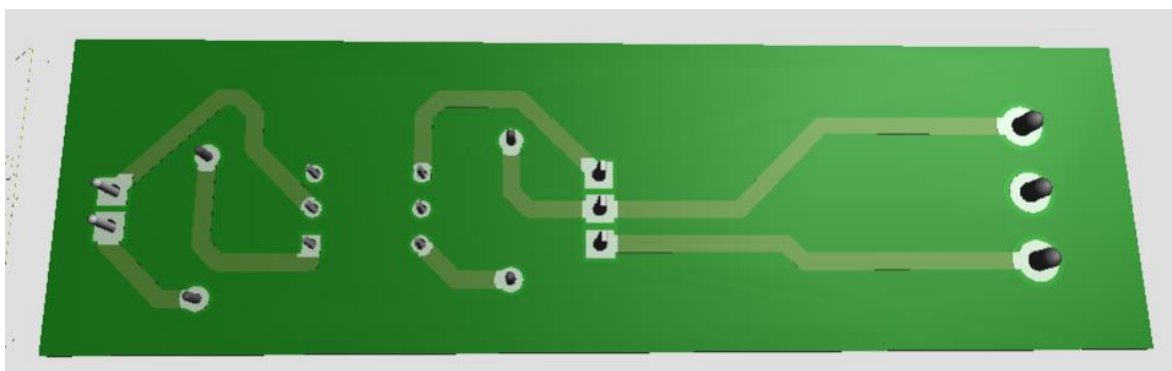


Fig.3.3.3 Simulación en 3D parte de atrás de la placa impresa

La Fig.3.3.2 y la Fig.3.3.3 muestran el diseño en 3D donde se aprecia muy clara la placa antes de imprimirlo, esta placa estará manipulada por un Arduino uno a través de comandos. La placa está capacitada para resistir 10 A y 220 V que fluirán a través de ella. Esta placa se diseñó con el software Proteus 8 professional-schematic capture.

El led que está dentro del MOC3011 se activara con 3V de CD que mandara el arduino uno esto permitirá el paso de corriente en el transistor MAC112 para que fulla y se active la carga, dirigida con un código desde el arduino, este código consiste en que después de 5 segundos de prendido del arduino se activara la carga y estará prendido 5 minutos hasta que logre estabilizarse la temperatura en el conductor.

3.4 Acoplamiento

En la fig.3.4 se representa el acoplamiento del sistema donde está conectado el sensor midiendo el comportamiento del conductor de cobre cal.14 la carga se activa a los 5 segundo y permanece activado durante 5 min y se apaga esto permite obtener resultados que a continuación se mostrara.

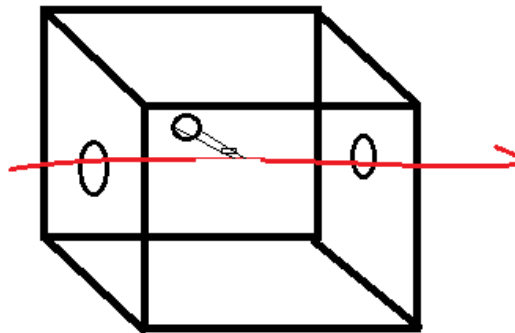


Fig.3.4 Acoplamiento del sistema (sensor dentro de la caja de vidrio)

3.5 Resultados

A continuación se aprecia la caracterización del sistema desde 0 A hasta 10 A. En la Fig.3.5.1 al aumentar la intensidad de corriente el conductor se calienta más y el sensor detecta más elevación de calor la reacción de este se genera en milisegundos.

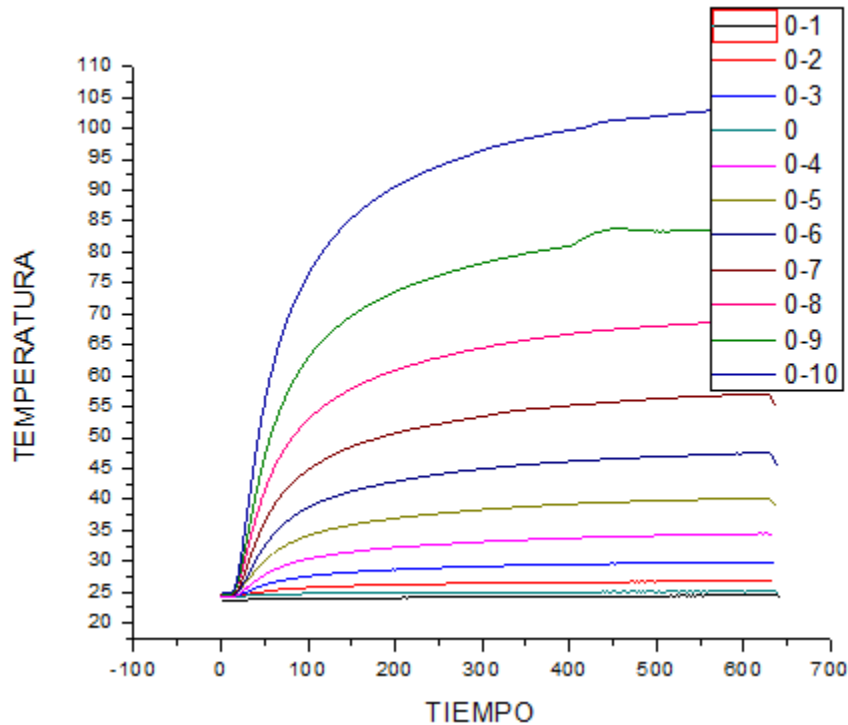
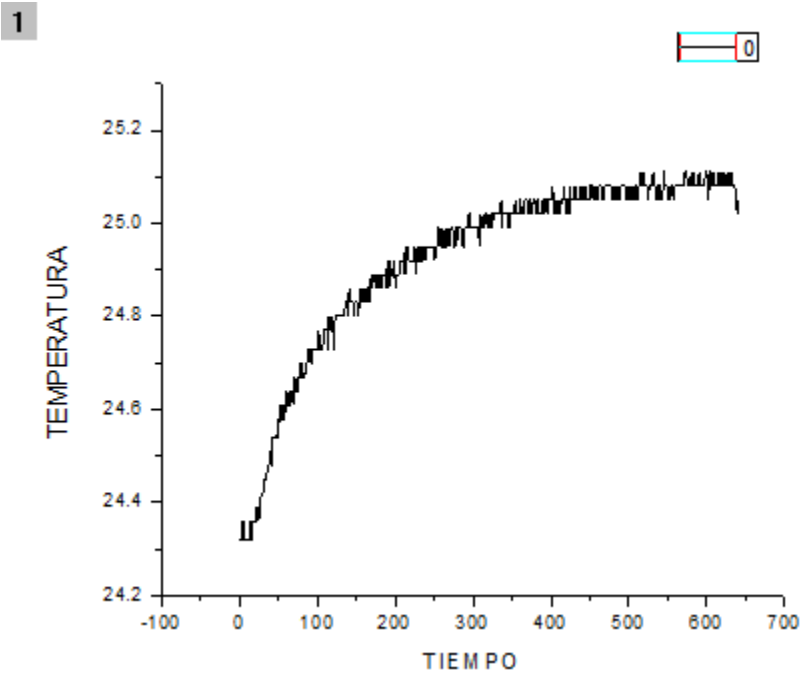


Fig.3.5.1 Grafica de respuestas de 0-1A

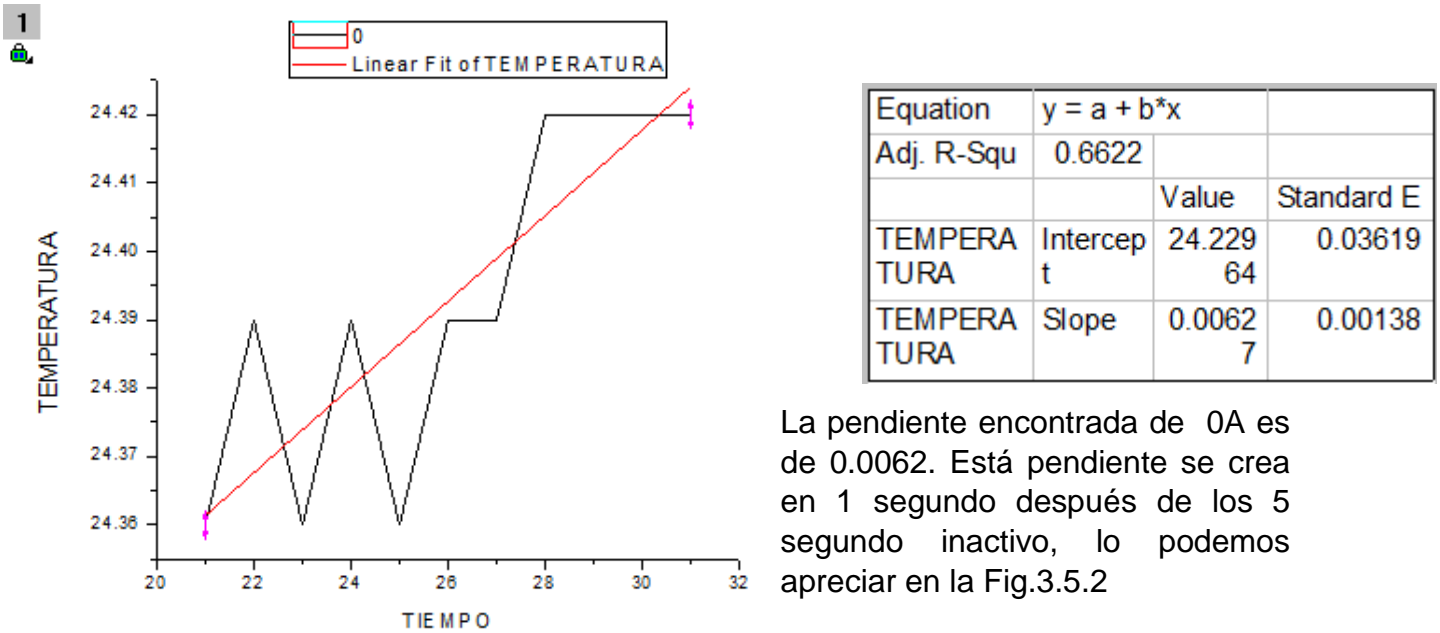
Como se puede observar generalmente el sensor inicialmente detecta 24, 25C°

Ya que en el laboratorio donde se hicieron las pruebas el clima estaba activado a 24c° a partir de ahí se activa la carga después de los 5 segundos como se ve en la imagen, permanece activado 5 minutos y se apaga en este caso 3 valor es 1 segundo la carga se activa al valor 15-16 es decir a los 5 segundos después.

Grafica de (0 AMP) respuesta de 0A



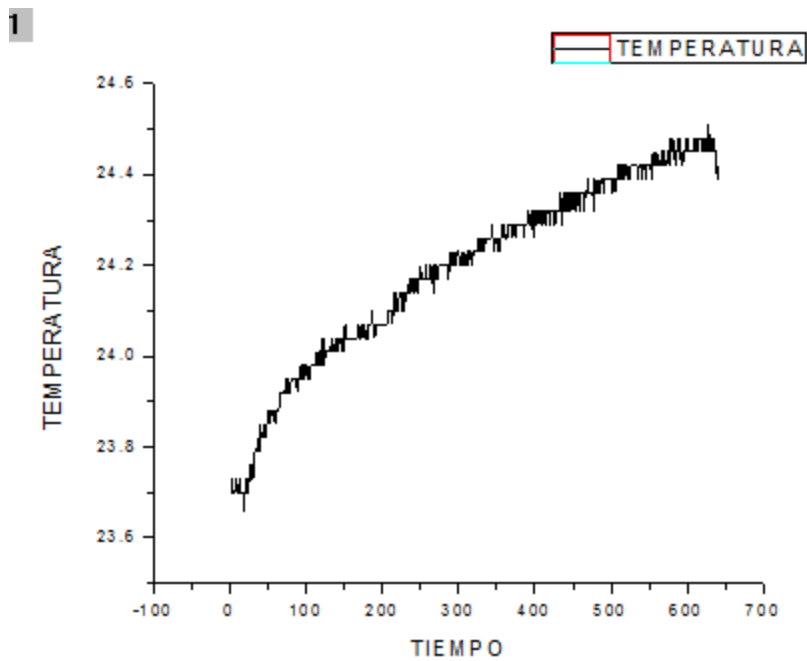
Grafica de 0 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.



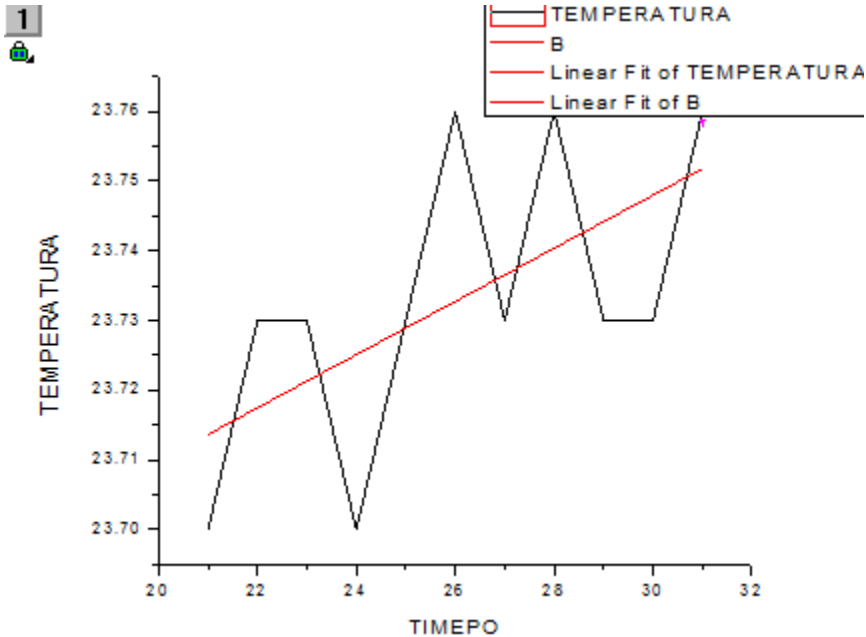
La pendiente encontrada de 0A es de 0.0062. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo, lo podemos apreciar en la Fig.3.5.2

Fig.3.5.2 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (0 AMP) respuesta de 0A → 1A



Grafica de 0 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

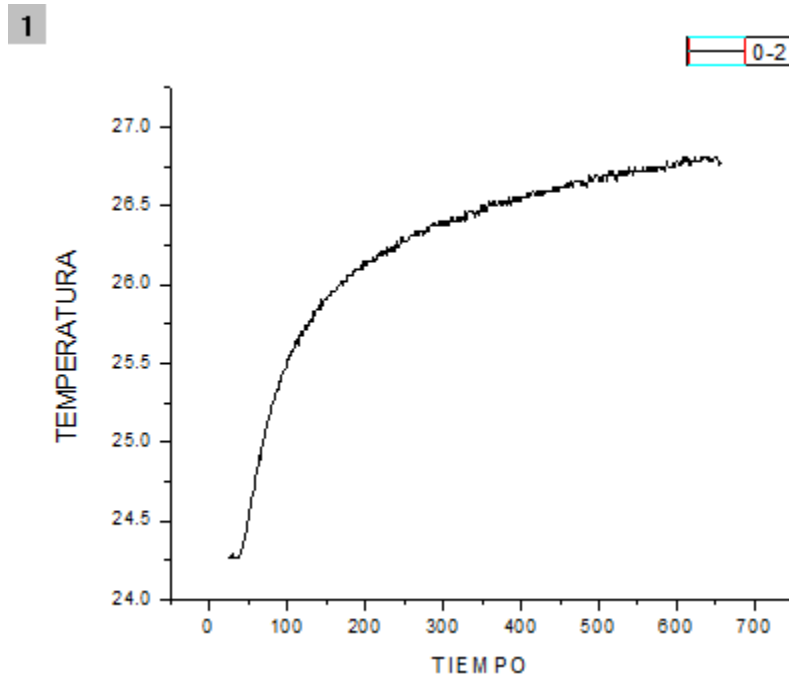


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squar	0.29218	--	
		Value	Standard Err
TEMPERAT URA	Intercept	23.6334 5	0.04416
TEMPERAT URA	Slope	0.00382	0.00169
B	Intercept	--	--
B	Slope	--	--

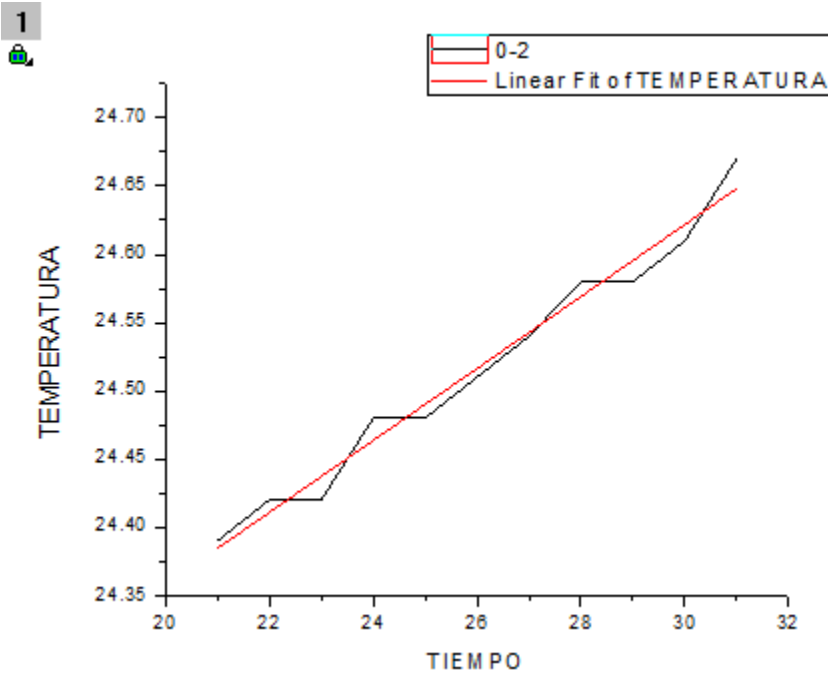
La pendiente encontrada de 0-1A es de 0.0062. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundos inactivo como vemos en la Fig.3.5.3

Fig.3.5.3 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (0 AMP) respuesta de 0A → 2A



Grafica de 0 – 2 A, respuesta a partir de 1 segundo.

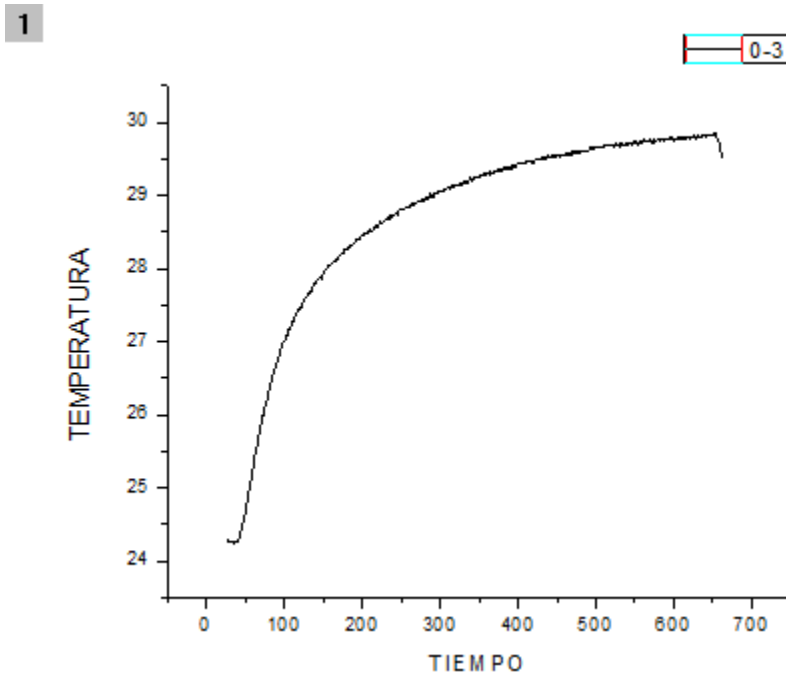


Equation	$y = a + b \cdot x$		
Adj. R-Square	0.97444		
		Value	Standard Error
TEMPERATURA	Intercept	23.83091	0.03532
TEMPERATURA	Slope	0.02636	0.00135

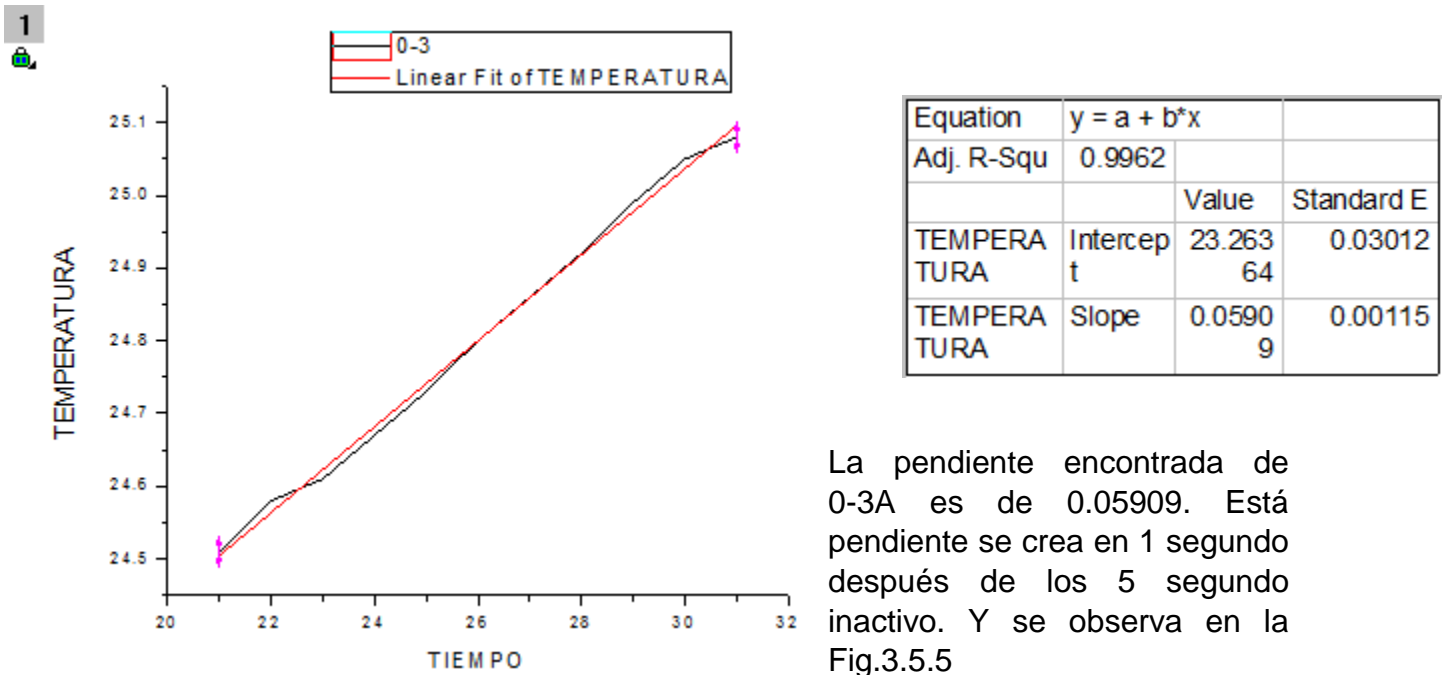
La pendiente encontrada de 0-2A es de 0.02636. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.4 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (0 AMP) respuesta de 0A → 3A



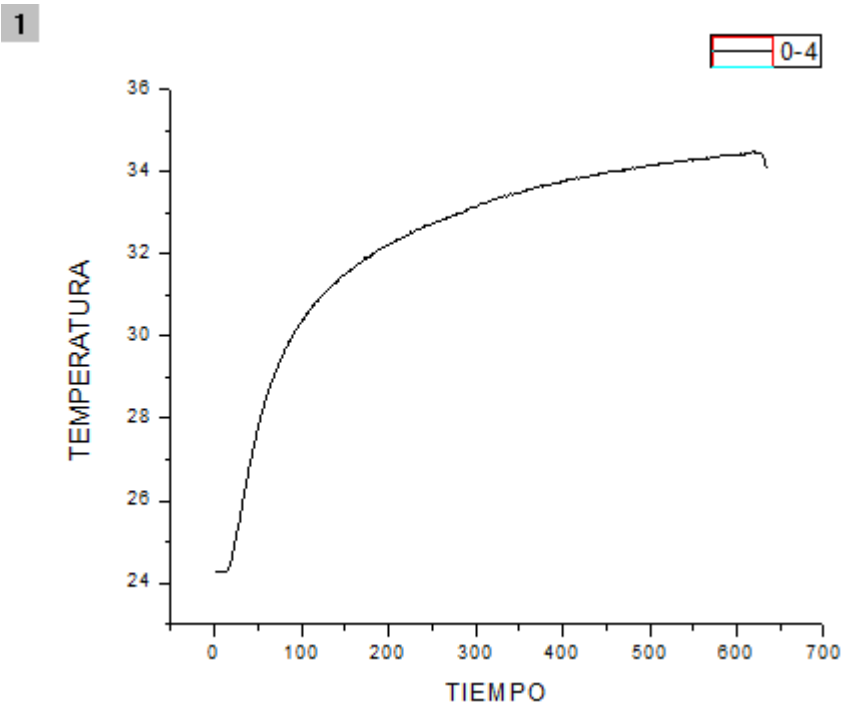
Grafica de 0 – 3 A, respuesta a partir de 1 segundo.



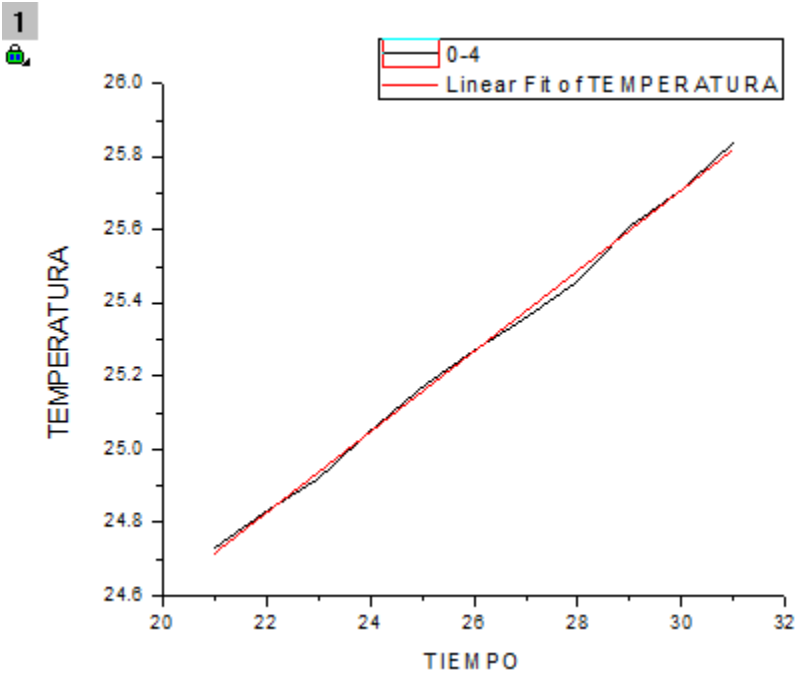
La pendiente encontrada de 0-3A es de 0.05909. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundos inactivo. Y se observa en la Fig.3.5.5

Fig.3.5.5 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (0 AMP) respuesta de 0 → 4A



Grafica de 0 – 4 A, respuesta a partir de 1 segundo.

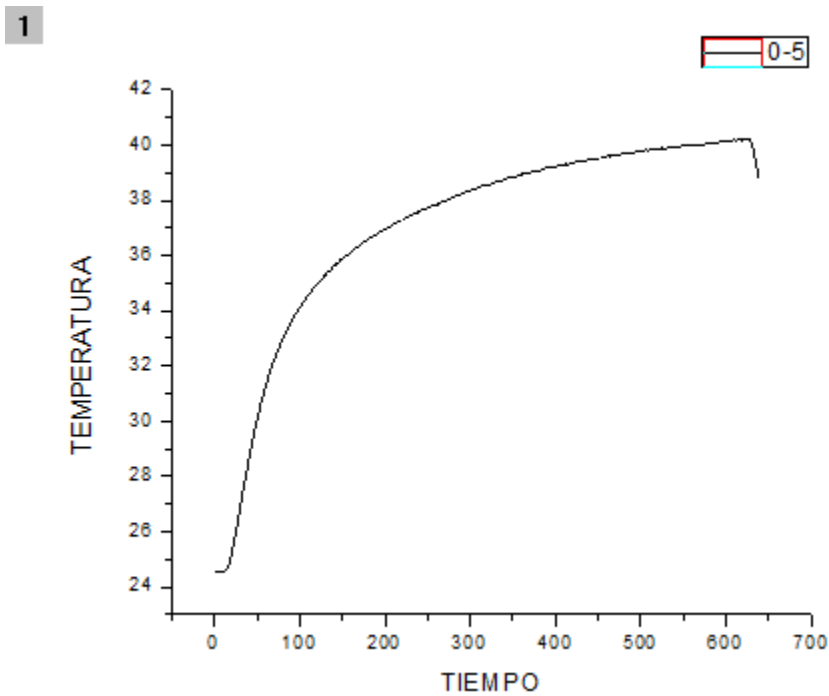


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squ	0.9980		
		Value	Standard E
TEMPERATURA	Intercept	22.39636	0.04028
TEMPERATURA	Slope	0.11045	0.00154

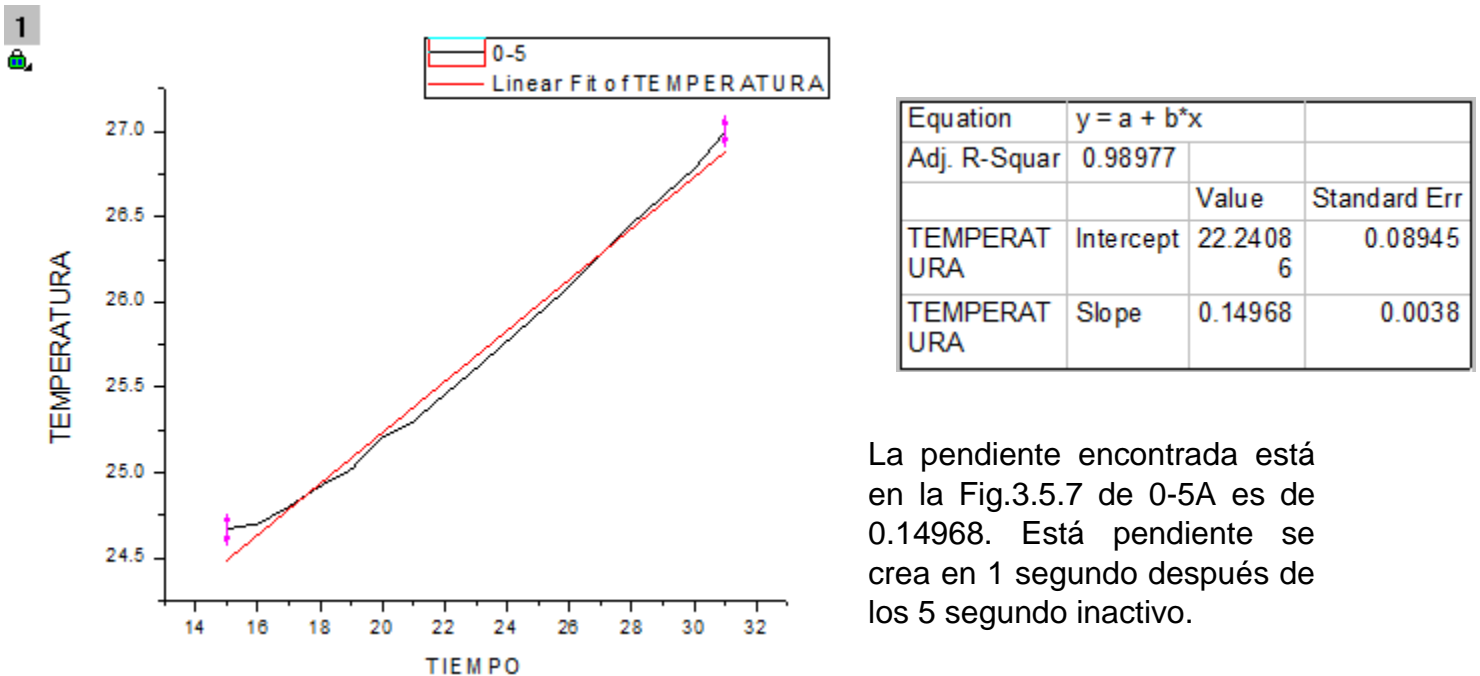
La pendiente encontrada de 0-4^a se muestra en la Fig.3.5.6 es de 0.11045. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.6 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (0 AMP) respuesta de 0 → 5A



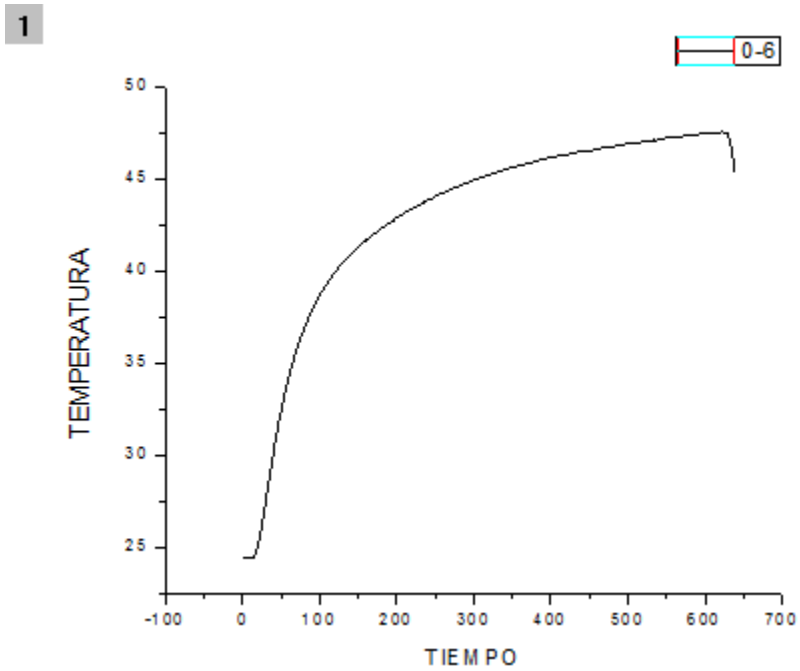
Grafica de 0 – 5 A, respuesta a partir de 1 segundo.



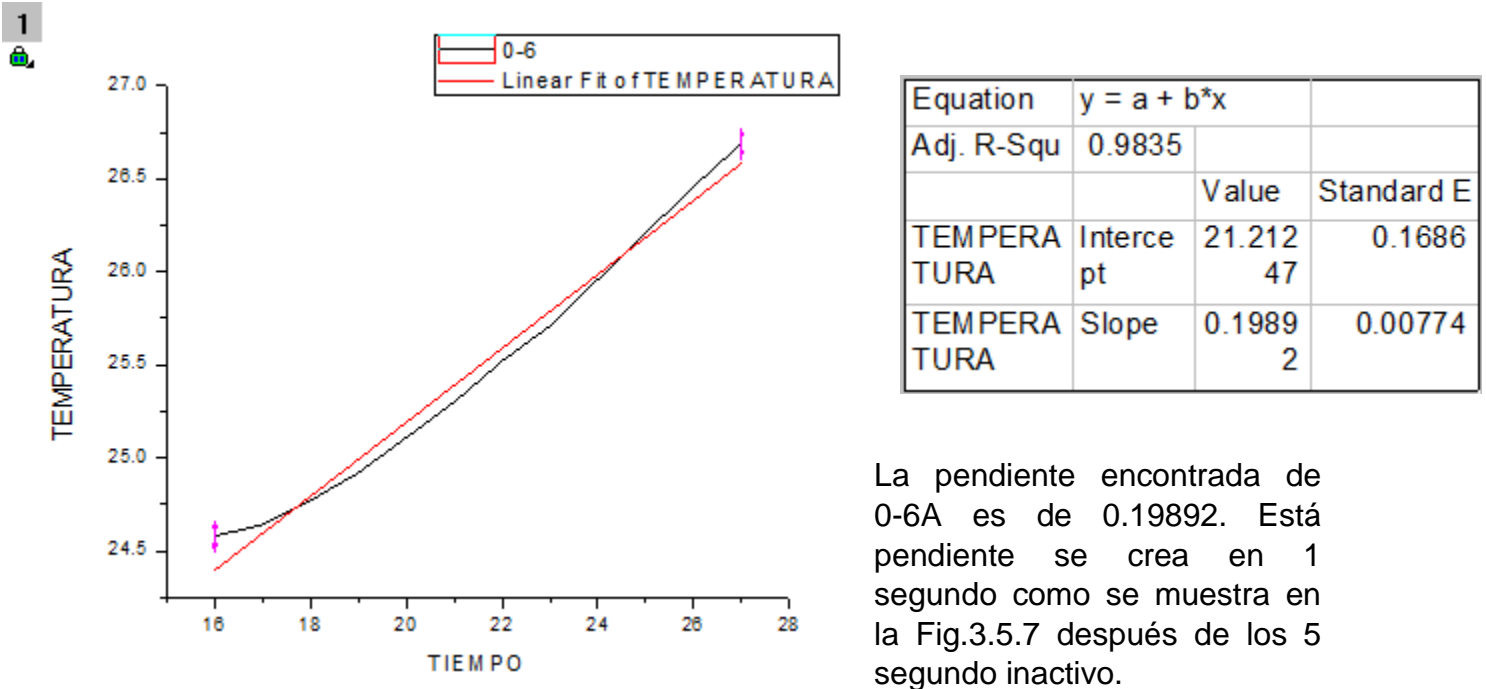
La pendiente encontrada está en la Fig.3.5.7 de 0-5A es de 0.14968. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundos inactivo.

Fig.3.5.7 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (0 AMP) respuesta de 0 → 6A



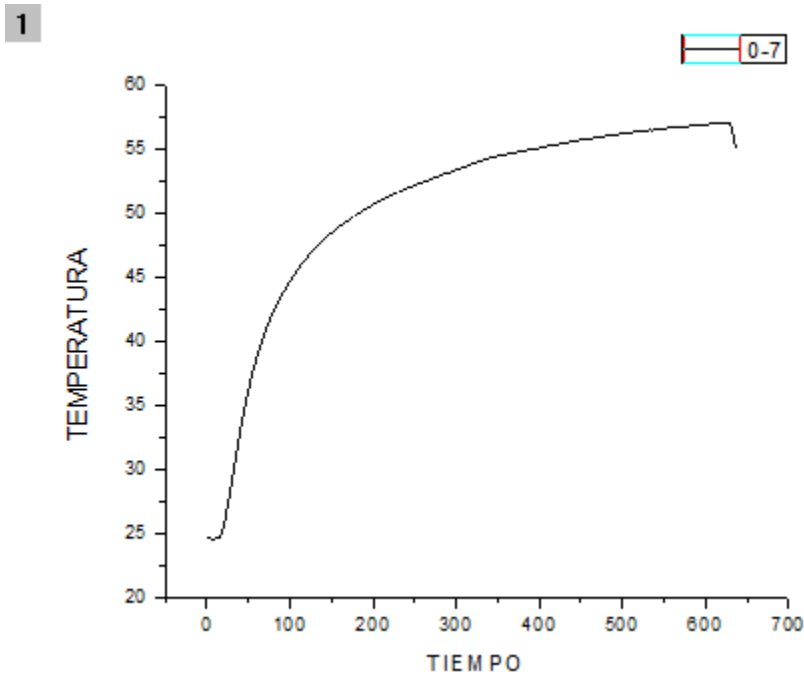
Grafica de 0 – 6 A, respuesta a partir de 1 segundo.



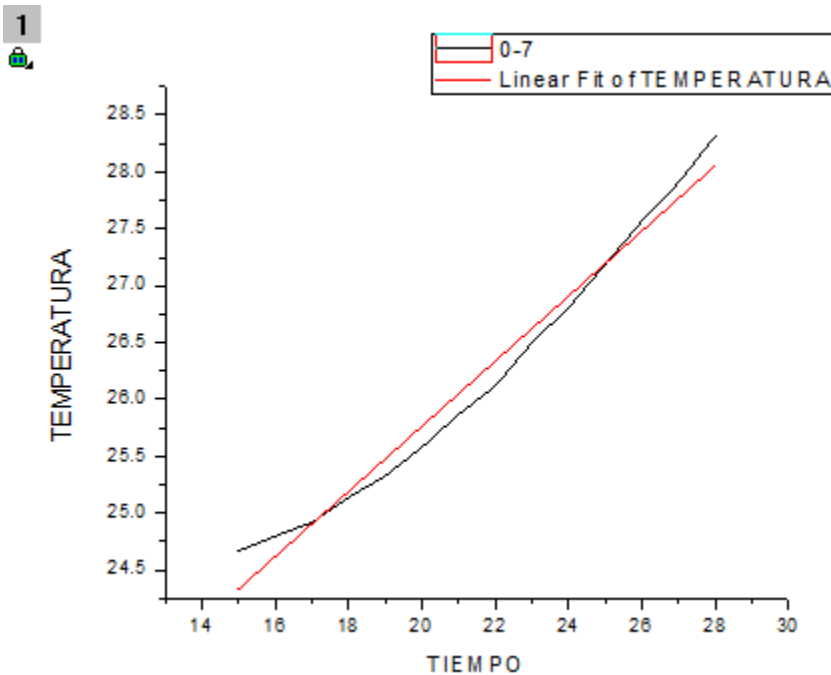
La pendiente encontrada de 0-6A es de 0.19892. Esta pendiente se crea en 1 segundo como se muestra en la Fig.3.5.7 después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.8 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (0 AMP) respuesta de 0 → 7A



Grafica de 0 – 7 A, respuesta a partir de 1 segundo.

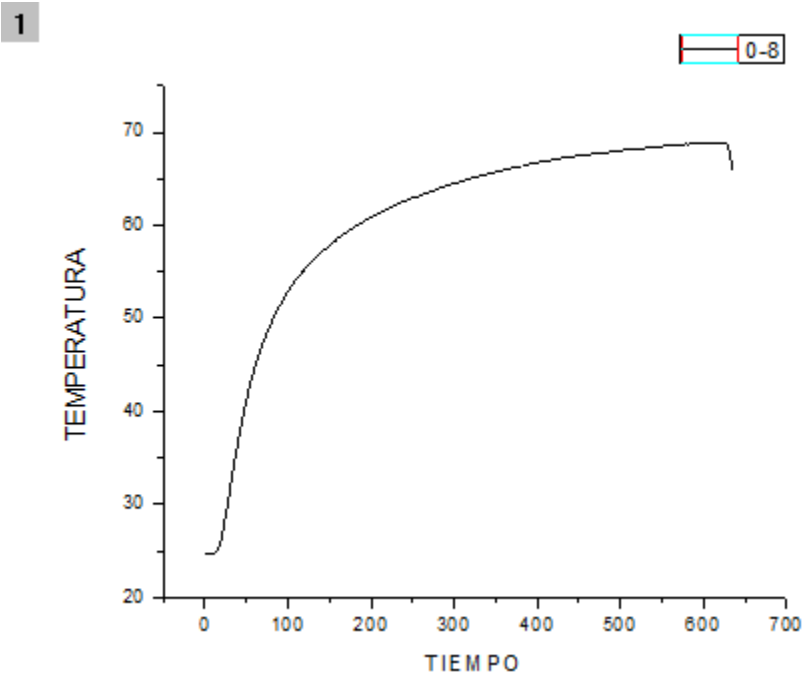


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squ	0.9768		
		Value	Standard Er
TEMPERATURA	Intercept	20.03938	0.26745
TEMPERATURA	Slope	0.28631	0.01223

La pendiente encontrada está representado en la Fig.3.5.9 de 0-7A es de 0.28631. Está pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.9 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (0 AMP) respuesta de 0 → 8 A



Grafica de 0 – 8 A, respuesta a partir de 1 segundo.

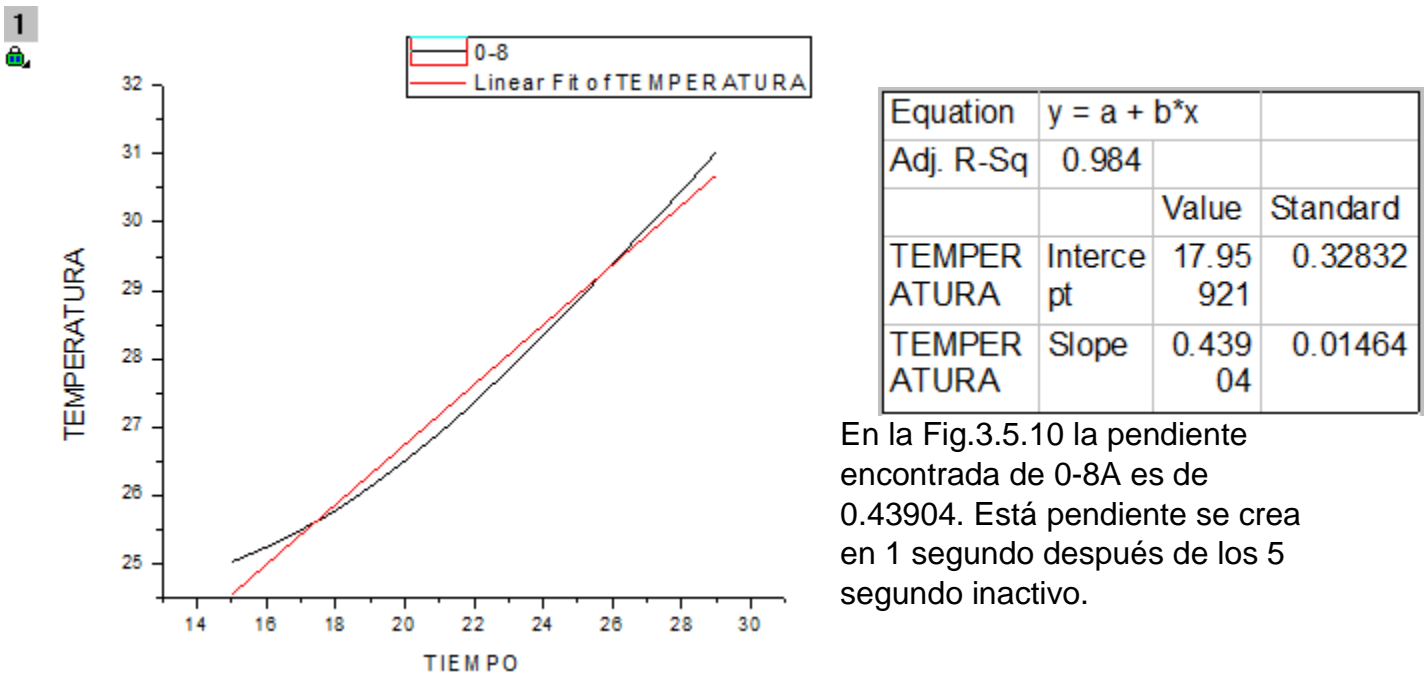
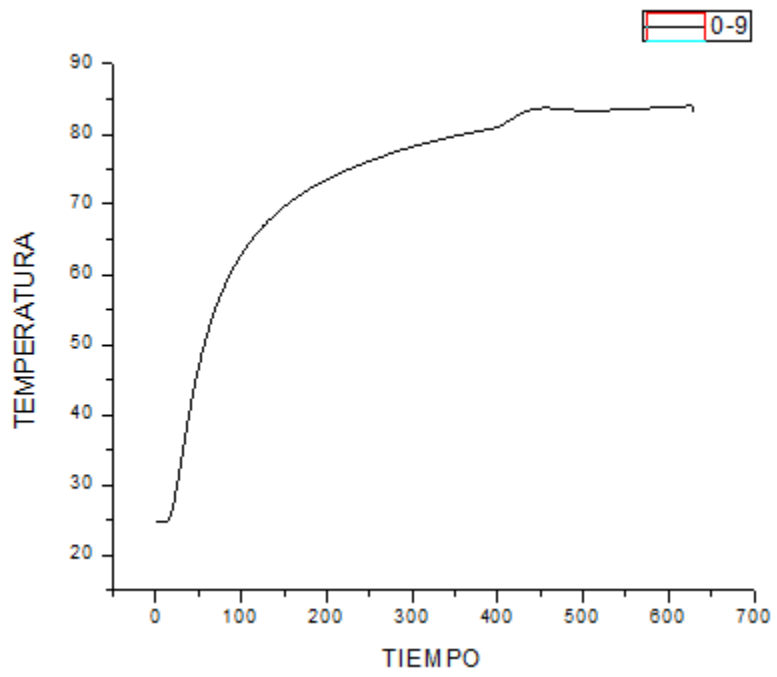


Fig.3.5.10 Respuesta en 1 segundo

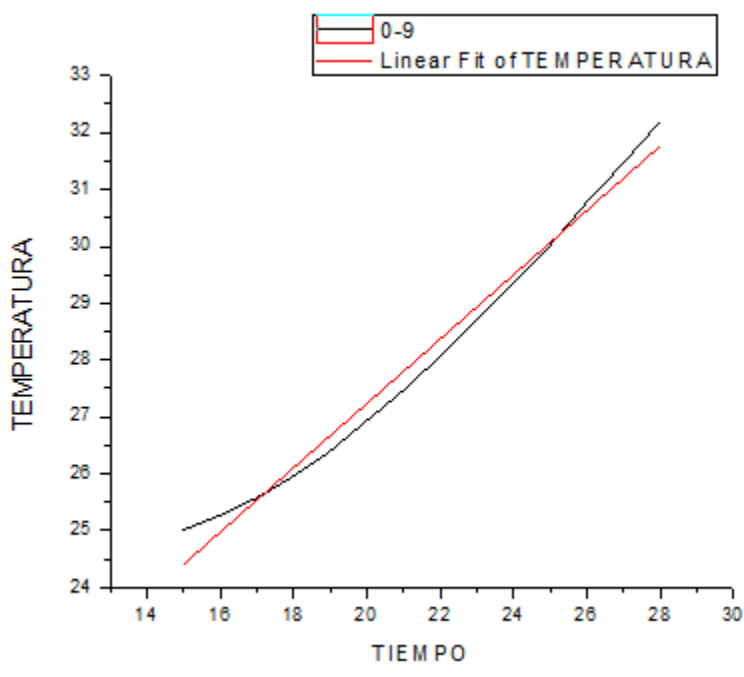
Grafica de (0 AMP) respuesta de 0 → 9 A

1



Grafica de 0 – 9 A, respuesta a partir de 1 segundo.

1

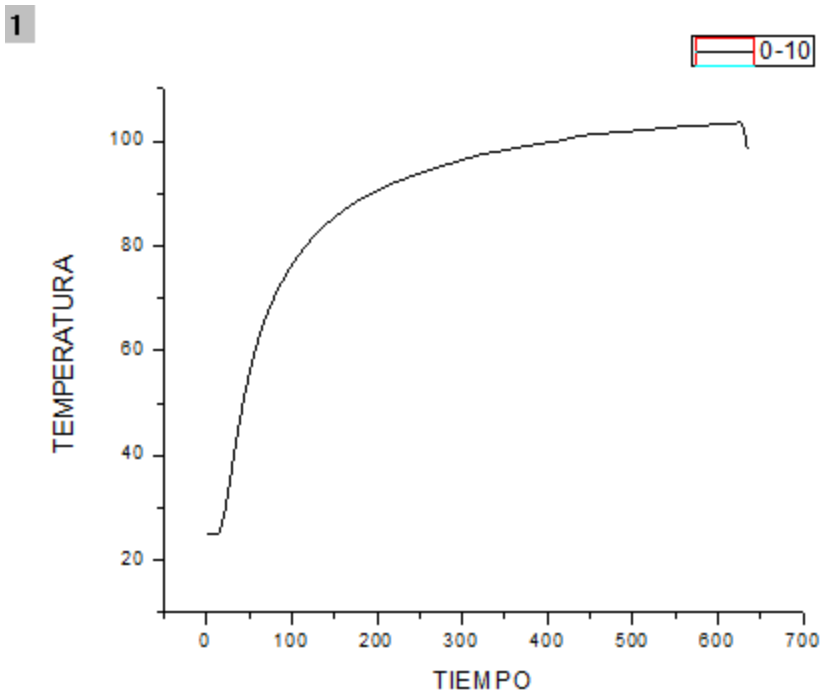


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Sq	0.9822		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercept	15.92382	0.46055
TEMPERATURA	Slope	0.5658	0.02105

En la Fig.3.5.11 la pendiente encontrada de 0-9A es de 0.5658. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

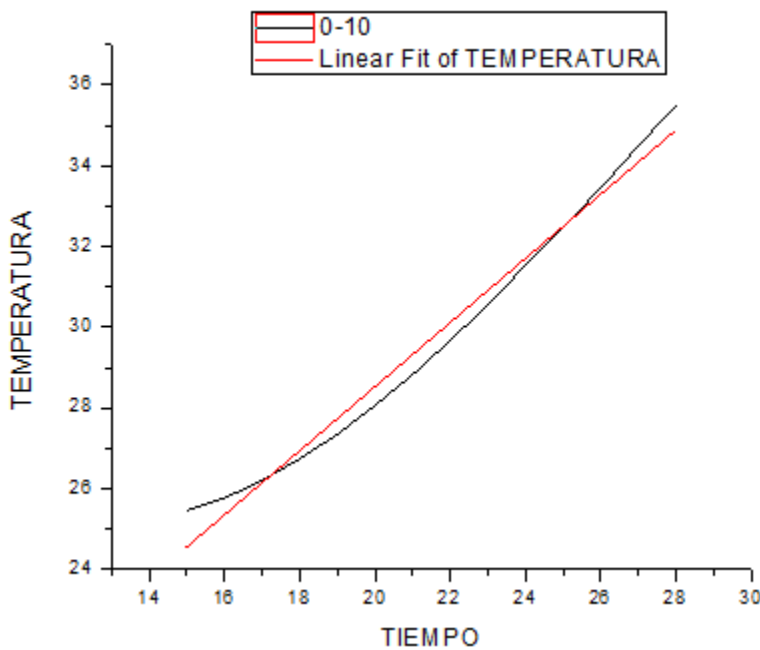
Fig.3.5.11 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (0 AMP) respuesta de 0 → 10 A



Grafica de 0 – 10 A, respuesta a partir de 1 segundo.

1



Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Sq	0.9809		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercept	12.65354	0.67029
TEMPERATURA	Slope	0.79409	0.03064

En la Fig.3.5.12 a pendiente encontrada de 0-10A es de 0.79409. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.12 Respuesta en 1 segundo

1 AMPERE

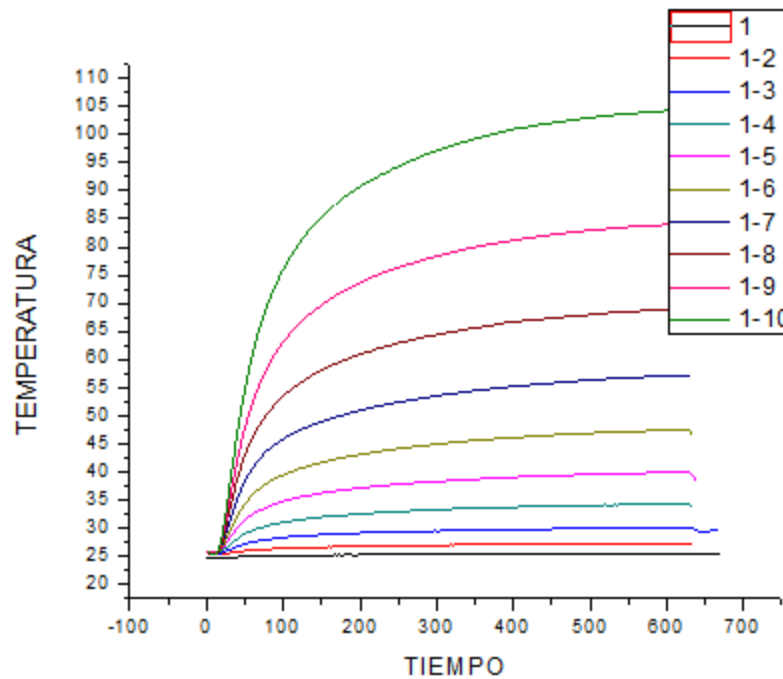


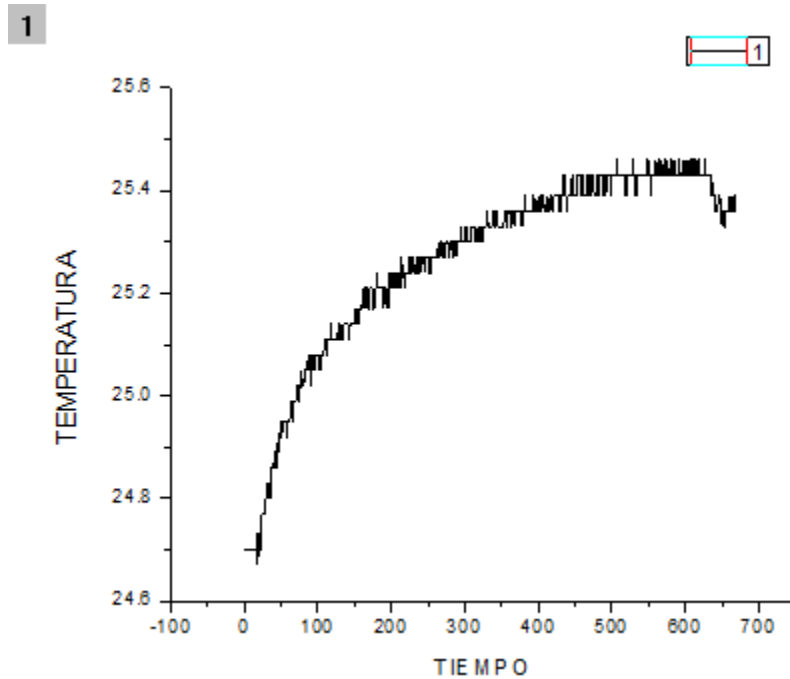
Fig.3.5.13 Caracterización de Resultados de 1A

En la imagen podemos ver la caracterización de 1 ampere donde se puede apreciar la diferencia de los amperajes en el caso de 10 amperios la pendiente que se forma es muy elevada y el sensor lo detecta de inmediato la única diferencia a la de cero ampere es que cuando llega a los 5 minutos activos este no se desactiva es decir no se apaga si no que cuando llega a los 5 min este vuelve a la referencia de 1 ampere.

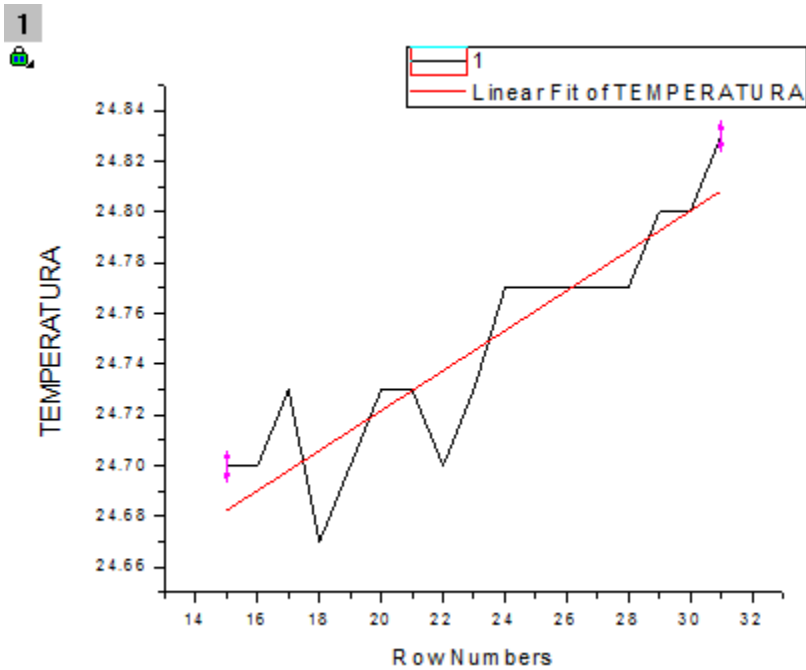
En esta prueba también la temperatura inicial es de 24C° si nos damos cuenta en la Fig.3.5.13 la temperatura máxima que alcanza 10 ampere es de 102C°.

A continuación tendremos las gráficas más detalladas para poder determinar la pendiente exacta.

Grafica de (1 AMP) respuesta de 1A



Grafica de 1 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

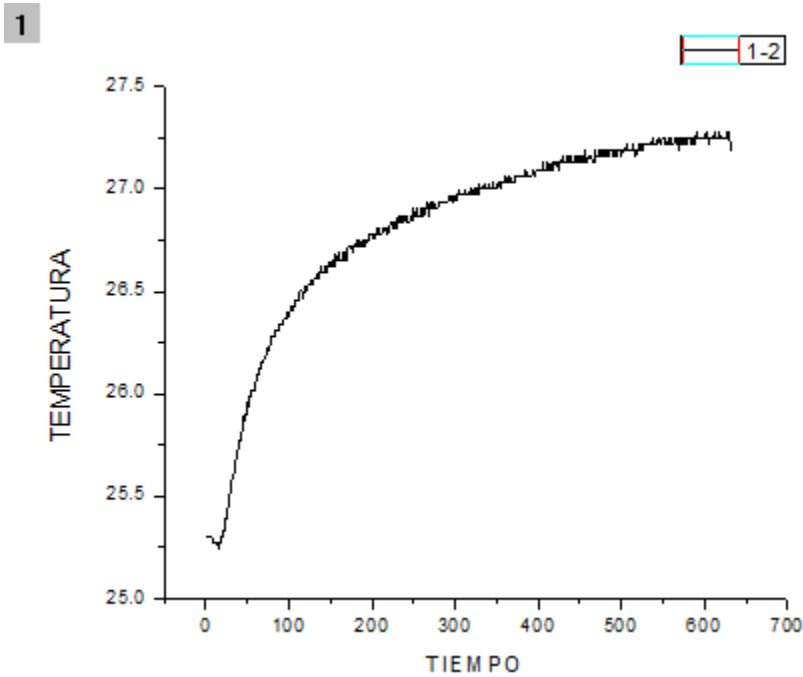


Equation	$y = a + b*x$		
Adj. R-Squ	0.8016		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercept	24.56434	0.02283
TEMPERATURA	Slope	0.00787	9.70848E-4

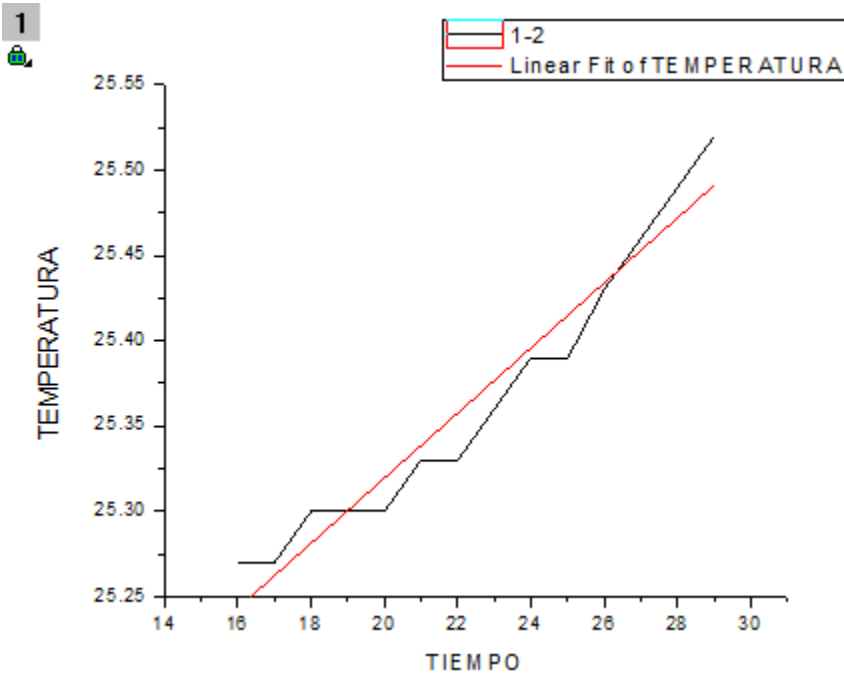
En la Fig.3.5.14 la pendiente encontrada de 1A es de 0.00787. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundos inactivo.

Fig.3.5.14 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (1 AMP) respuesta de 1 → 2 A



Grafica de 1 - 2 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

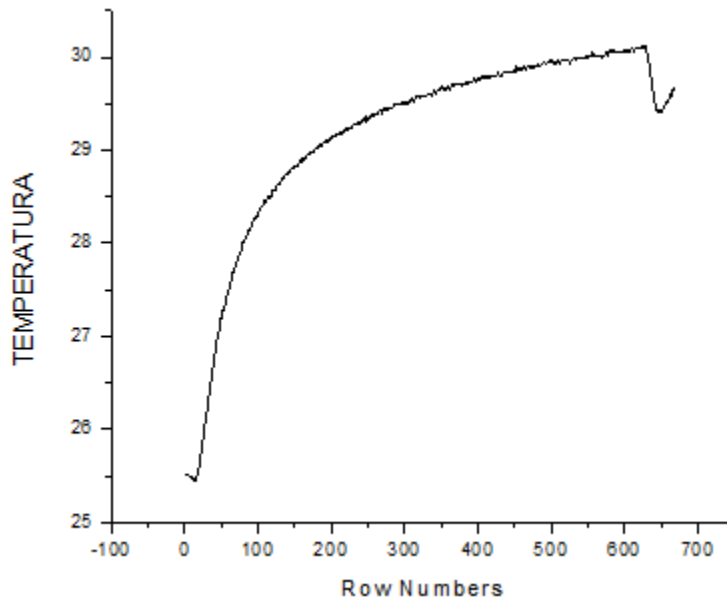


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Sq	0.944		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercept	24.93791	0.02932
TEMPERATURA	Slope	0.01908	0.00128

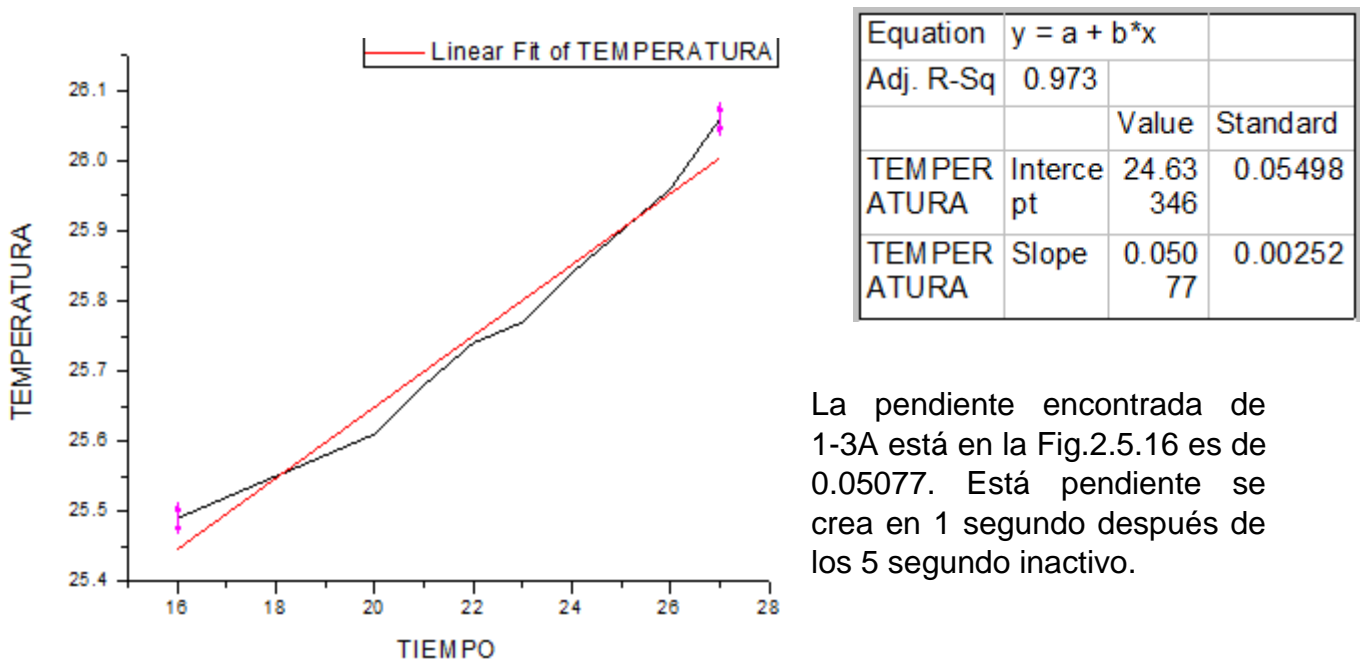
Podemos observar en la Fig.3.5.15 La pendiente encontrada de 1-2A es de 0.01908. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.15 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (1 AMP) respuesta de 1 → 3 A



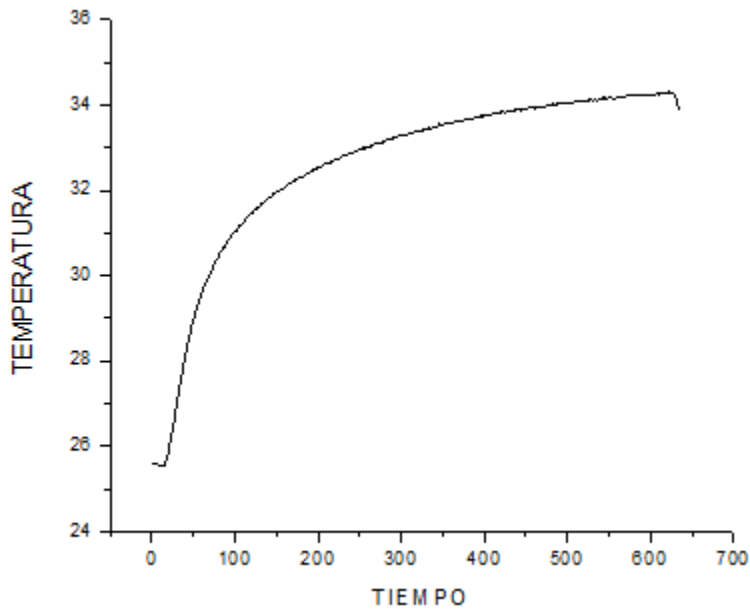
Grafica de 1 - 3 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.



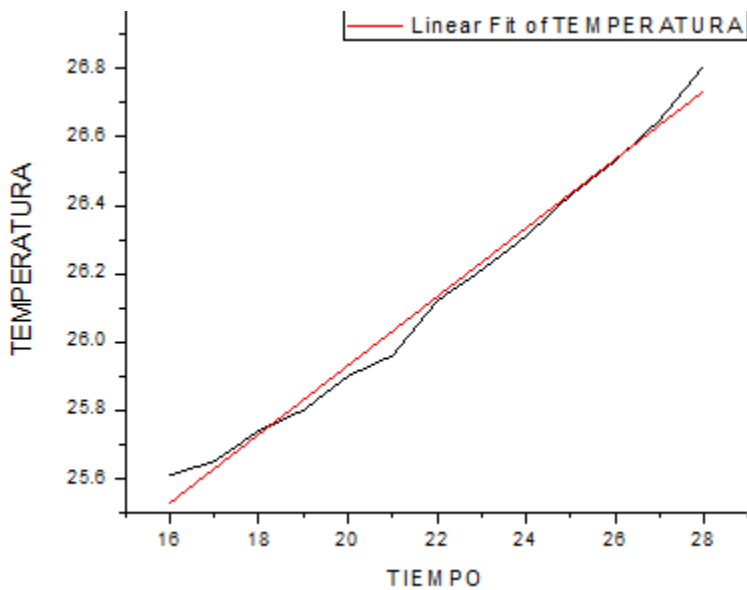
La pendiente encontrada de 1-3A está en la Fig.2.5.16 es de 0.05077. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundos inactivo.

Fig.3.5.16 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (1 AMP) respuesta de 1 → 4 A



Grafica de 1 - 4 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

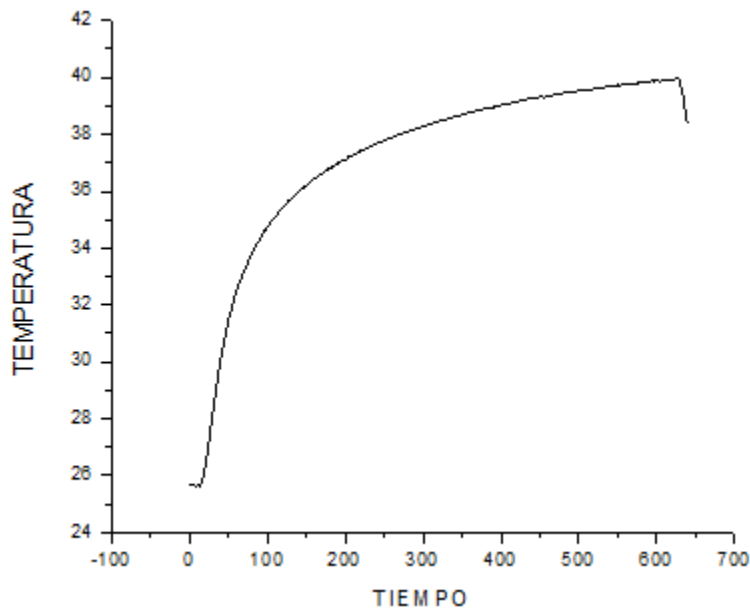


Equation	$y = a + b \cdot x$		
Adj. R-Sq	0.987		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercept	23.9178	0.07254
TEMPERATURA	Slope	0.10066	0.00325

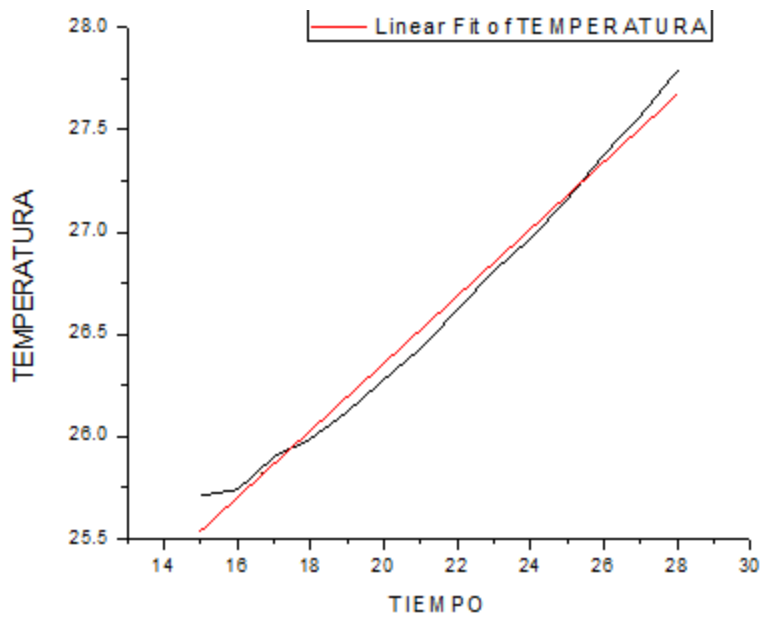
La pendiente encontrada de 1-4A es de 0.10066. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo como se muestra en la Fig.3.5.17.

Fig.3.5.17 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (1 AMP) respuesta de 1 → 5 A



Grafica de 1 - 5 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

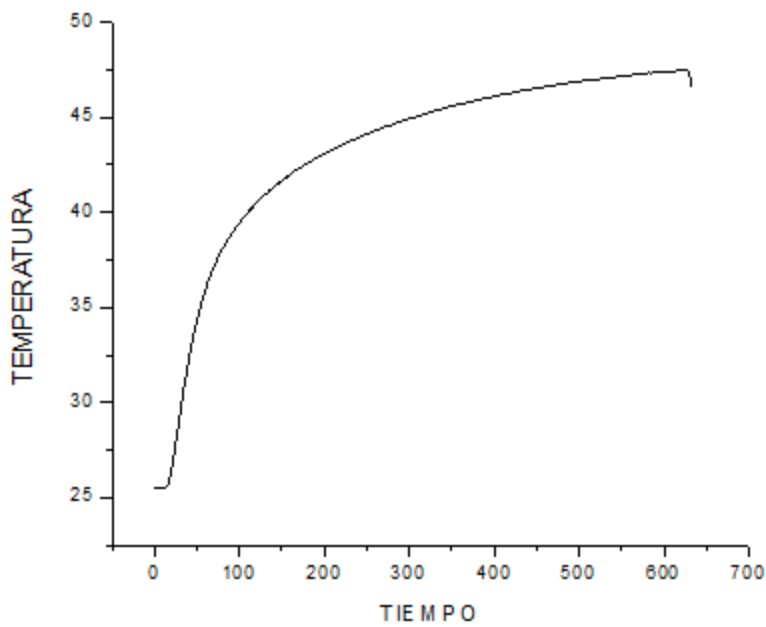


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Sq	0.985		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercpt	23.07475	0.11984
TEMPERATURA	Slope	0.1642	0.00548

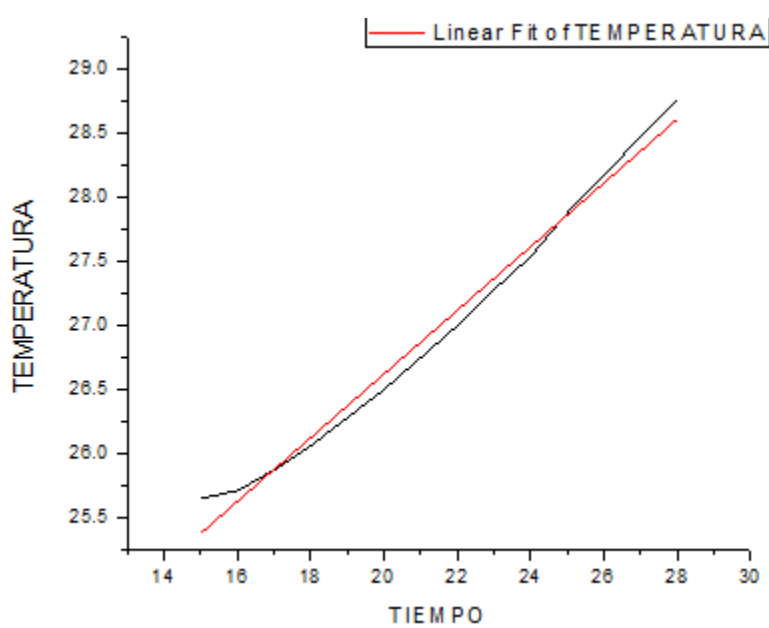
En la Fig.3.5.18 la pendiente encontrada de 1-5A es de 0.1642. Está pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.18 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (1 AMP) respuesta de 1 → 6 A



Grafica de 1 - 6 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

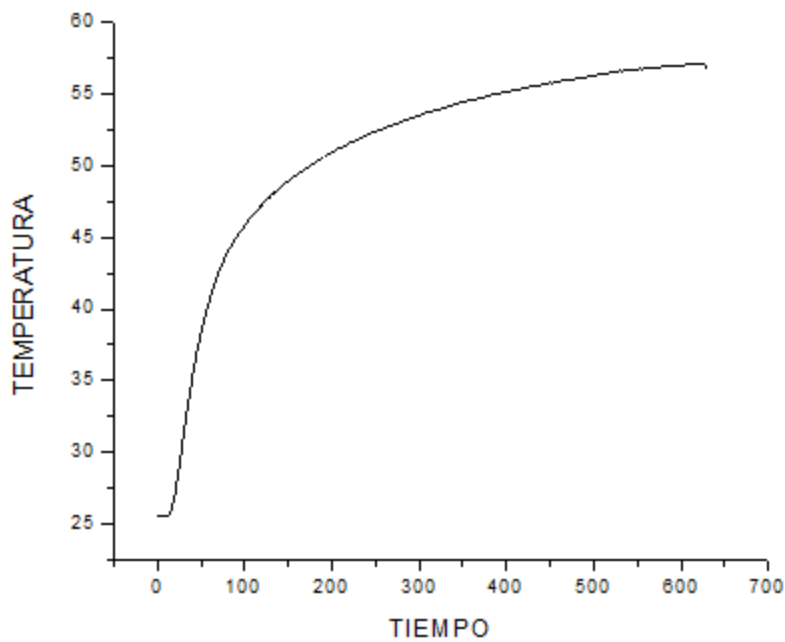


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Sq	0.985		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercept	21.64457	0.18244
TEMPERATURA	Slope	0.24886	0.00834

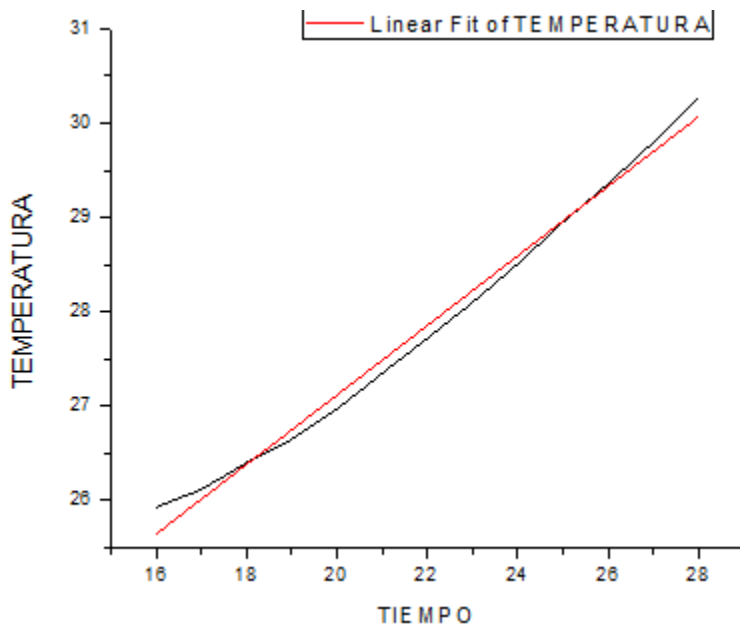
En la Fig.3.5.19 la pendiente encontrada de 1-6A es de 0.24886. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundos inactivo.

Fig.3.5.19 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (1 AMP) respuesta de 1 → 7 A



Grafica de 1 - 7 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

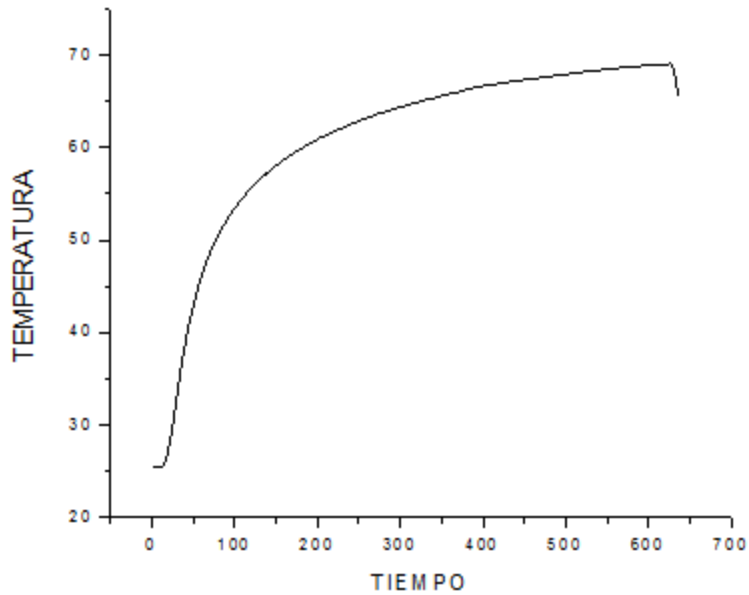


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Sq	0.989		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercept	19.74956	0.24519
TEMPERATURA	Slope	0.36852	0.01099

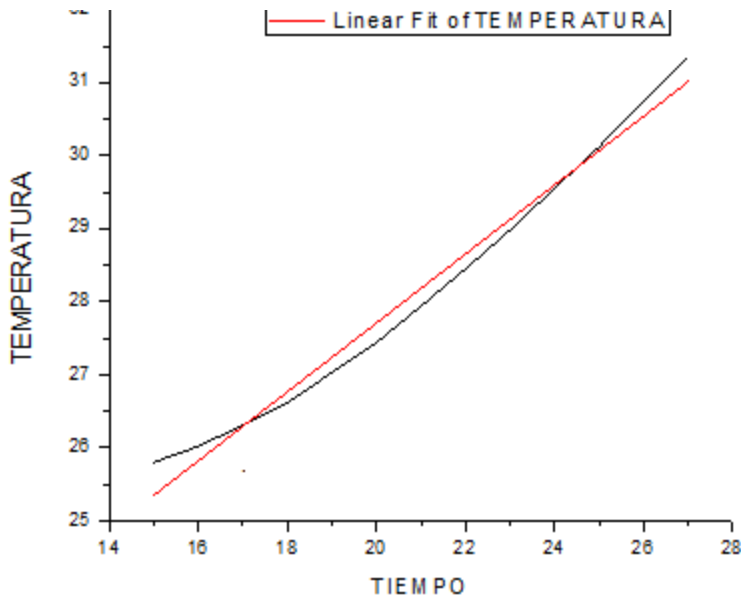
En la Fig.3.5.20 a pendiente encontrada de 1-7A es de 0.36852. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.20 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (1 AMP) respuesta de 1 → 8 A



Grafica de 1 - 8 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

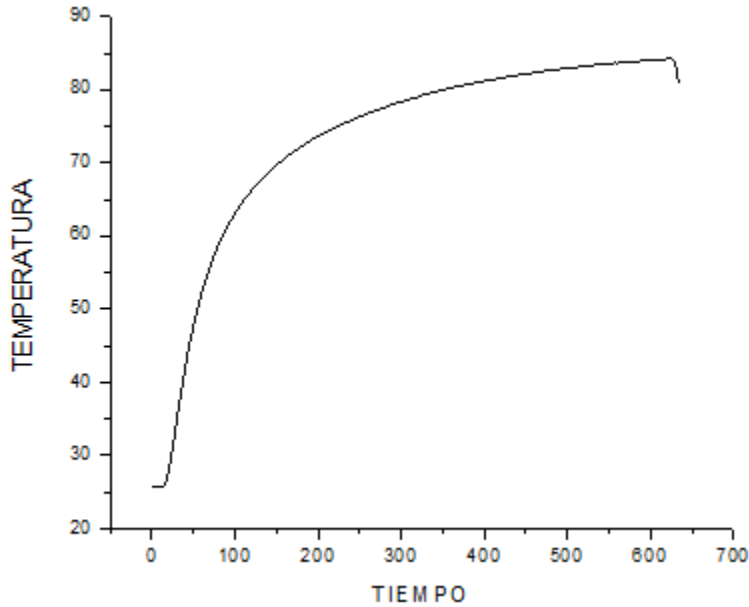


Equation	$y = a + b \cdot x$		
Adj. R-S	0.982		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Interc ept	18.27 115	0.38785
TEMPERATURA	Slope	0.471 92	0.01818

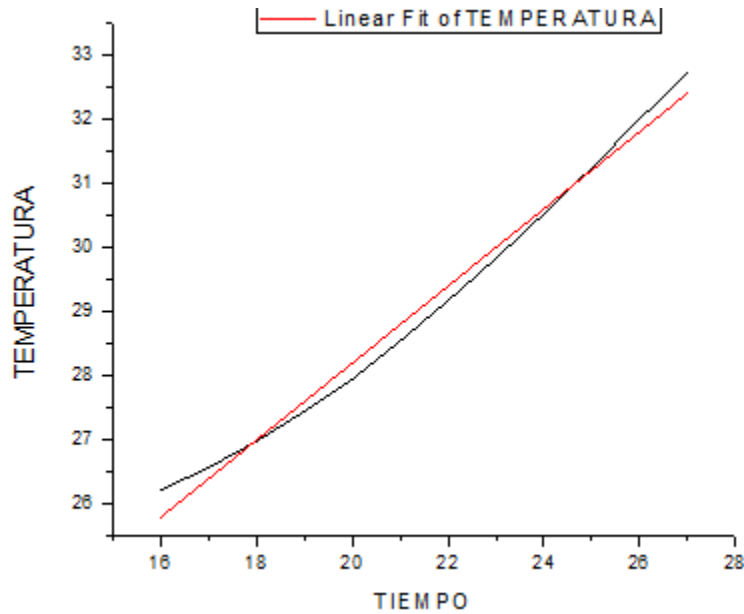
En la Fig.3.5.22 la pendiente encontrada de 1-8A es de 0.47192. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.21 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (1 AMP) respuesta de 1 → 9 A



Grafica de 1 - 9 AMP, respuesta a partir de 1 segundo

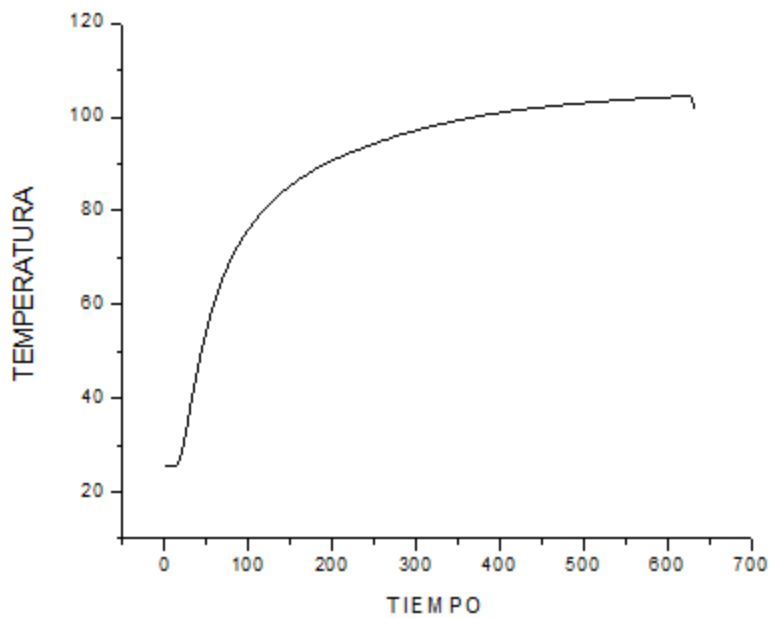


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squ	0.9875		
		Value	Standard E
TEMPERATURA	Intercept	16.13218	0.44463
TEMPERATURA	Slope	0.60308	0.02042

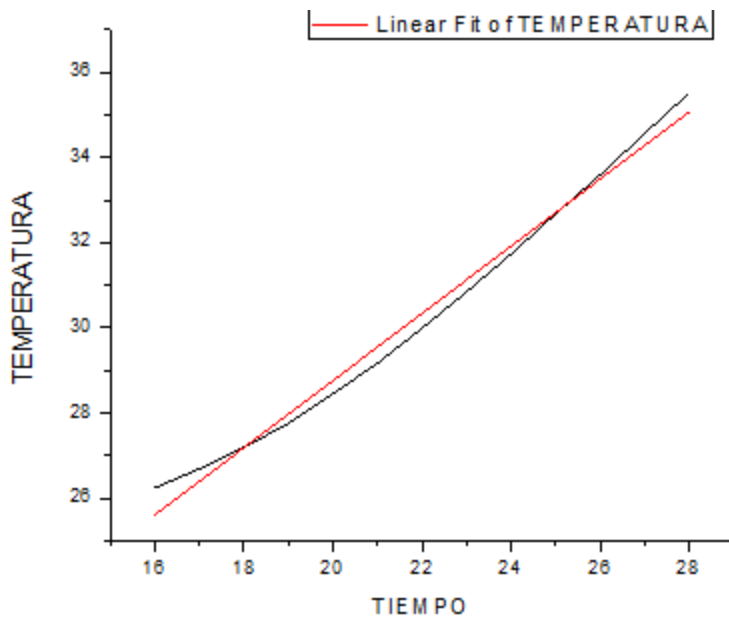
En la Fig.3.5.22 la pendiente encontrada de 1-9A es de 0.60308. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundos inactivo.

Fig.3.5.22 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (1 AMP) respuesta de 1 → 10 A



Grafica de 1 - 10 AMP, respuesta a partir de 1 segundo



Equation	$y = a + b \cdot x$		
Adj. R-Sq	0.987		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercept	12.98791	0.56737
TEMPERATURA	Slope	0.78863	0.02542

En la Fig.3.5.23 la pendiente encontrada de 1-10A es de 0.78863. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundos inactivo.

Fig.3.5.23 Respuesta en 1 segundo

2 AMPERE

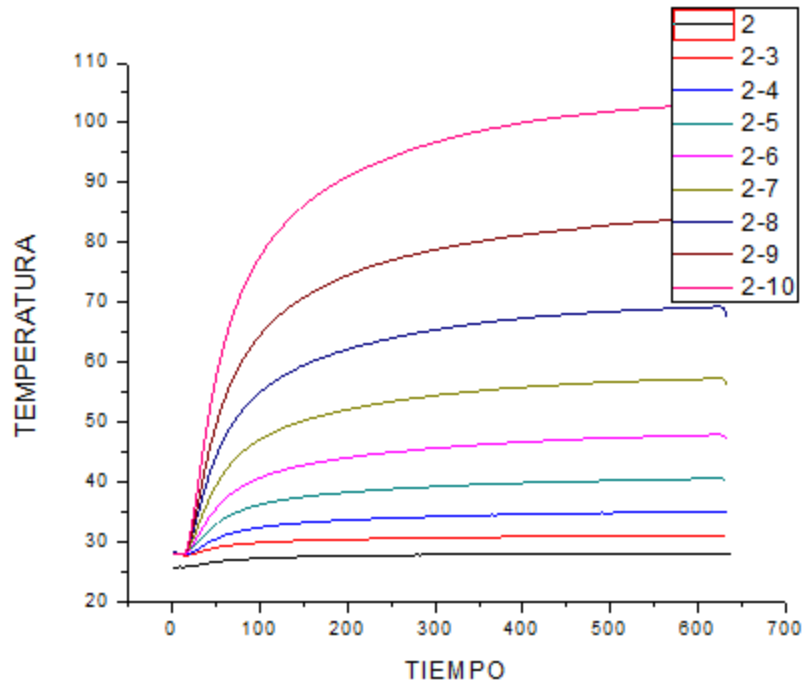
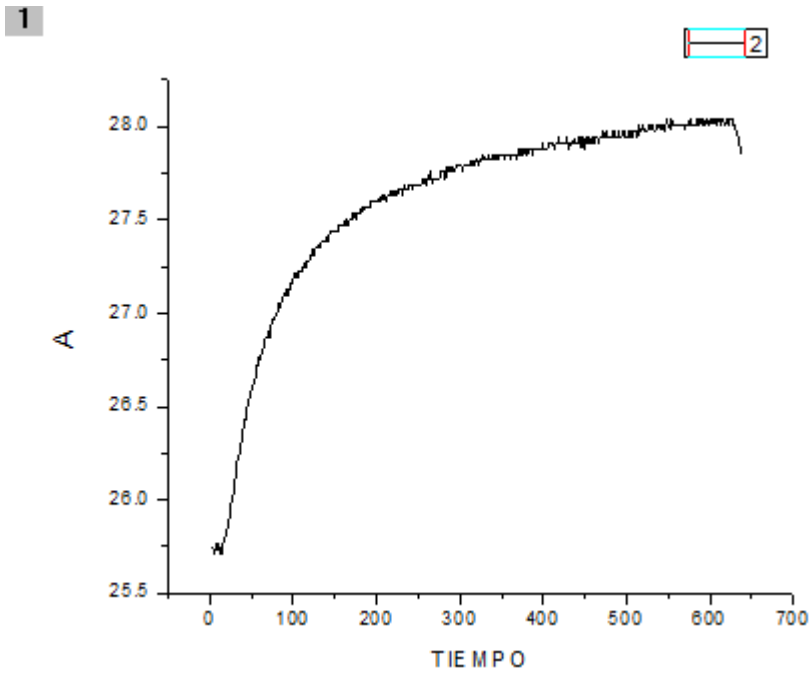


Fig.3.5.24 Caracterización de 2A

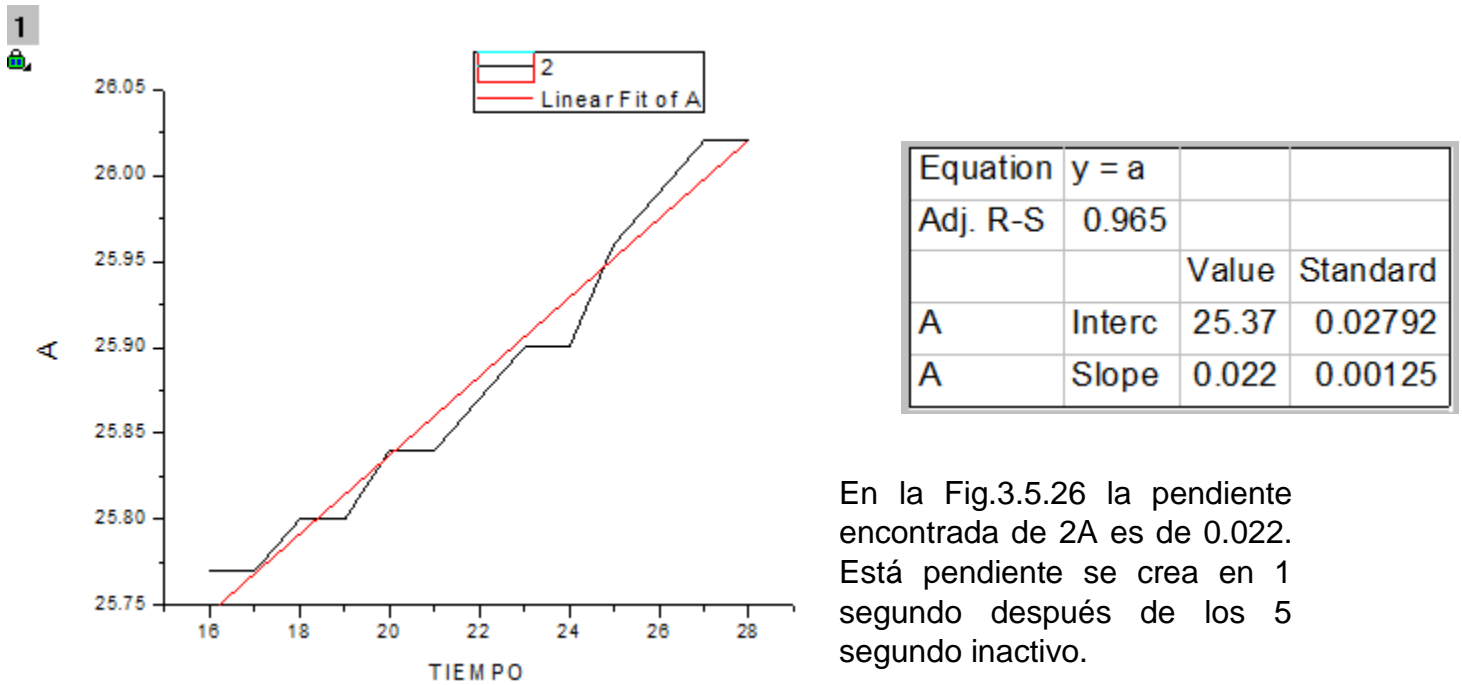
En la Fig.3.5.24 se puede observar un comportamiento exponencial de la temperatura en cuanto a la corriente va aumentando ya que el valor de la temperatura en el tiempo establecido mantiene una variación debido al amperaje en mayor proporción por el efecto Joule.

En este caso estamos caracterizando la grafica de 2 amper de modo que cuando se desactiva la carga llega de nuevo a 2 amper des pues de los 5 min.

Grafica de (2 AMP) respuesta de 2 A



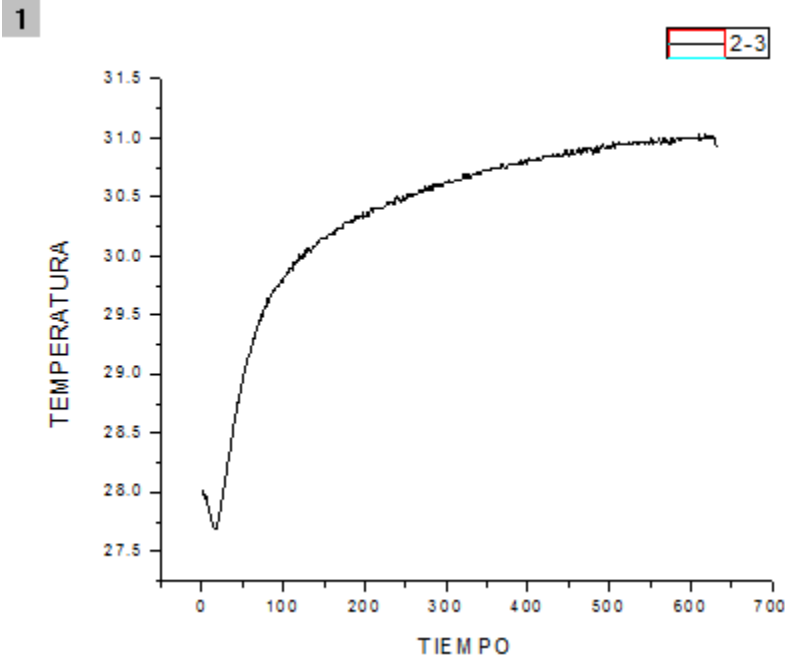
Grafica de 2 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.



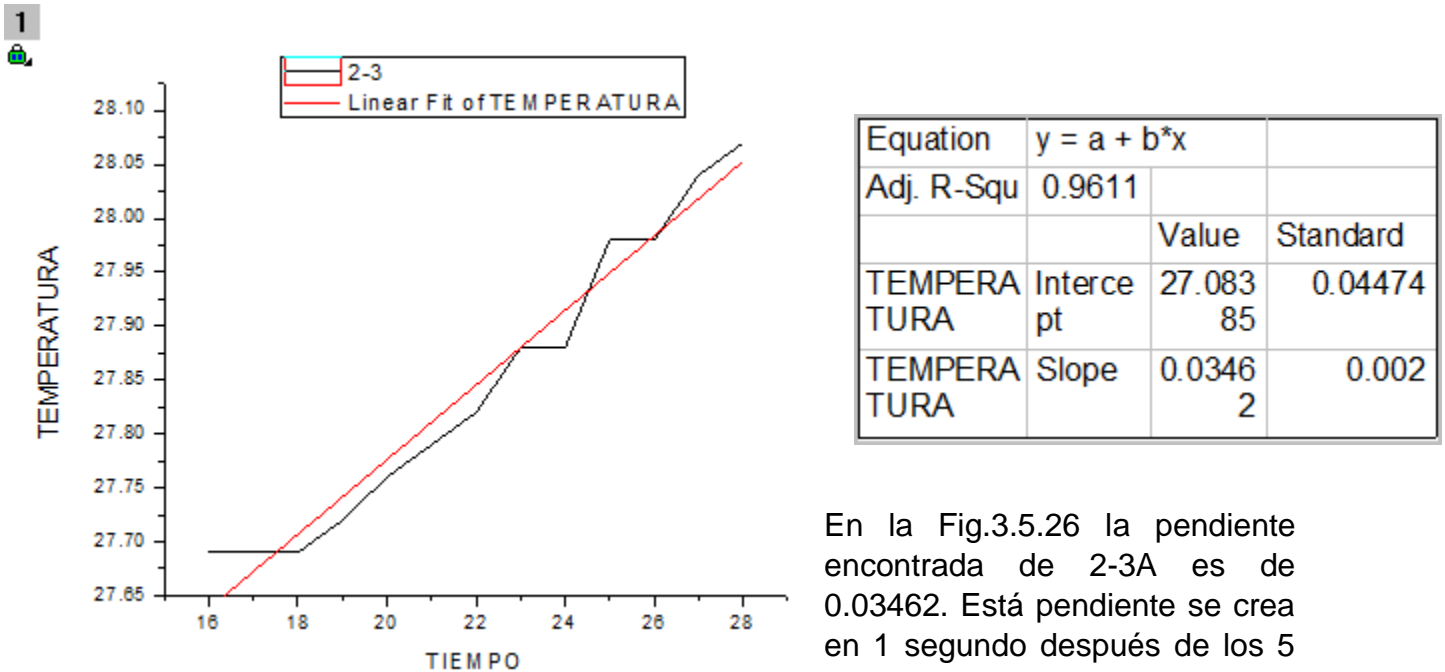
En la Fig.3.5.26 la pendiente encontrada de 2A es de 0.022. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.25 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (2 AMP) respuesta de 2 → 3 A



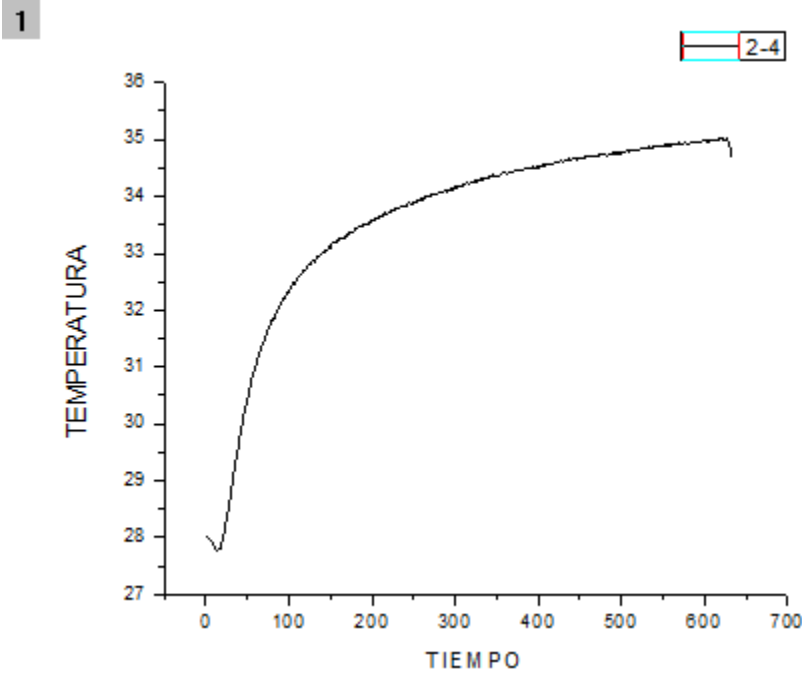
Grafica de 2 - 3 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.



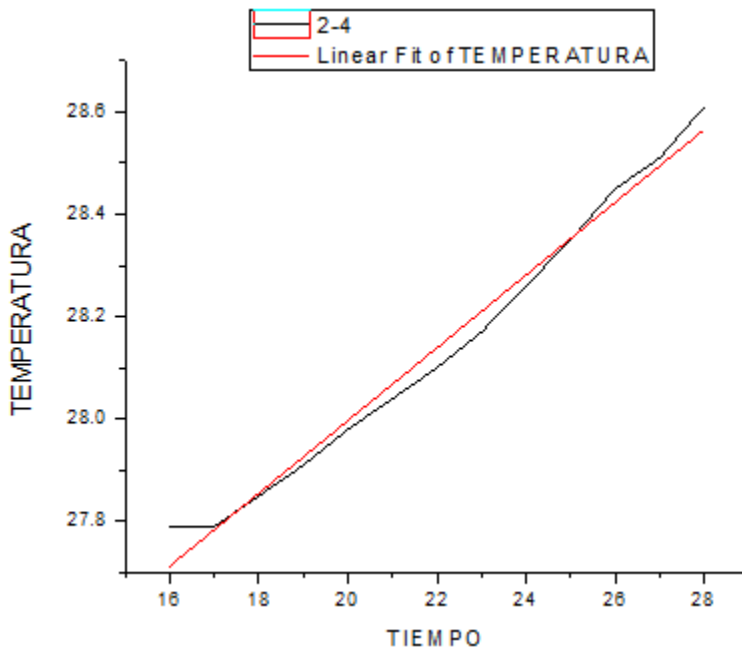
En la Fig.3.5.26 la pendiente encontrada de 2-3A es de 0.03462. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.26 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (2 AMP) respuesta de 2 → 4 A



Grafica de 2 - 4 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

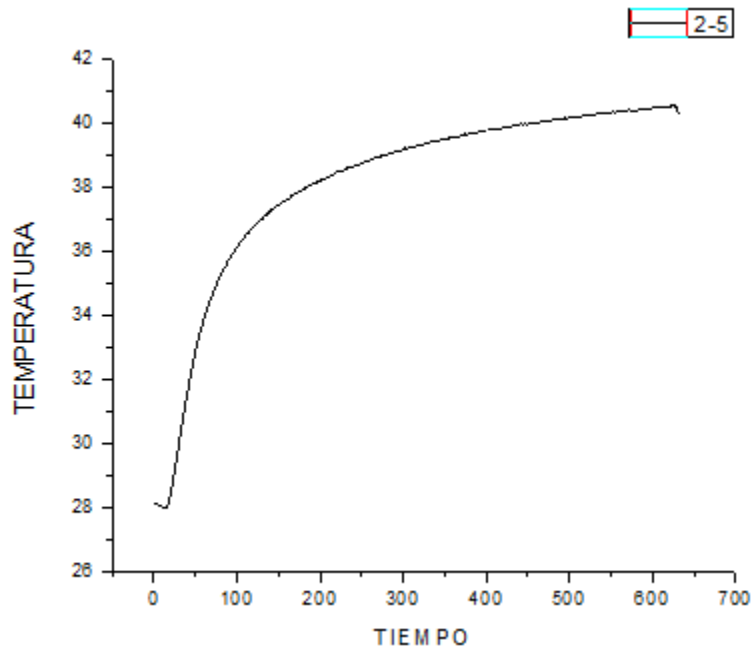


Equation	$y = a + b \cdot x$		
Adj. R-Squ	0.9837		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercept	26.57626	0.05879
TEMPERATURA	Slope	0.07104	0.00263

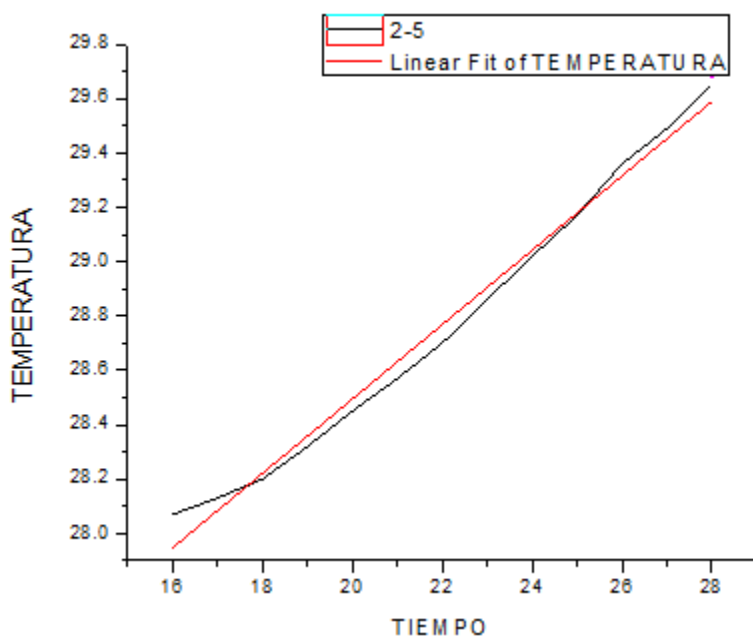
En la Fig.3.5.27 la pendiente encontrada de 2-4A es de 0.07104. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundos inactivo.

Fig.3.5.27 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (2 AMP) respuesta de 2 → 5 A



Grafica de 2 - 5 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

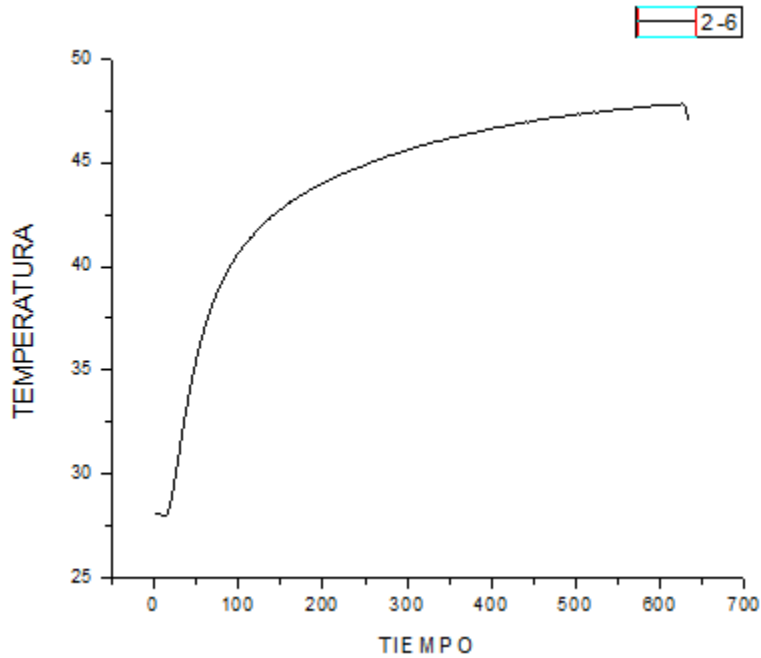


Equation	$y = a + b \cdot x$		
Adj. R-Squa	0.98761		
		Value	Standard Er
TEMPERAT URA	Intercep t	25.758 57	0.09865
TEMPERAT URA	Slope	0.1368 1	0.00442

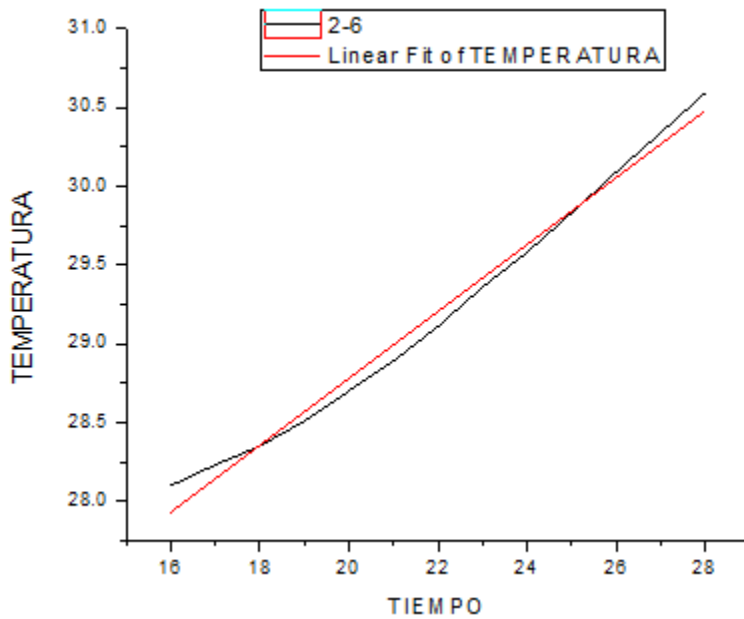
En la Fig.3.5.28 la pendiente encontrada de 2-5A es de 0.13681. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.28 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (2 AMP) respuesta de 2 → 6 A



Grafica de 2 - 6 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

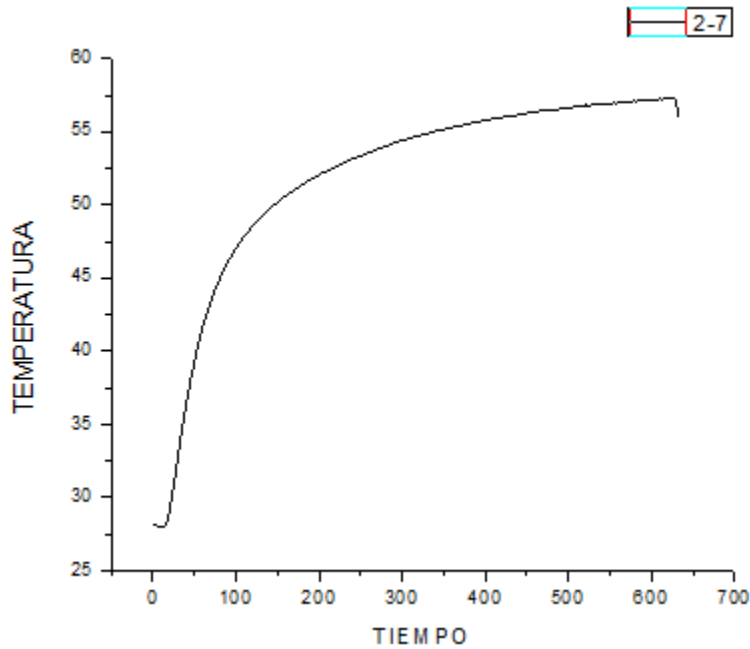


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Sq	0.988		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercpt	24.53538	0.14991
TEMPERATURA	Slope	0.21231	0.00672

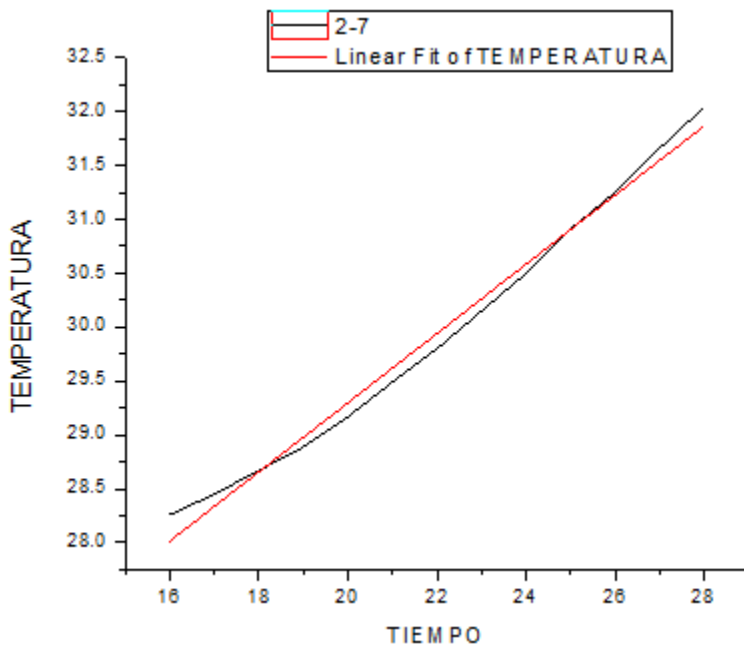
En la Fig.3.5.29 la pendiente encontrada de 2-6A es de 0.21231. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.29 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (2 AMP) respuesta de 2 → 7 A



Grafica de 2 - 7 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

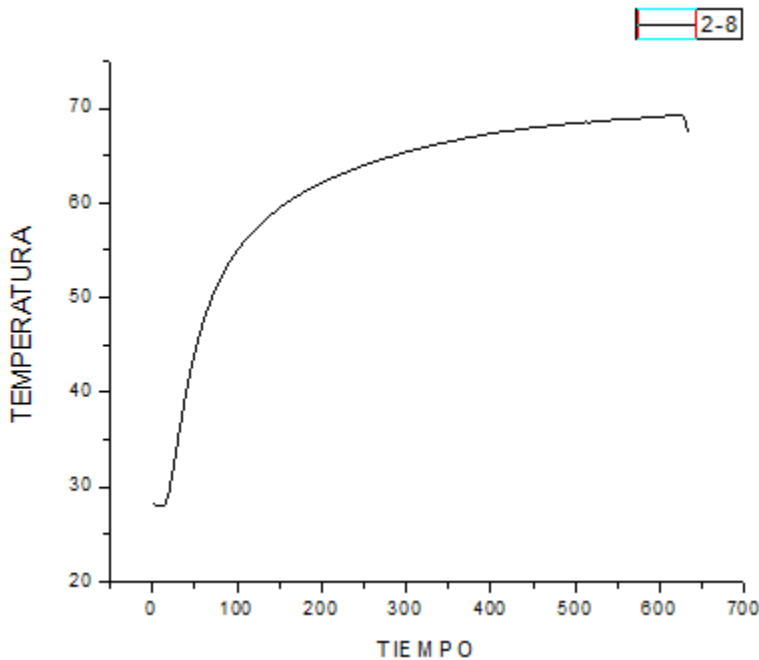


Equation	$y = a + b \cdot x$		
Adj. R-Sq	0.988		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercept	22.87857	0.22158
TEMPERATURA	Slope	0.32104	0.00993

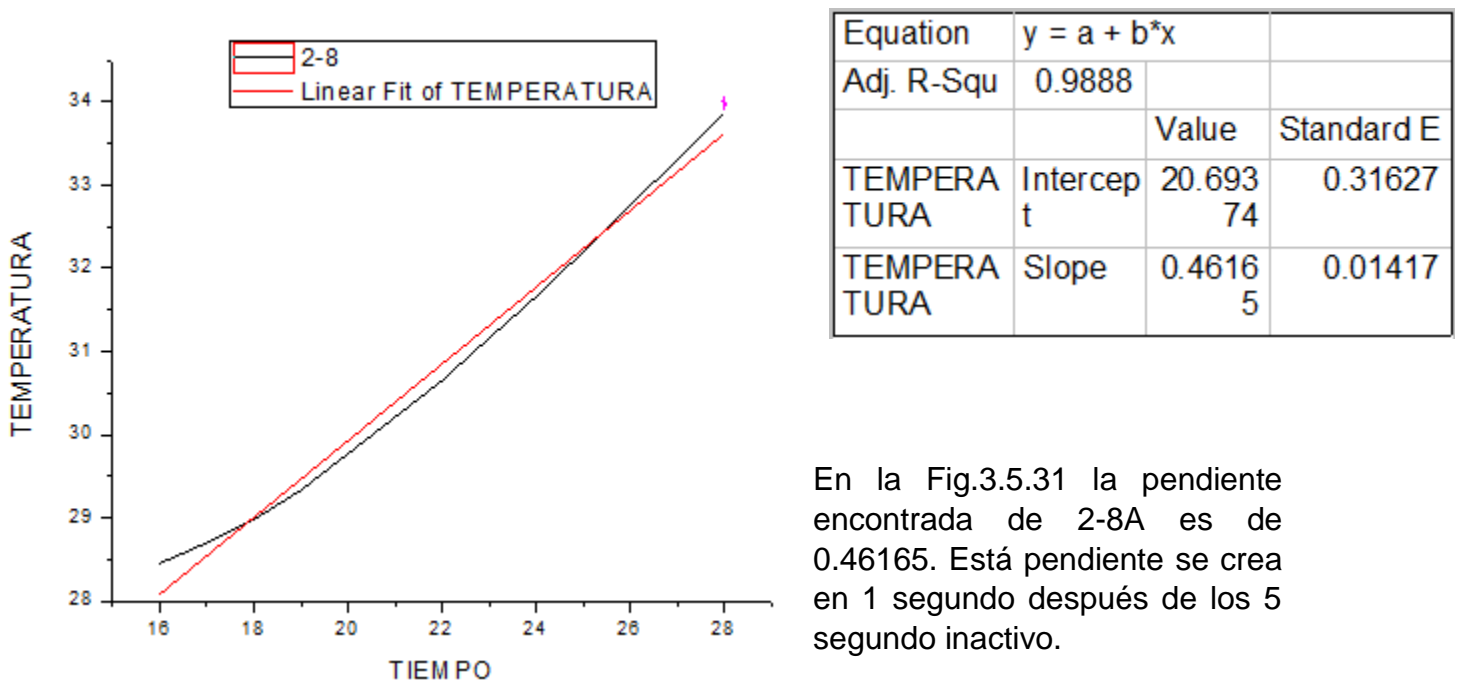
En la Fig.3.5.30 la pendiente encontrada de 2-7A es de 0.32104. Está pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.30 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (2 AMP) respuesta de 2 → 8 A



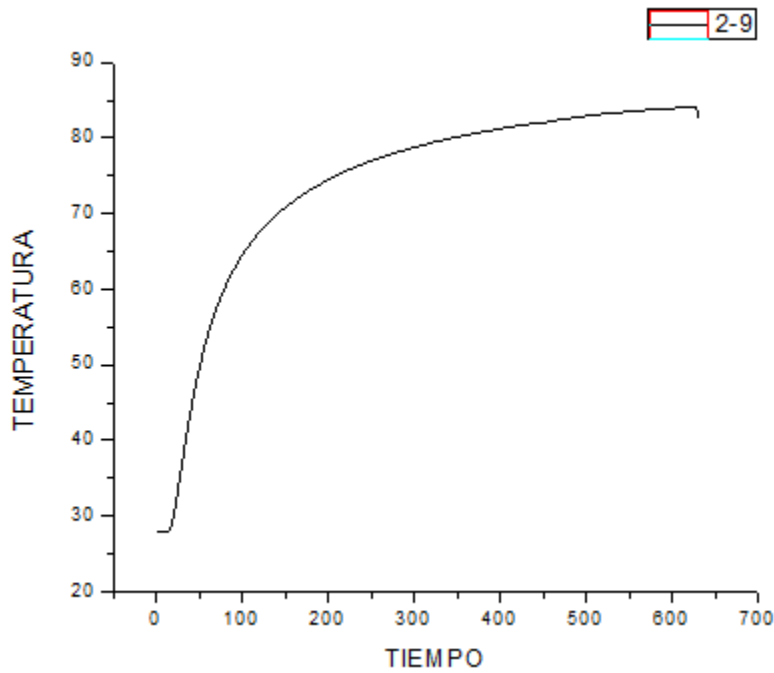
Grafica de 2 - 8 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.



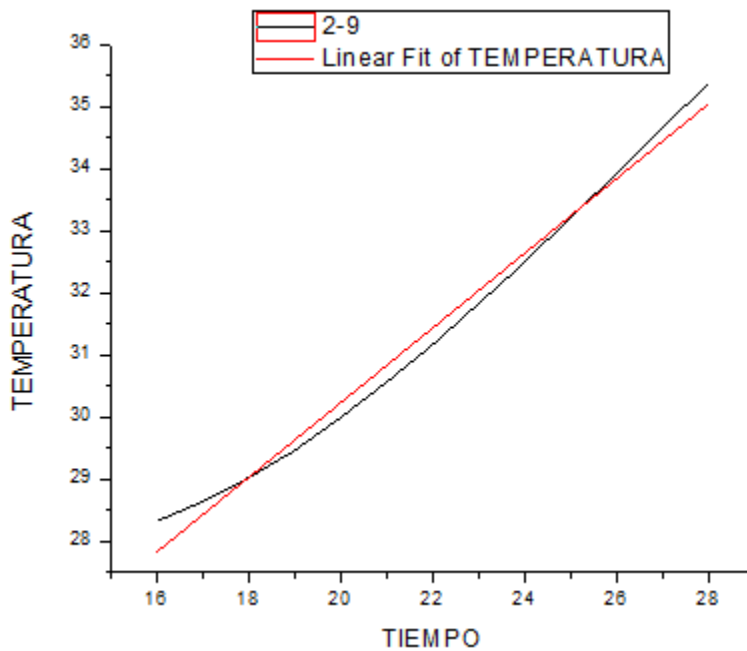
En la Fig.3.5.31 la pendiente encontrada de 2-8A es de 0.46165. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.31 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (2 AMP) respuesta de 2 → 9 A



Grafica de 2 - 9 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

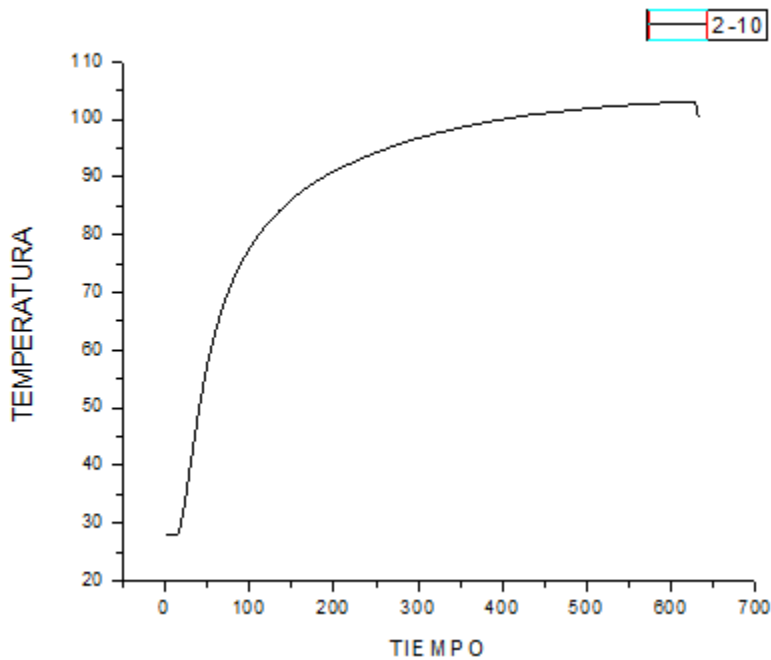


Equation	$y = a + b*x$		
Adj. R-Squ	0.9877		
		Value	Standard
TEMPERA TURA	Interce pt	18.217 58	0.43012
TEMPERA TURA	Slope	0.6004 9	0.01927

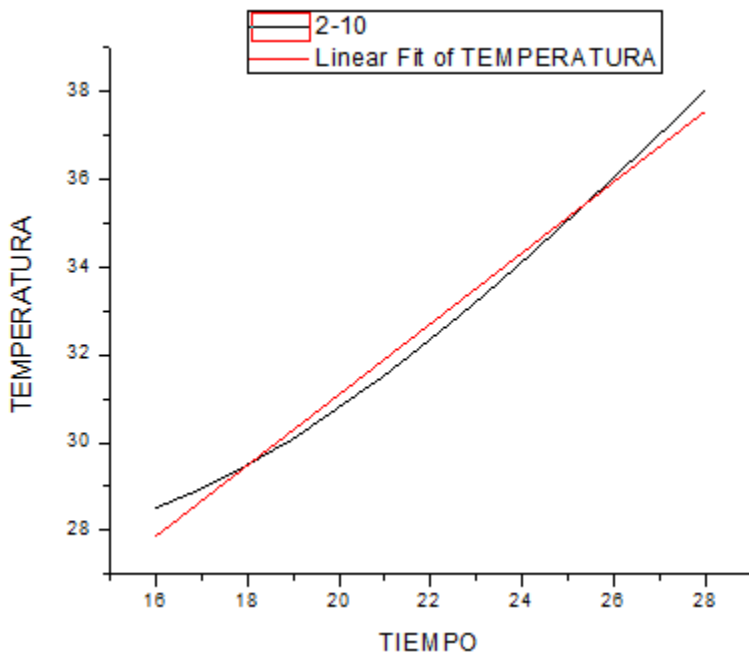
La pendiente encontrada de 2-9A es de 0.60049. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundos inactivo. En la Fig.3.5.32 podemos verlo

Fig.3.5.32 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (2 AMP) respuesta de 2 → 10 A



Grafica de 2 - 10 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.



Equation		$y = a + b \cdot x$	
Adj. R-S	0.987		
		Valu	Standard
TEMPERATURA	Intercpt	14.9378	0.57621
TEMPERATURA	Slope	0.80797	0.02582

En la Fig.3.5.33 la pendiente encontrada de 2-10A es de 0.80797. Está pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.33 Respuesta en 1 segundo

3 AMPER

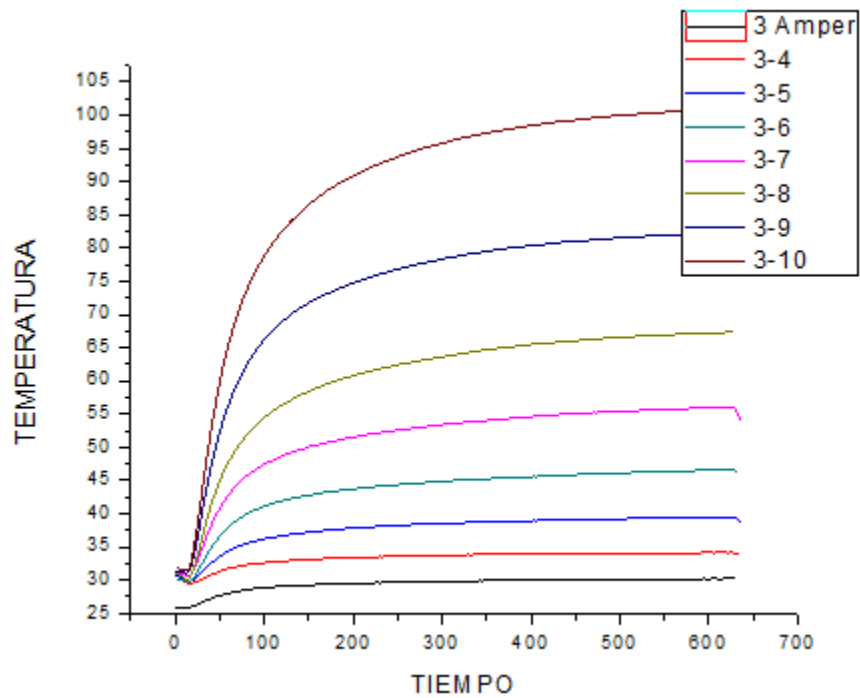
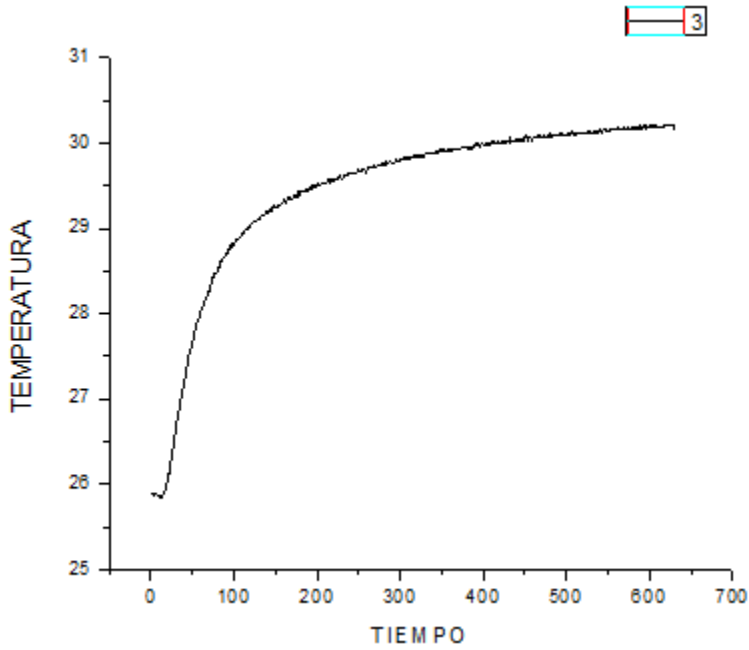


Fig.3.5.34 Representación de las respuestas cuando se le aplica 3A

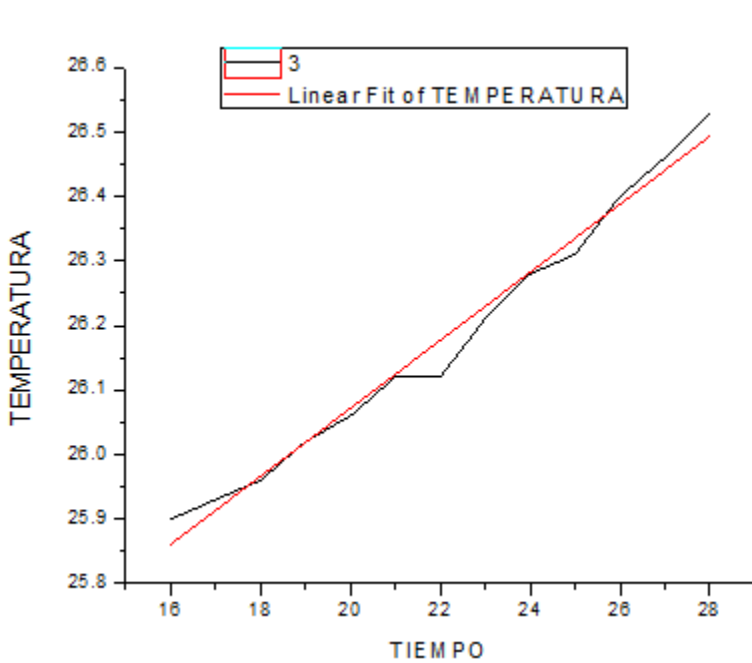
Podemos analizar en esta Fig.3.5.34 que 3 Amper comienza en 24C° y posteriormente hasta donde alcanza el límite de 0 a 3 Amper comienzan a analizarse los siguientes amperajes de 3-4 de 3-5 de 3-6 y así sucesivamente pero no vuelve a llegar a cero su nivel bajo es de 3 Amper.

En las siguientes paginas detallaremos cada uno de los amperajes a través de una pendiente que se elevara continuamente.

Grafica de (3 AMP) respuesta de 3 A



Grafica de 3 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

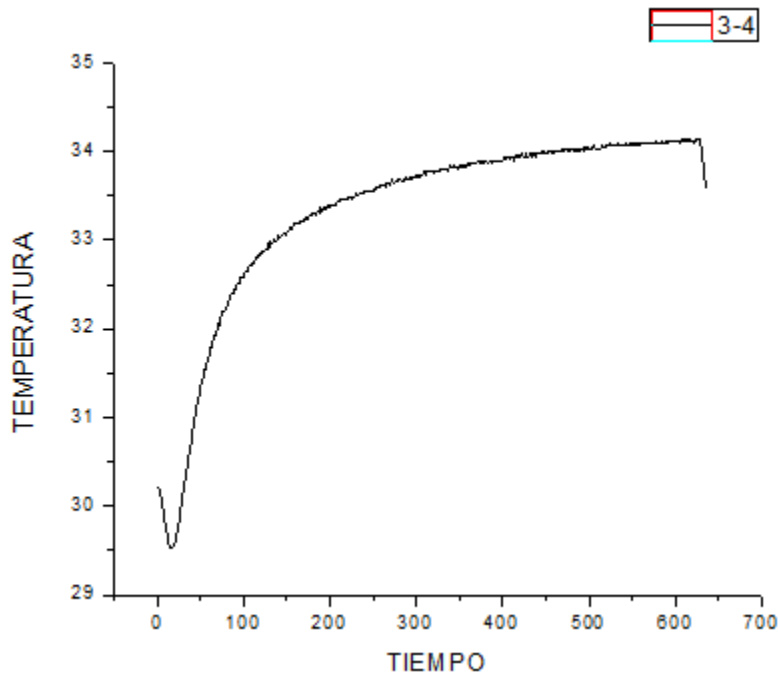


Equation	$y = a + b \cdot x$		
Adj. R-S	0.982		
		Value	Standard
TEMPE RATURA	Interc ept	25.01 769	0.04505
TEMPE RATURA	Slope	0.052 69	0.00202

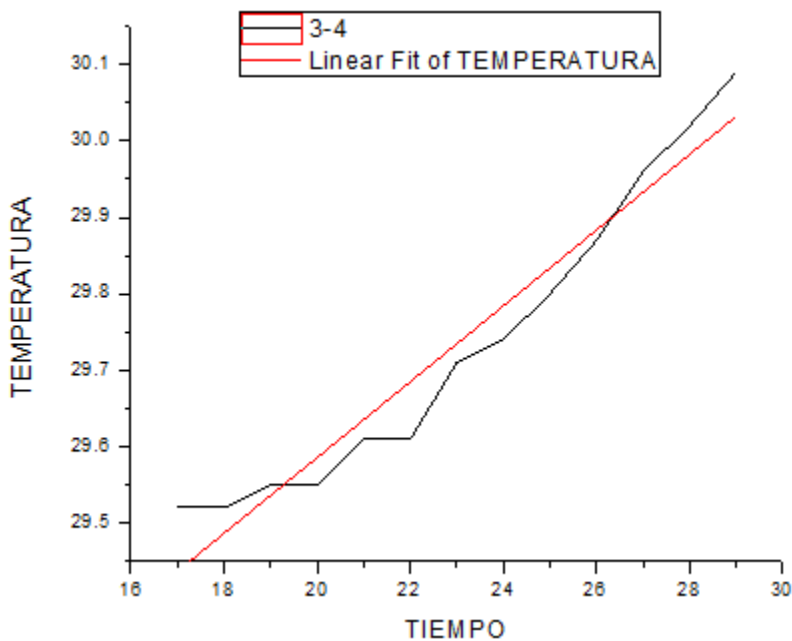
En la Fig.3.5.35 se muestra la pendiente encontrada de 3A es de 0.05269. Está pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.35 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (3 AMP) respuesta de 3 → 4 A



Grafica de 3 - 4 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.



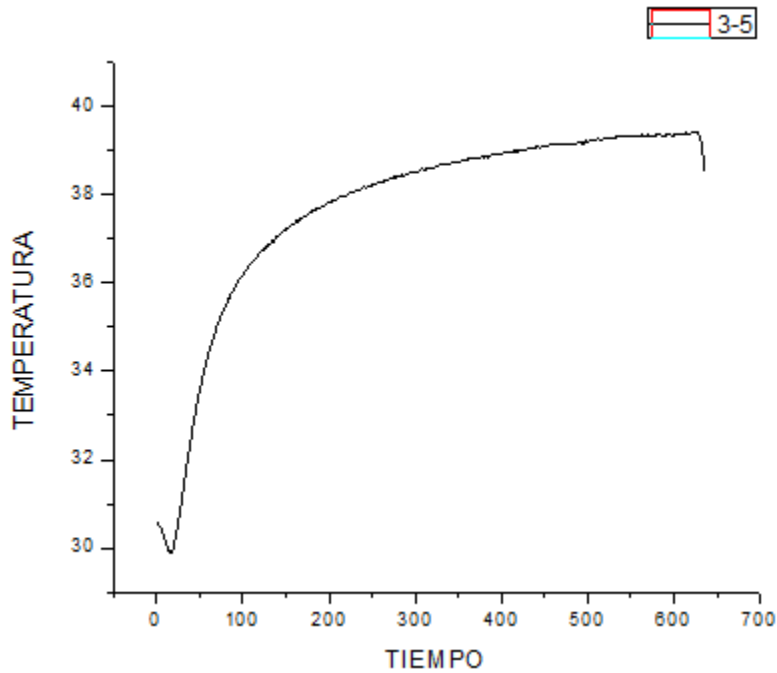
Podemos ver en la Fig.3.5.36 la

Equation	$y = a + b \cdot x$		
Adj. R-Sq	0.942		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercept	28.59346	0.0825
TEMPERATURA	Slope	0.04962	0.00354

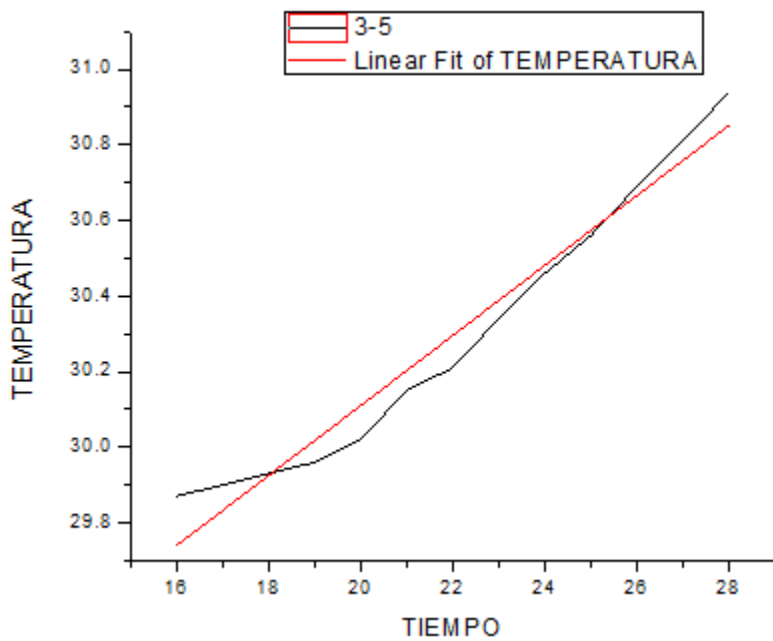
pendiente encontrada de 3-4A es de 0.04962. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.36 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (3 AMP) respuesta de 3 → 5 A



Grafica de 3 - 5 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

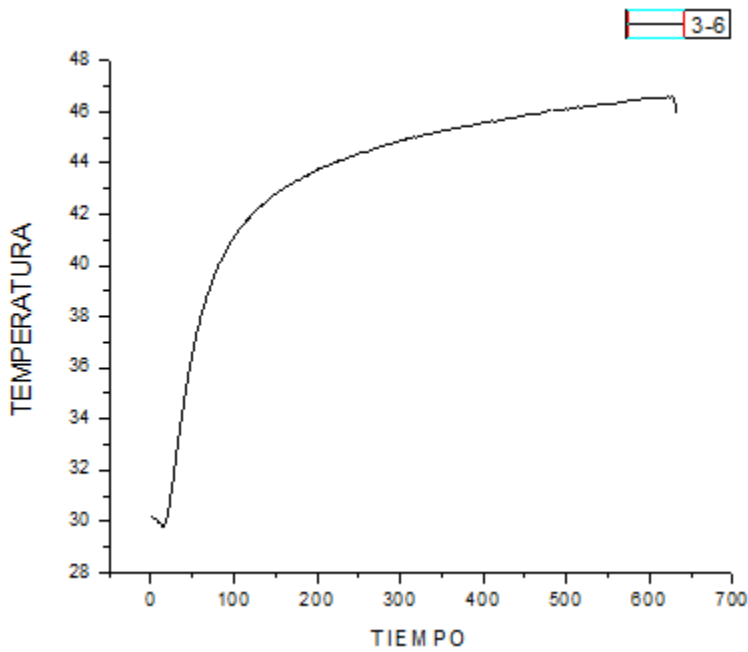


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squ	0.9615		
		Value	Standard E
TEMPERATURA	Intercept	28.25495	0.11923
TEMPERATURA	Slope	0.09275	0.00534

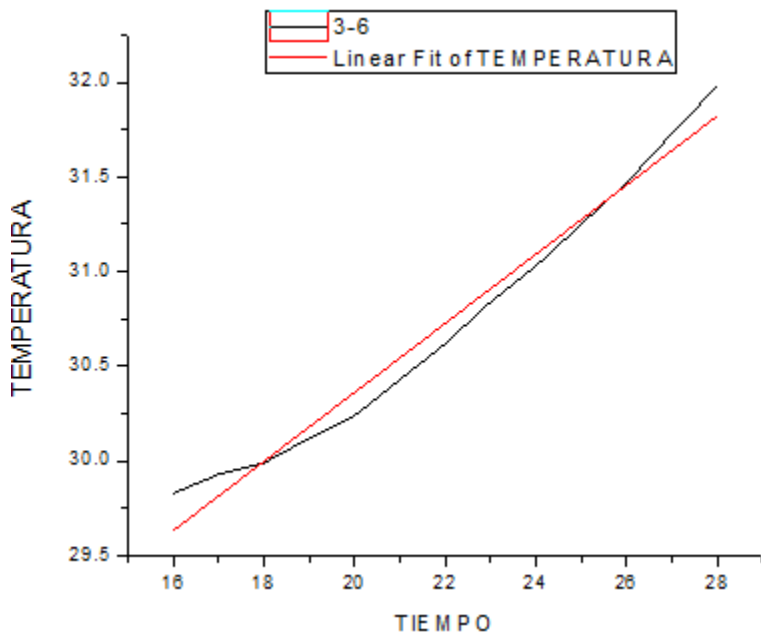
En la Fig.3.5.37 la pendiente encontrada de 3-5A es de 0.09275. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.37 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (3 AMP) respuesta de 3 → 6 A



Grafica de 3 - 6 AMP, respuesta a partir de 1 segundo

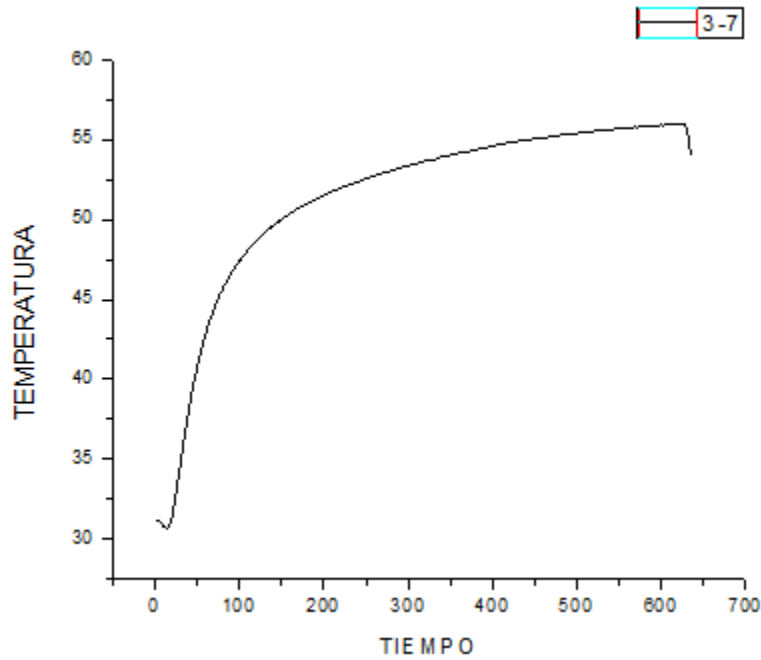


Equation	$y = a + b \cdot x$		
Adj. R-Sq	0.9756		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercept	26.71451	0.18539
TEMPERATURA	Slope	0.18242	0.00831

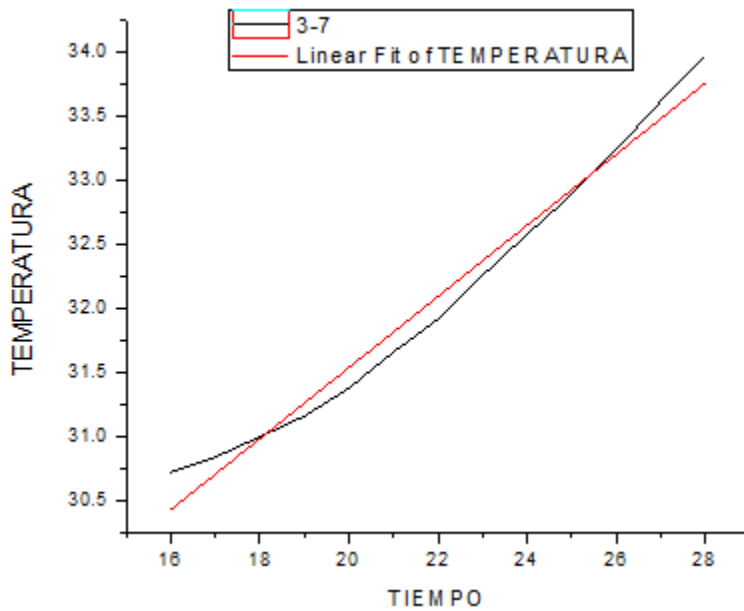
La pendiente encontrada de 3-6A es de 0.18242. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundos inactivo.

Fig.3.5.38 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (3 AMP) respuesta de 3 → 7 A



Grafica de 3 - 7 AMP, respuesta a partir de 1 segundo

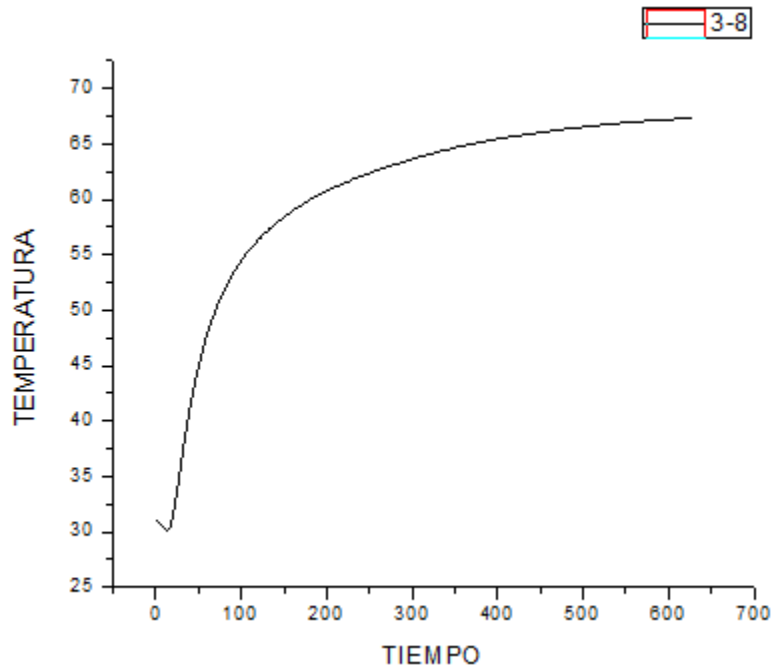


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Sq	0.9789		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercept	25.98495	0.26231
TEMPERATURA	Slope	0.27775	0.01175

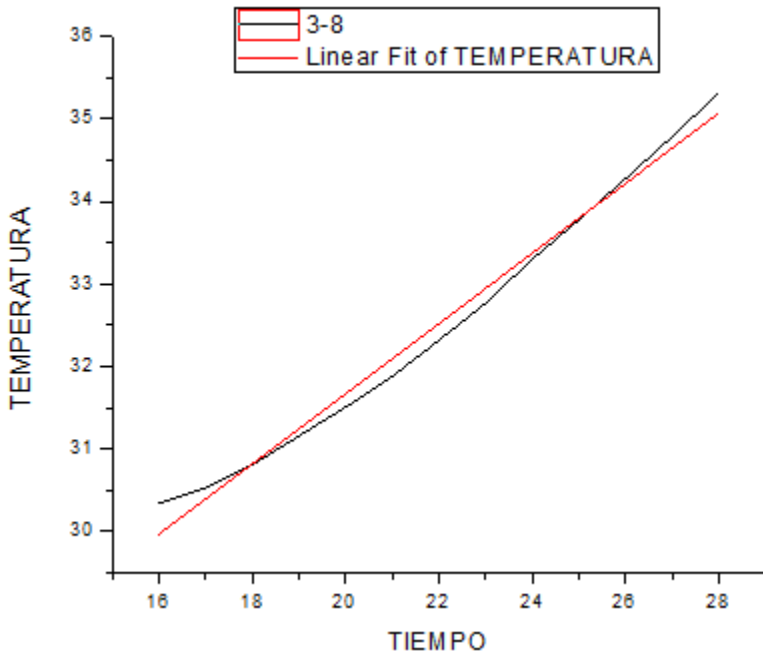
La pendiente encontrada de 3-7A es de 0.27775. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundos inactivo.

Fig.3.5.39 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (3 AMP) respuesta de 3 → 8 A



Grafica de 3 - 8 AMP, respuesta a partir de 1 segundo

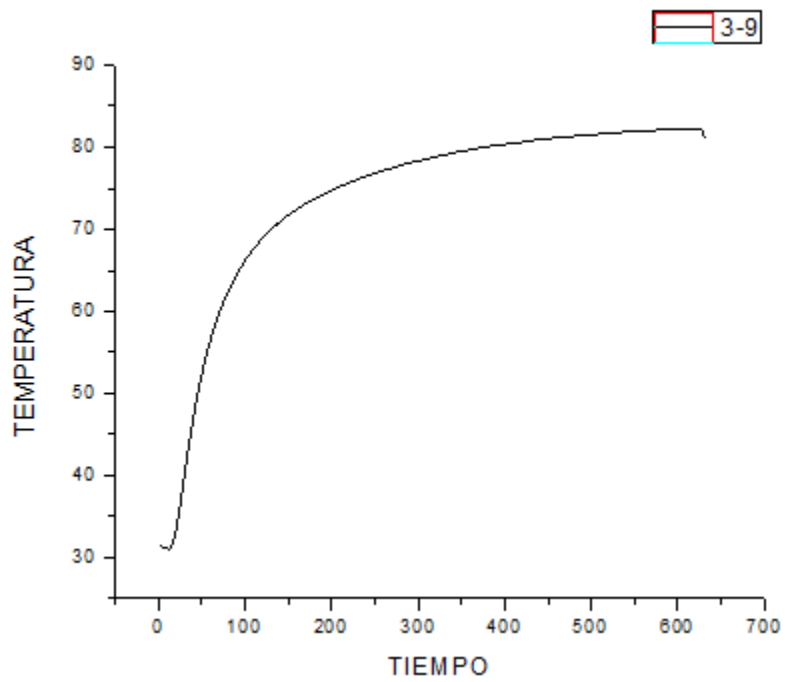


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squ	0.9869		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercept	23.16747	0.31428
TEMPERATURA	Slope	0.42522	0.01408

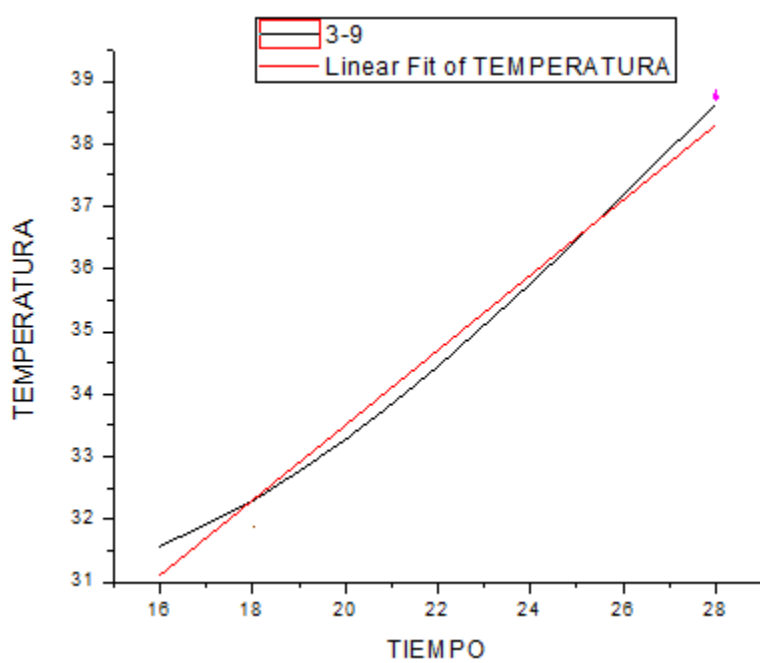
La pendiente encontrada de 3-8A es de 0.4252. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.40 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (3 AMP) respuesta de 3 → 9 A



Grafica de 3 - 9 AMP, respuesta a partir de 1 segundo

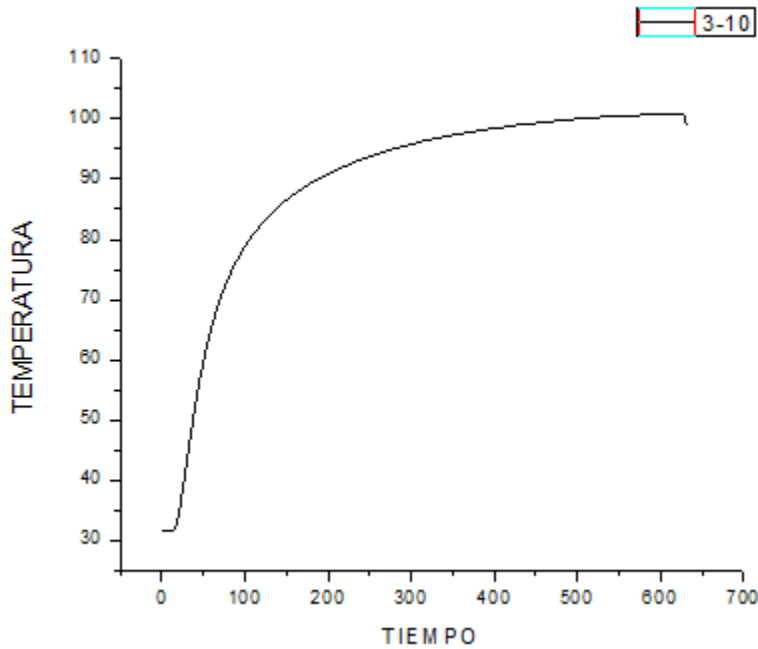


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Sq	0.9887		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercept	21.51846	0.4119
TEMPERATURA	Slope	0.59923	0.01846

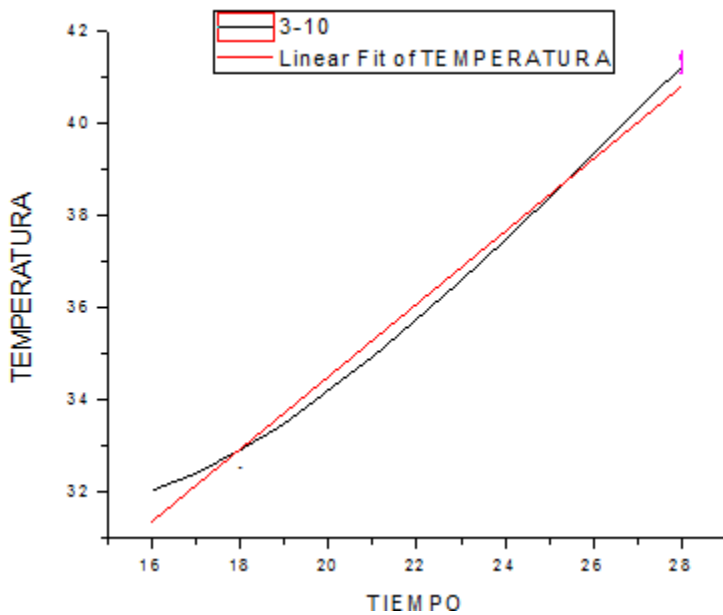
La pendiente encontrada de 3-9^a lo Observamos en la Fig.3.5.41 es de 0.59923. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.41 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (3 AMP) respuesta de 3 → 10 A



Grafica de 3 - 10 AMP, respuesta a partir de 1 segundo



Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Sq	0.9876		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercept	18.79363	0.5655
TEMPERATURA	Slope	0.78599	0.02534

En la Fig.3.5.42 vemos la pendiente encontrada de 3-10A es de 0.78599. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundos inactivo.

Fig.3.5.42 Respuesta en 1 segundo

4 AMPER

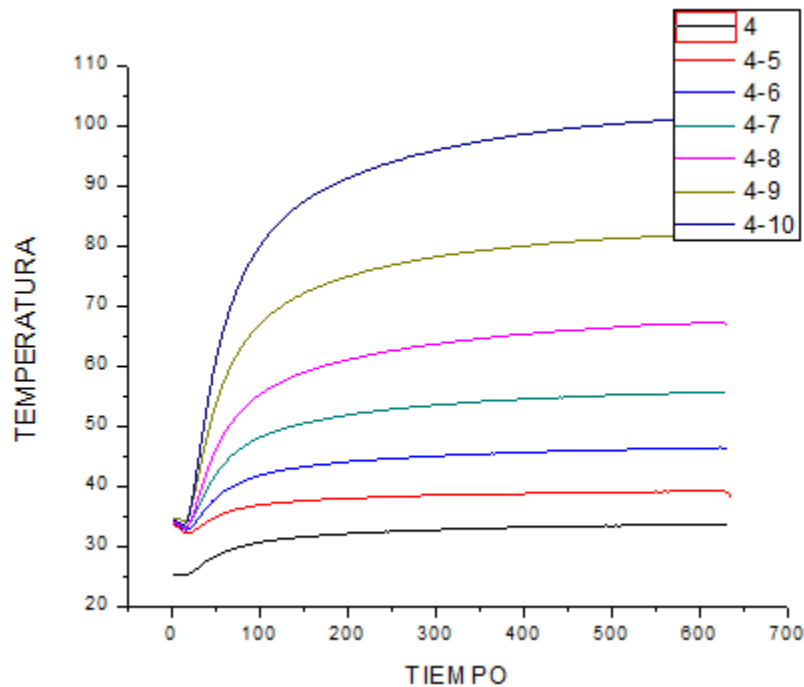
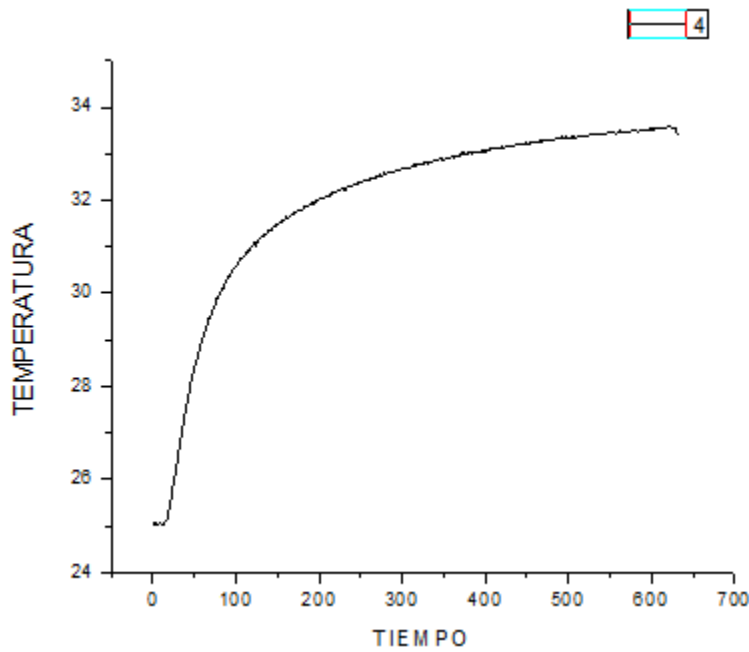


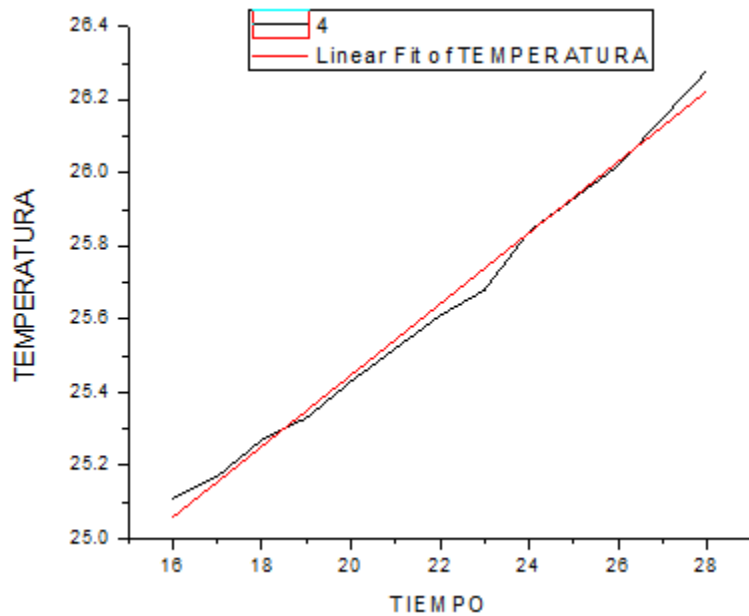
Fig.3.5.43 Caracterización de 4A

En la Fig.3.5.43 se puede observar las pendientes bien pronunciadas en 5 min de que se activan las corrientes correspondientes es decir de 5 segundos es suficiente para observar visualmente que las pendientes son completamente distintas en diferentes corrientes, entre mas grande sea la corriente mas pronunciada se ve su comportamiento pero al mismo tiempo las corrientes pequeñas se pronuncian unas de otras aunque tarde un poco mas de tiempo comparados con las corrientes grandes es decir agarramos la linea de 4-6 amperes(azul encendido) de 1 segundo y ya se puede calcular su pendiente y nos daría completamente diferente a la mas cercana en este caso 7 amperes.

Grafica de (4 AMP) respuesta de 4 A



Grafica de 4 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

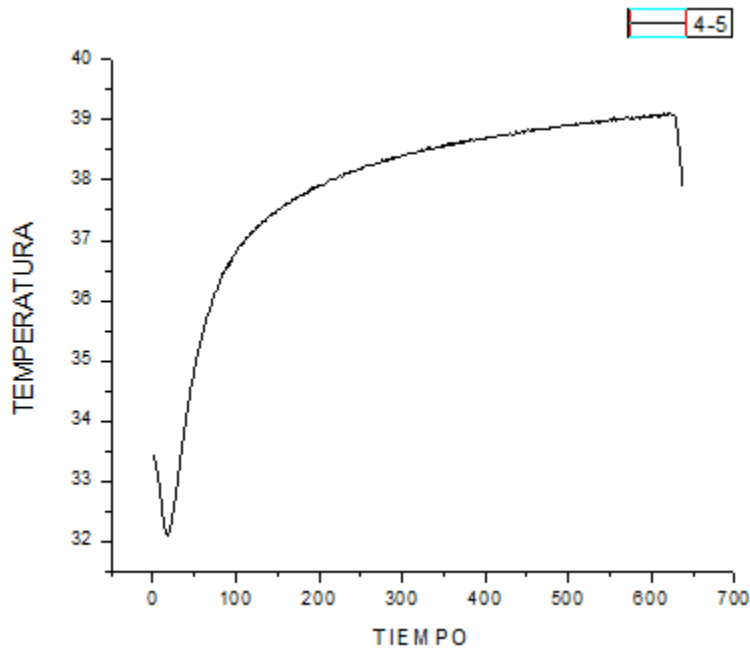


Equation	$y = a + b \cdot x$		
Adj. R-Squ	0.9920		
		Value	Standard E
TEMPERATURA	Intercept	23.50198	0.05597
TEMPERATURA	Slope	0.09725	0.00251

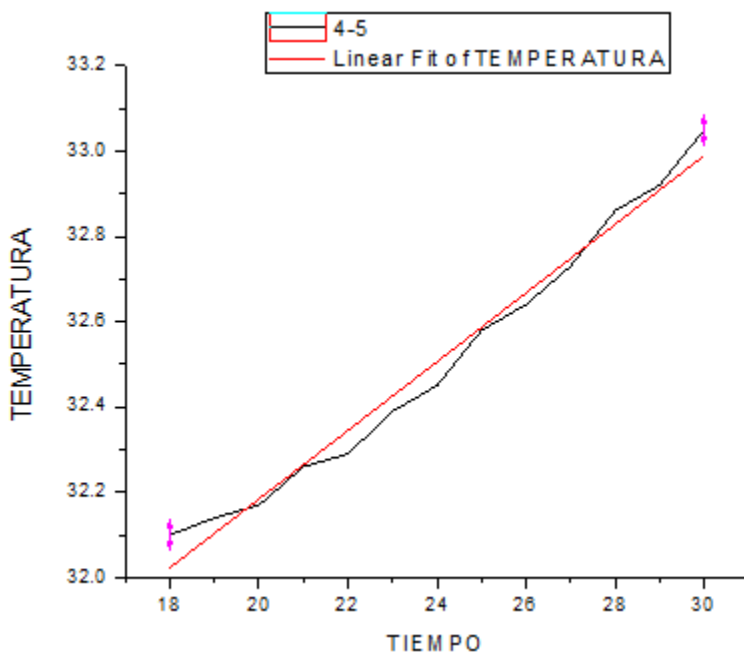
En la Fig.3.5.44 se aprecia la pendiente encontrada de 4 A es de 0.09725. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.44 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (4 AMP) respuesta de 4 → 5 A



Grafica de 4 - 5 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

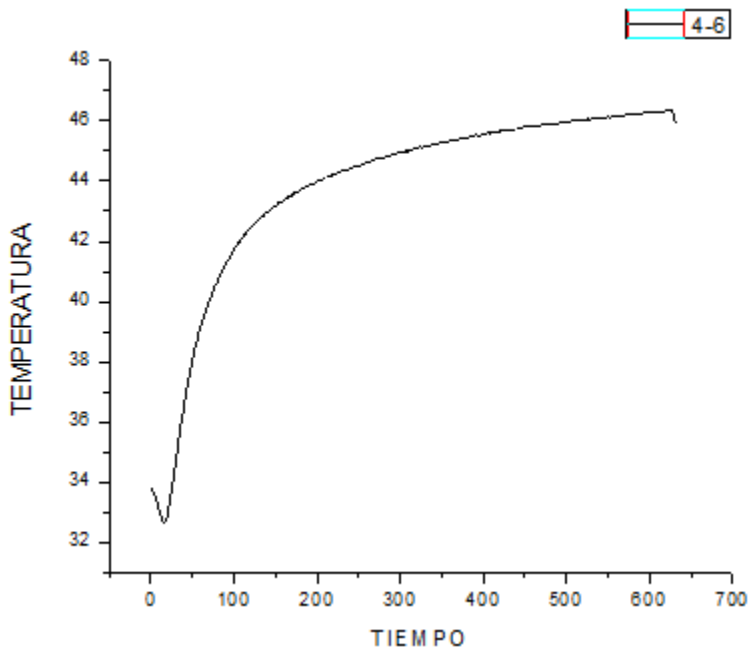


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squa	0.98107		
		Value	Standard Er
TEMPERA TURA	Intercep t	30.572 97	0.07839
TEMPERA TURA	Slope	0.0805 5	0.00323

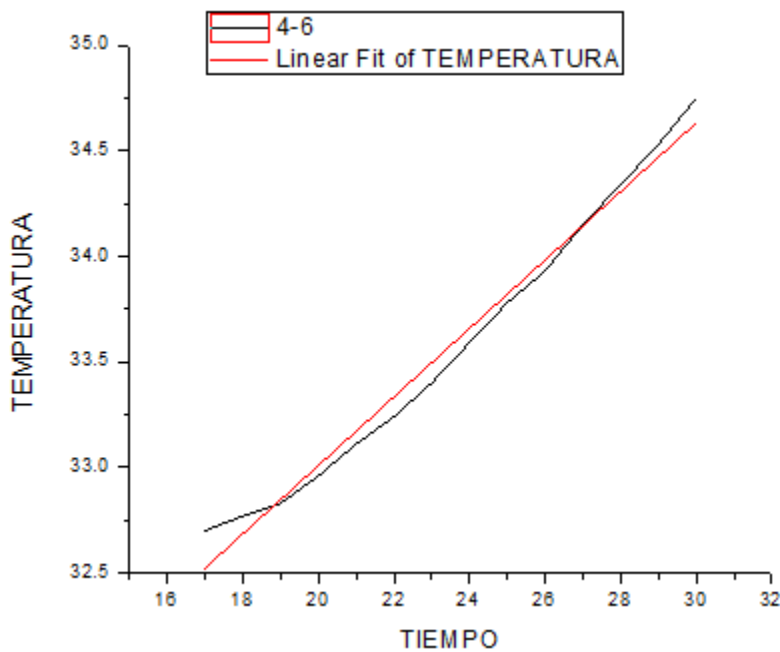
Se muestra la pendiente encontrada de 4-5 A es de 0.08055. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.45 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (4 AMP) respuesta de 4 → 6 A



Grafica de 4 - 6 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

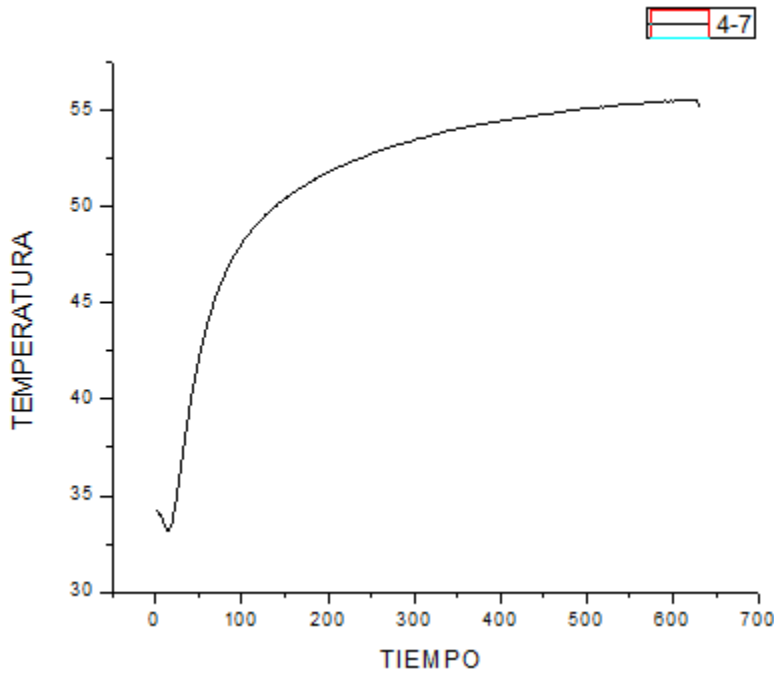


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squ	0.9837		
		Value	Standard Er
TEMPERA TURA	Intercep t	29.763 43	0.13773
TEMPERA TURA	Slope	0.1622 9	0.00578

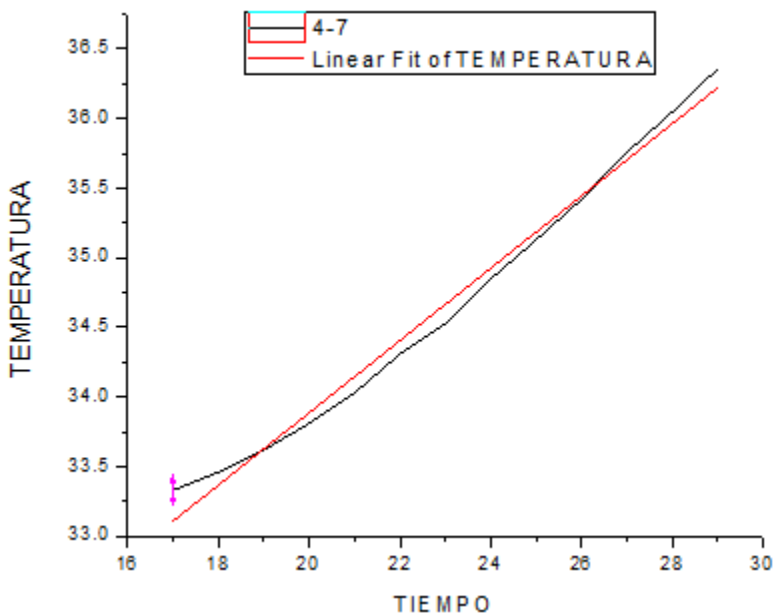
Se muestra en la Fig.3.5.46 la pendiente encontrada de 4-6 A es de 0.16229. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.46 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (4 AMP) respuesta de 4 → 7 A



Grafica de 4 - 7 AMP, respuesta a partir de 1 segundo

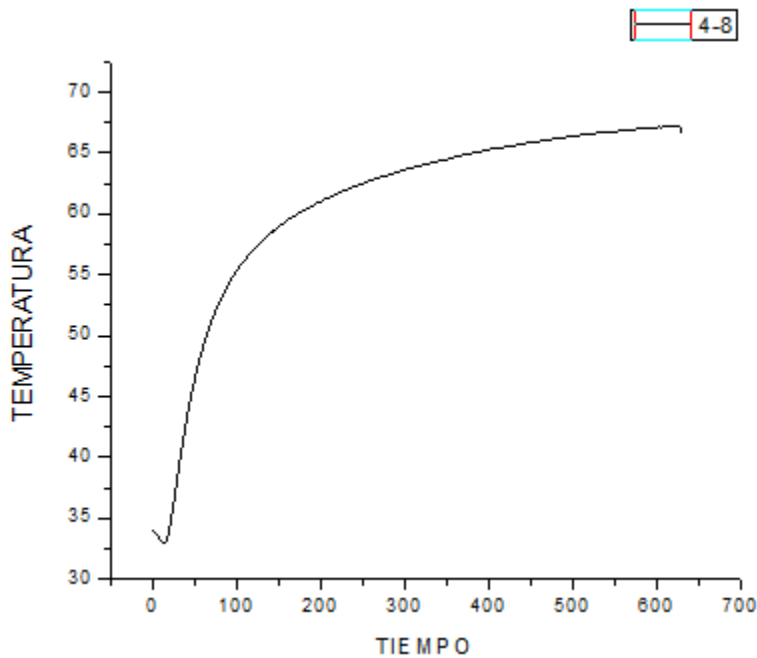


Equation	$y = a + b \cdot x$		
Adj. R-Square	0.98739		
		Value	Standard Error
TEMPERATURA	Intercept	28.6937	0.19728
RA		4	
TEMPERATURA	Slope	0.25967	0.00847
RA			

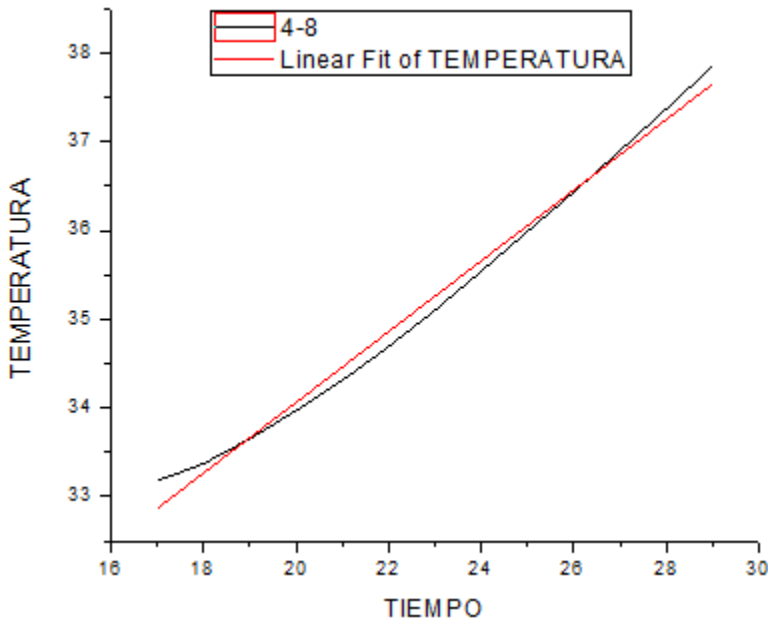
Se muestra en la Fig.3.5.47 la pendiente encontrada de 4-7 A es de 0.25967. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundos inactivo.

Fig.3.5.47 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (4 AMP) respuesta de 4 → 8 A



Grafica de 4 - 8 AMP, respuesta a partir de 1 segundo

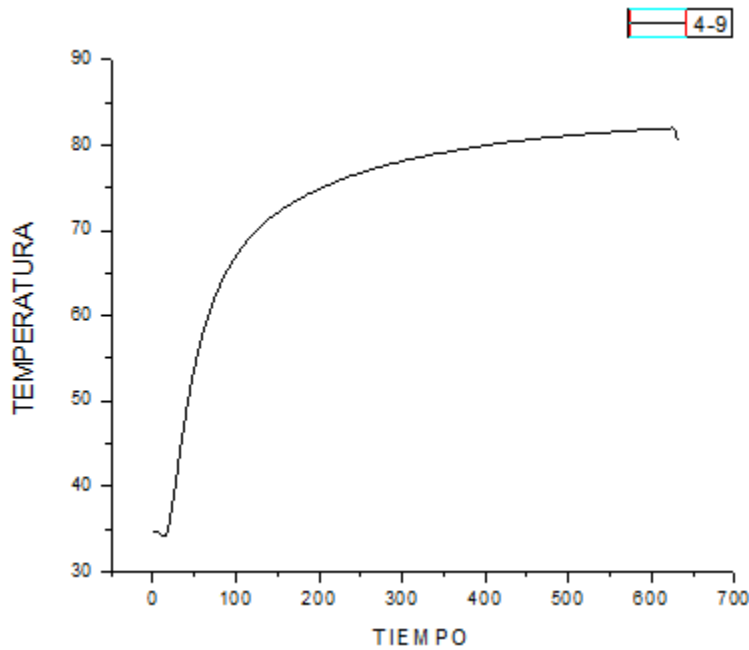


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squ	0.9899		
		Value	Standard E
TEMPERATURA	Intercept	26.08	0.27033
	t	17	
TEMPERATURA	Slope	0.39896	0.0116

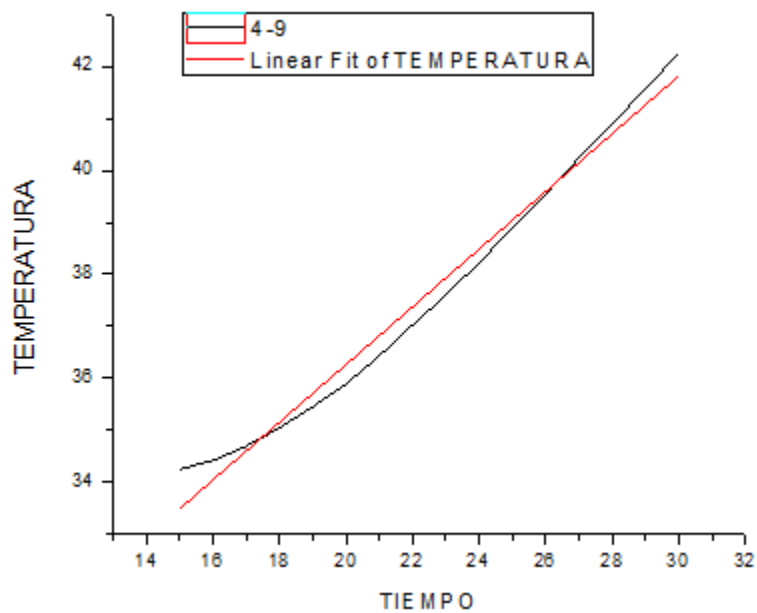
La pendiente encontrada de 4-8 A es de 0.39896. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundos inactivo. Podemos observarlo en la Fig.3.5.48

Fig.3.5.48 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (4 AMP) respuesta de 4 → 9 A



Grafica de 4 - 9 AMP, respuesta a partir de 1 segundo

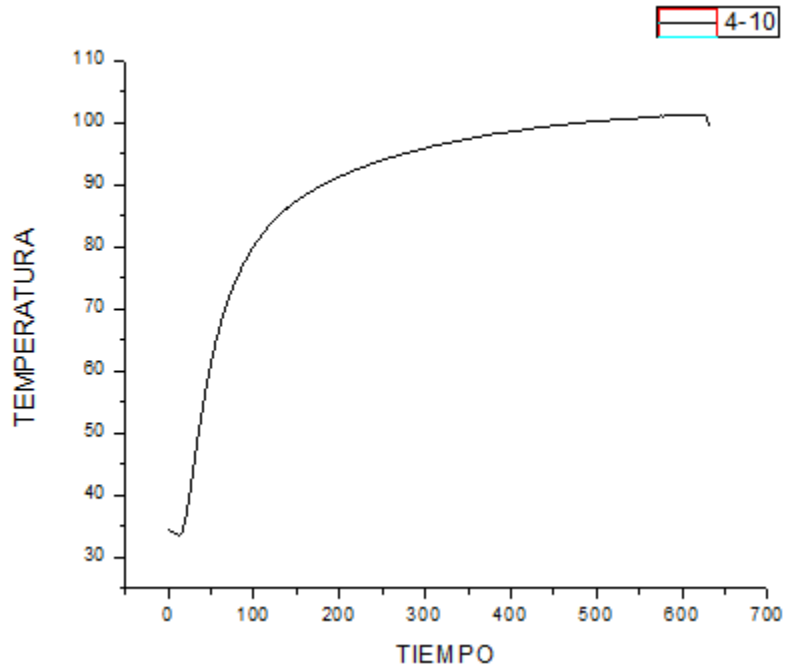


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squa	0.98229		
		Value	Standard Er
TEMPERA TURA	Intercept	25.13081	0.44295
TEMPERA TURA	Slope	0.5566	0.01929

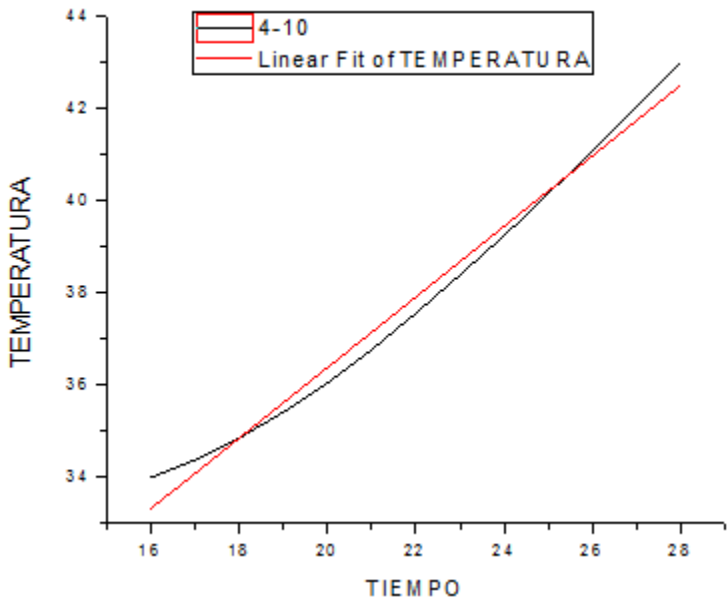
En la Fig.3.5.49 vemos la pendiente encontrada de 4-9 A es de 0.5566. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.49 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (4 AMP) respuesta de 4 → 10 A



Grafica de 4 - 10 AMP, respuesta a partir de 1 segundo



Equation	$y = a + b \cdot x$		
Adj. R-Squa	0.98586		
		Value	Standard Er
TEMPERAT URA	Intercep t	21.1	0.5892
TEMPERAT URA	Slope	0.764 23	0.0264

La pendiente encontrada de 4-10 A es de 0.76423. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundos inactivo. Lo podemos apreciar en la Fig.3.5.50

Fig.3.5.50 Respuesta en 1 segundo

5 AMPER

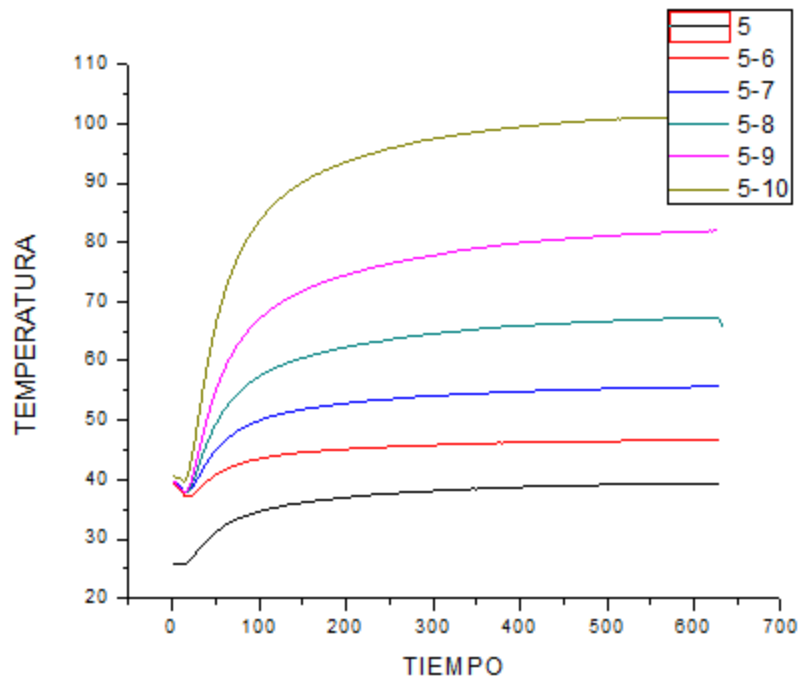
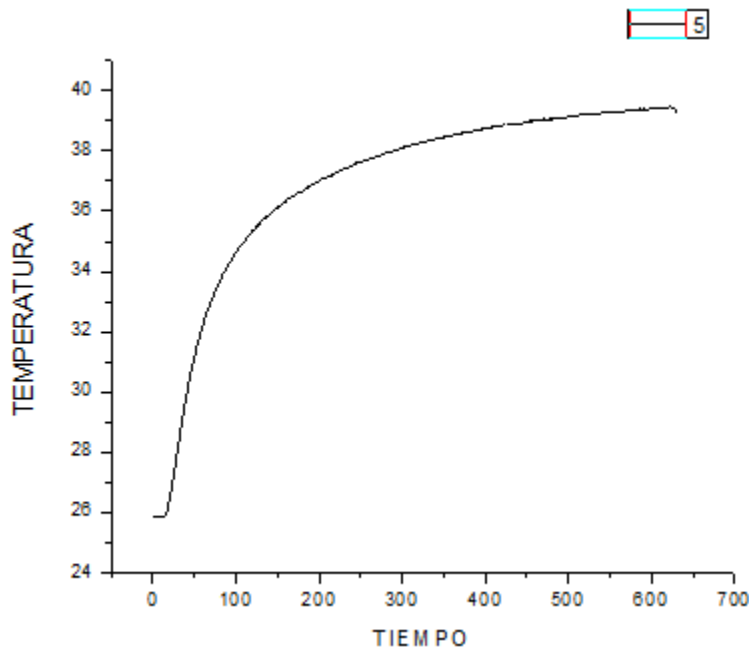


Fig.3.5.51 Respuestas de las temperaturas cuando se le aplica 5A

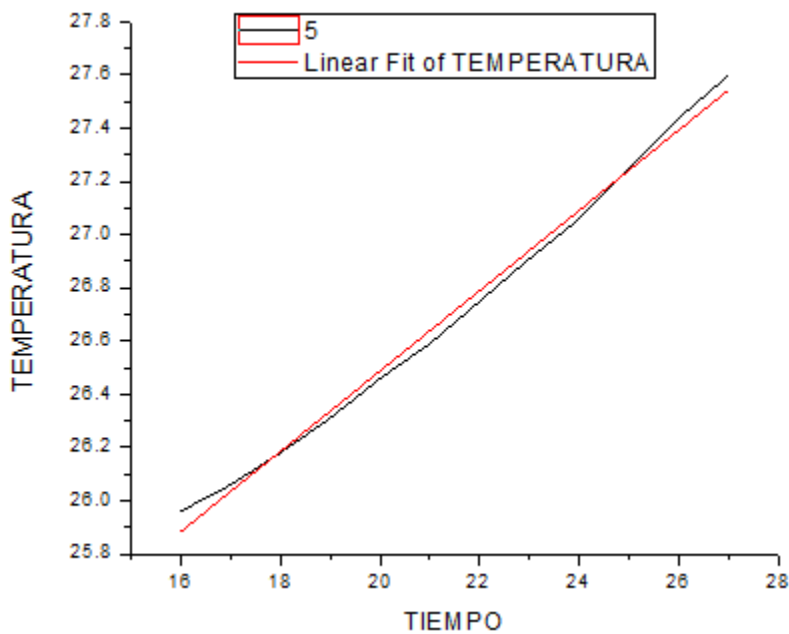
Empleando estas relaciones, de intensidad de corriente eléctrica, efectos térmicos, pendientes es posible hacer un dispositivo que nos calcule la pendiente de la variación de temperatura en un segundo para obtener la corriente que circula en los conductores y no esperar mucho tiempo para saber su comportamiento.

En la Fig.3.5.51 las pendientes están bien definidas solo que para cada amperaje son pendientes completamente diferentes aunque aparente ser similares en la parte de abajo se muestra experimentalmente las diferencias de las pendientes.

Grafica de (5 AMP) respuesta de 5 A



Grafica de 5 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

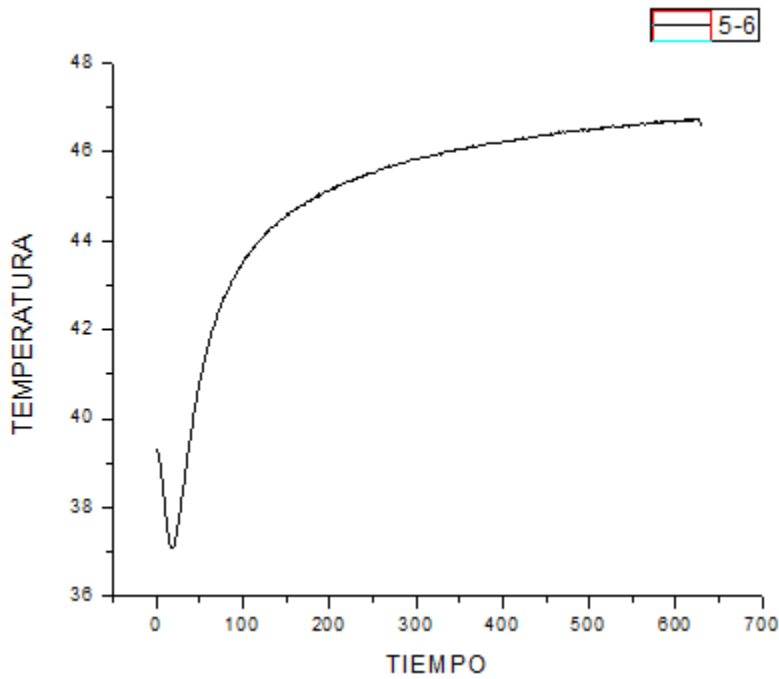


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squ	0.9935		
		Value	Standard E
TEMPERATURA	Intercept	23.46586	0.07963
TEMPERATURA	Slope	0.15108	0.00366

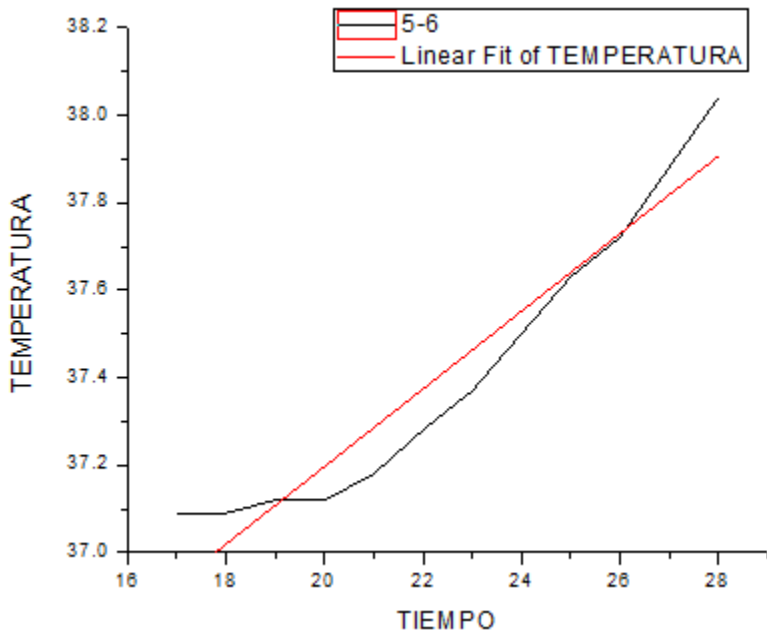
La pendiente encontrada de 5 A es de 0.15108. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.52 Respuesta en 1 segundo.

Grafica de (5 AMP) respuesta de 5 → 6 A



Grafica de 5 - 6 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

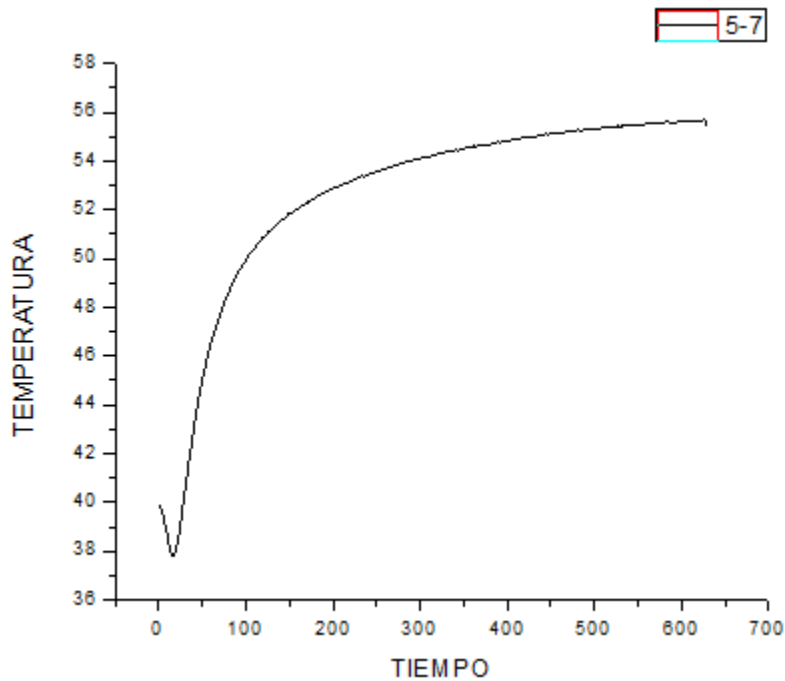


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squa	0.9188		
		Value	Standard Er
TEMPERAT URA	Intercept	35.423 23	0.1802
TEMPERAT URA	Slope	0.0886 7	0.00792

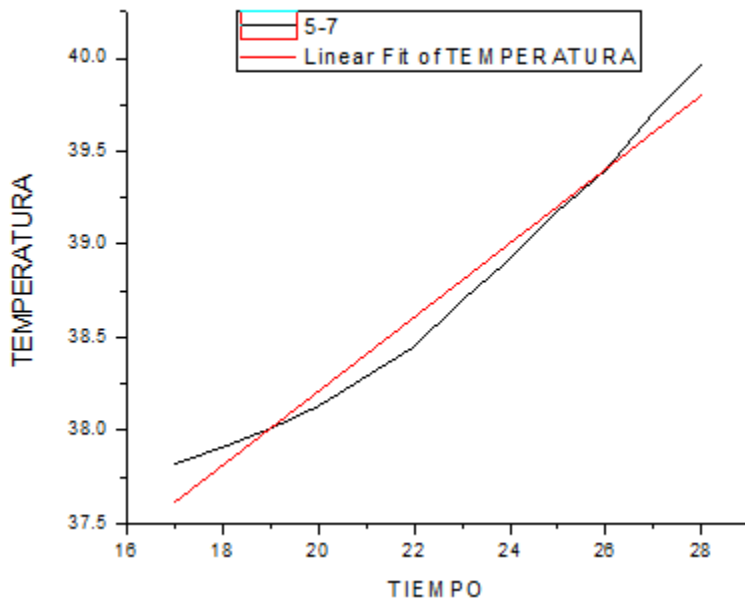
En la Fig.3.5.53 se muestra la pendiente encontrada de 5-6 A es de 0.08867. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.53 Respuesta en 1 segundo.

Grafica de (5 AMP) respuesta de 5 → 7 A



Grafica de 5 - 7 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

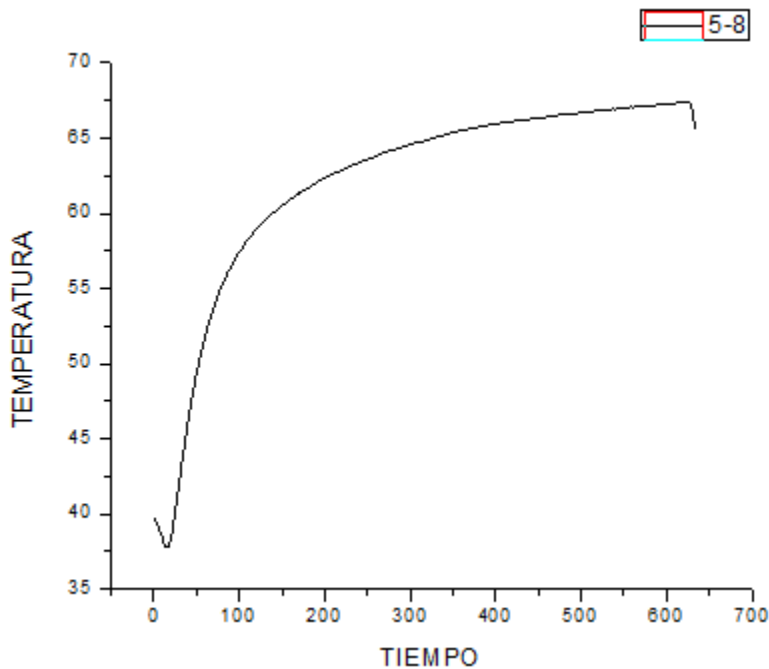


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squar	0.97036		
		Value	Standard Err
TEMPERAT URA	Intercept	34.2255 9	0.23862
TEMPERAT URA	Slope	0.1992	0.01048

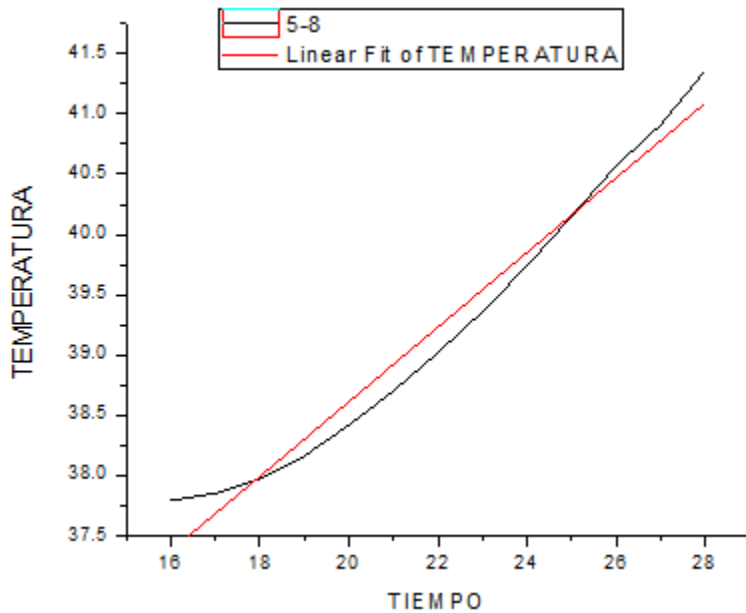
En la Fig.3.5.54 la pendiente encontrada de 5-7 A es de 0.1992. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.54 Respuesta en 1 segundo.

Grafica de (5 AMP) respuesta de 5 → 8 A



Grafica de 5 - 8 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.



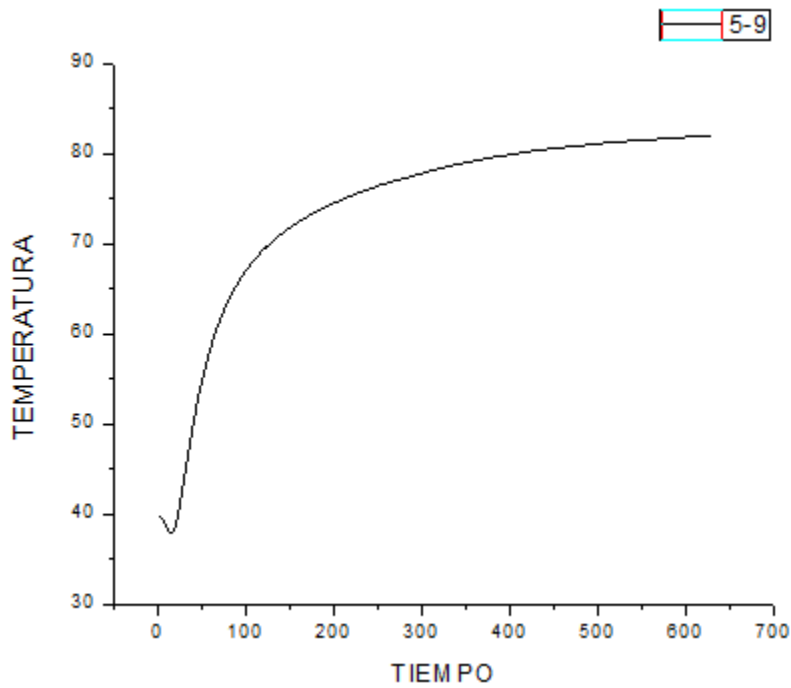
Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squar	0.96975		
		Value	Standard Err
TEMPERAT URA	Intercept	32.414 4	0.35206
TEMPERAT URA	Slope	0.3098 4	0.01578

Se muestra en la Fig.3.5.55 la pendiente encontrada de 5-8 A es de 0.30984. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo

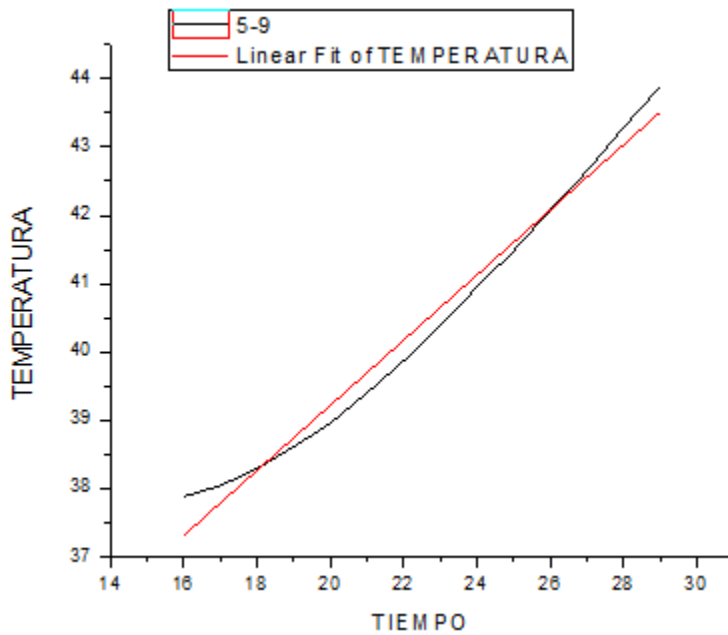
inactivo.

Fig.3.5.55 Respuesta en 1 segundo.

Grafica de (5 AMP) respuesta de 5 → 9 A



Grafica de 5 - 9 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

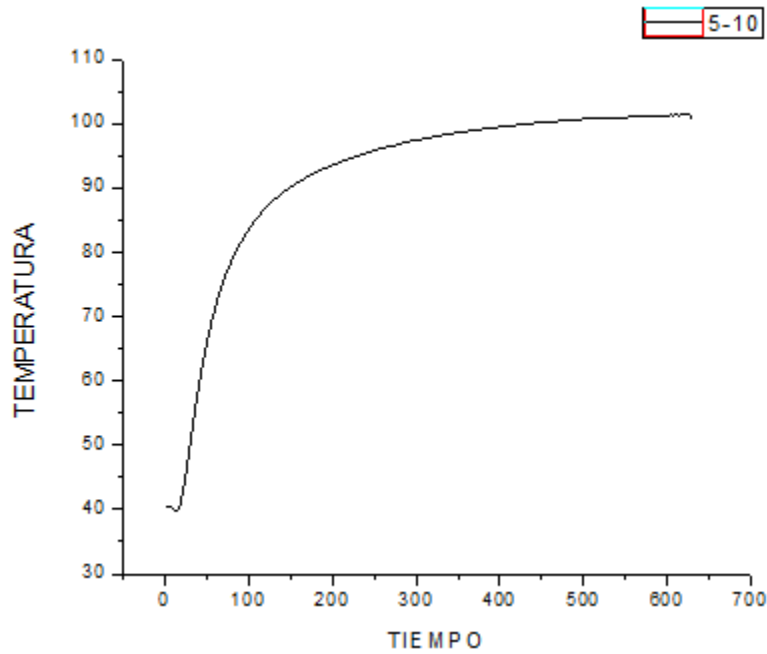


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squ	0.9796		
		Value	Standard E
TEMPERATURA	Intercept	29.66978	0.43596
TEMPERATURA	Slope	0.47741	0.01907

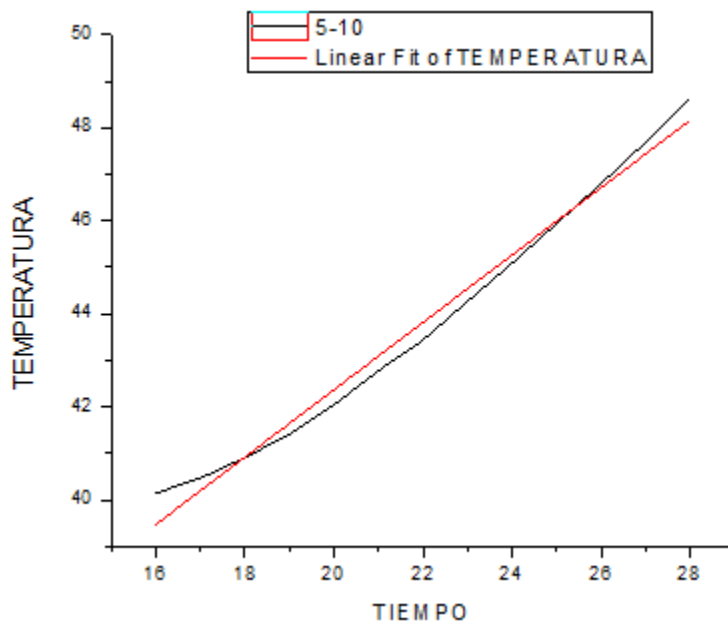
La pendiente encontrada de 5-9 A es de 0.4774. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo. Podemos verlo en la Fig.3.5.56

Fig.3.5.56 Respuesta en 1 segundo.

Grafica de (5 AMP) respuesta de 5 → 10 A



Grafica de 5 - 10 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.



Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Sq	0.984		
		Value	Standard
TEMPERATURA	Intercept	27.89582	0.57581
TEMPERATURA	Slope	0.72379	0.0258

La pendiente encontrada de 5-10 A es de 0.72379. Esta pendiente se muestra en la Fig.3.5.57 se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.57 Respuesta en 1 segundo.

6 AMPER

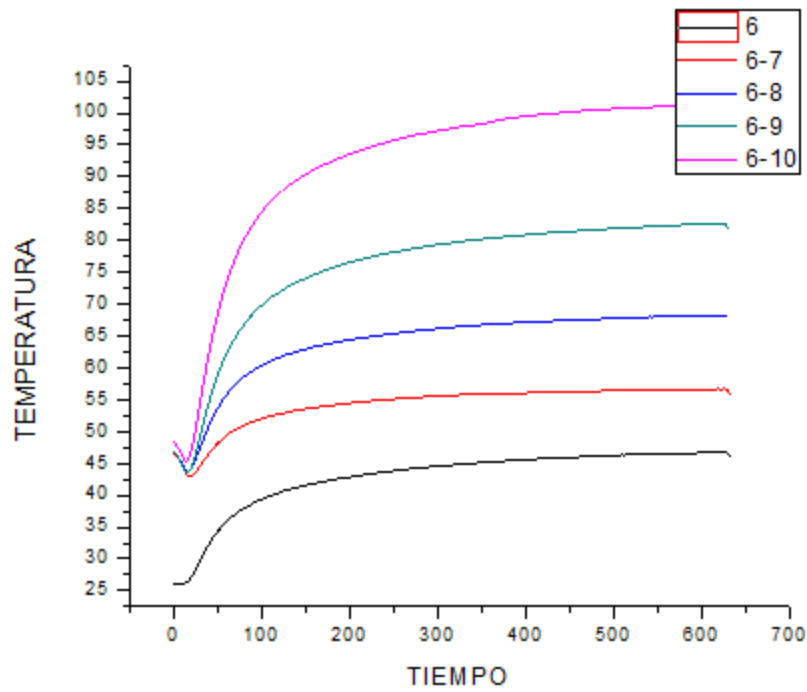
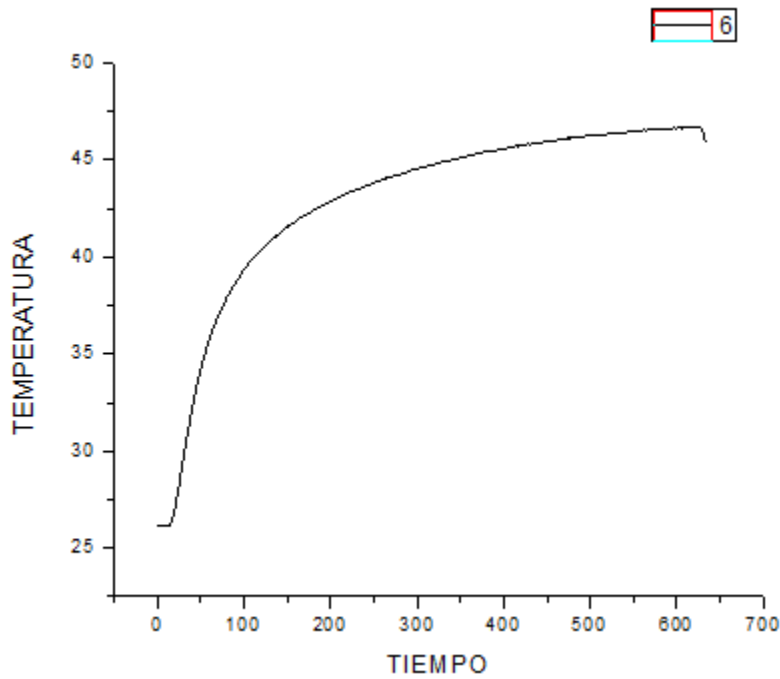


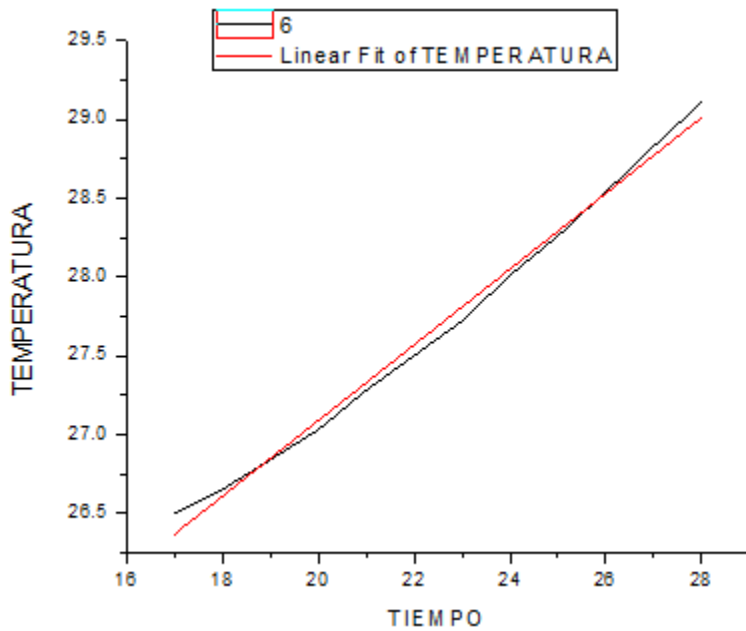
Fig.3.5.58 Caracterización de 6A

En esta parte vemos en la Fig.3.5.58 que los amperes 7, 8, 9 y 10 comienzan su comportamiento desde 45 a 46C° eso significa que comienzan de 6 amperes en adelante solamente cuando inicia la carga comienza de 24C° que es la temperatura del laboratorio donde se están realizando las pruebas.

Grafica de (6 AMP) respuesta de 6 A



Grafica de 6 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

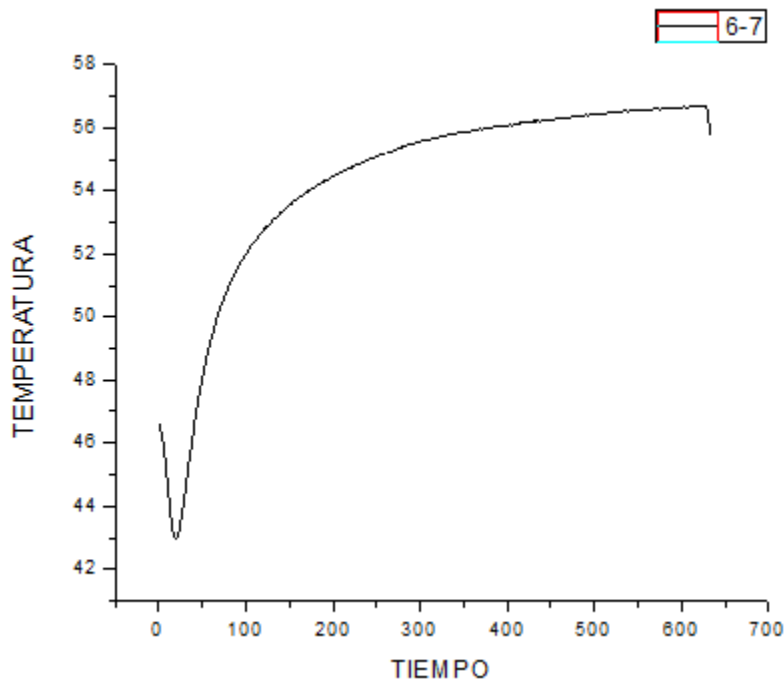


Equation	$y = a + b \cdot x$		
Adj. R-Squar	0.99289		
		Value	Standard Err
TEMPERAT URA	Intercept	22.2773 7	0.13969
TEMPERAT URA	Slope	0.24052	0.00614

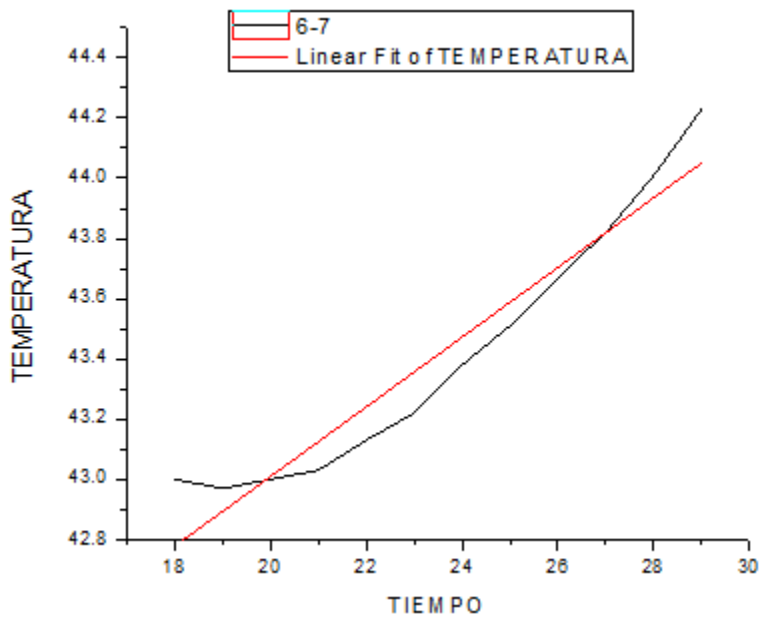
La pendiente encontrada de 6 A es de 0.24052. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.59 Respuesta en 1 segundo.

Grafica de (6 AMP) respuesta de 6 → 7 A



Grafica de 6 - 7 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

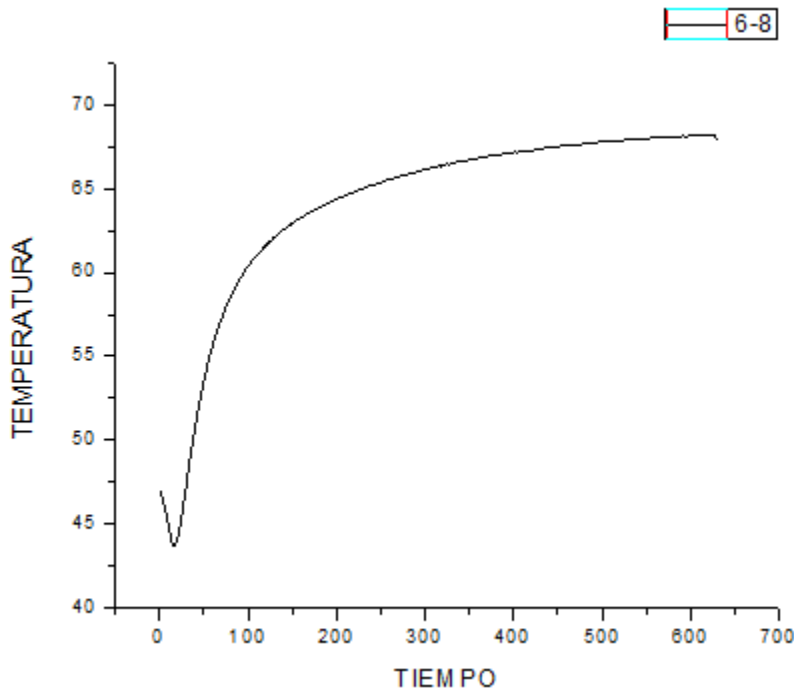


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squa	0.92093		
		Value	Standard Er
TEMPERAT URA	Intercep t	40.691 95	0.24214
TEMPERAT URA	Slope	0.1158 4	0.01019

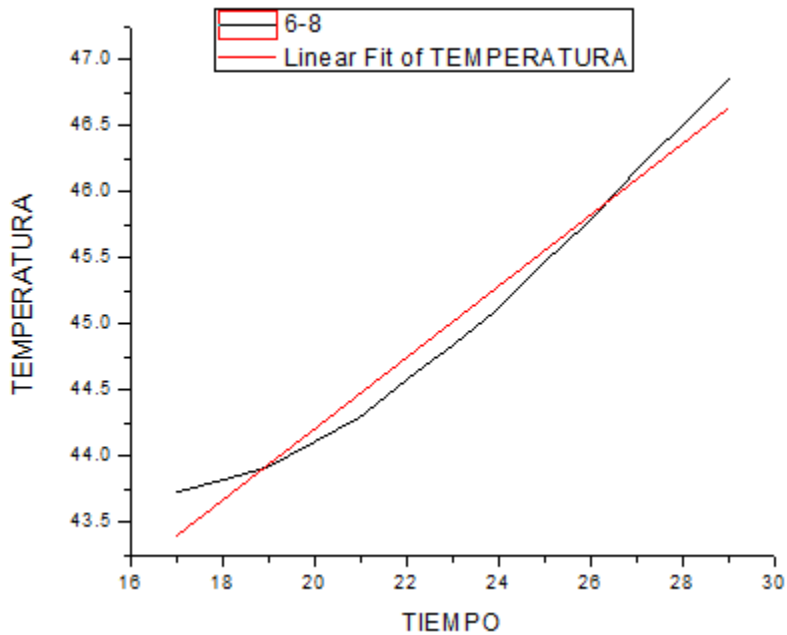
Si vemos la Fig.3.5.60 es la pendiente encontrada de 6-7 A es de 0.11584. Está pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.60 Respuesta en 1 segundo.

Grafica de (6 A) respuesta de 6 → 8 A



Grafica de 6 - 8 A, respuesta a partir de 1 segundo.

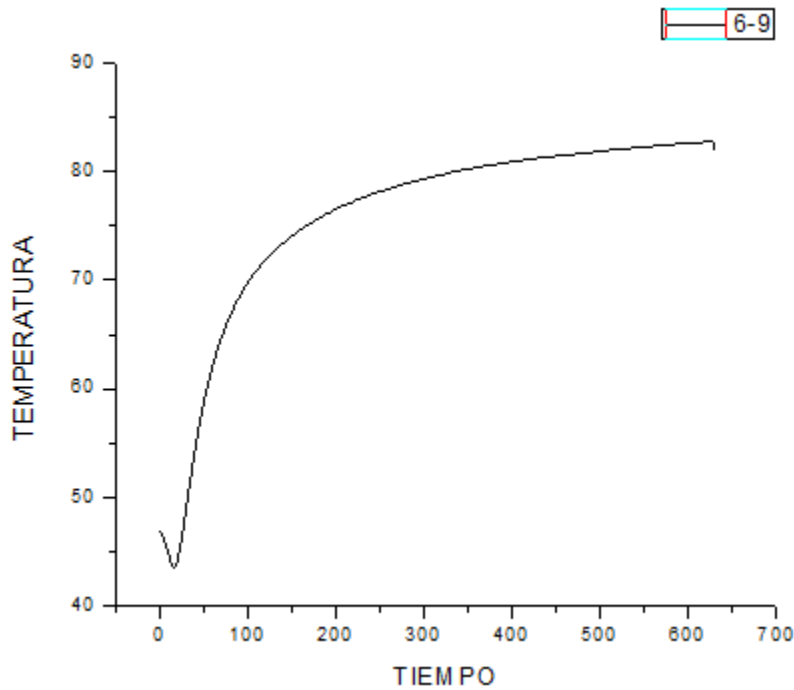


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squ	0.9722		
		Value	Standard E
TEMPERA TURA	Interce pt	38.805 66	0.30673
TEMPERA TURA	Slope	0.2700 5	0.01316

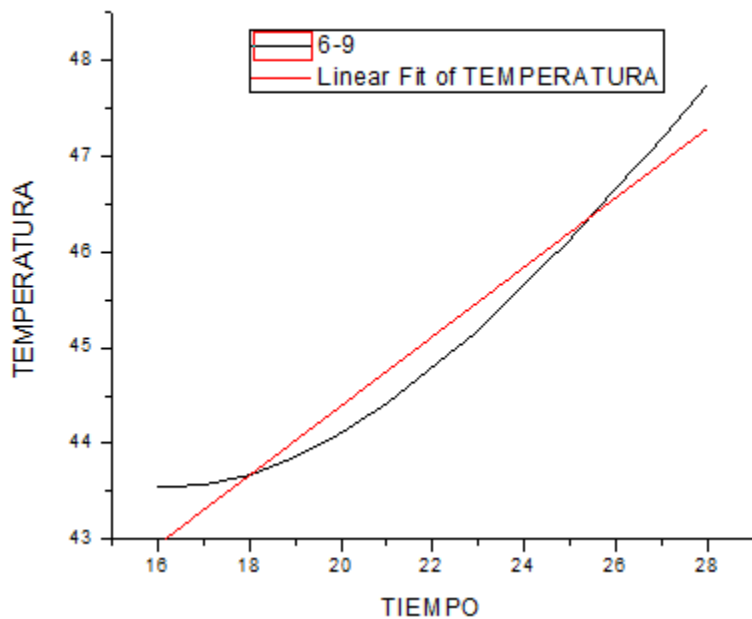
La pendiente encontrada de 6-8 A esta en la Fig.3.5.61 y es de 0.27005. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.61 Respuesta en 1 segundo.

Grafica de (6 A) respuesta de 6 → 9 A



Grafica de 6 - 9 A, respuesta a partir de 1 segundo.

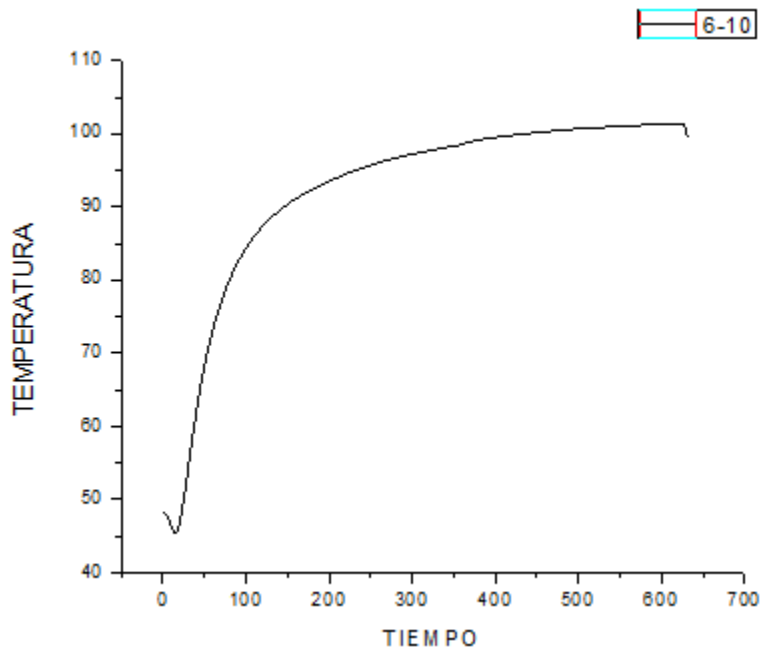


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squar	0.94953		
		Value	Standard Err
TEMPERAT URA	Intercept	37.14286	0.53722
TEMPERAT URA	Slope	0.36253	0.02407

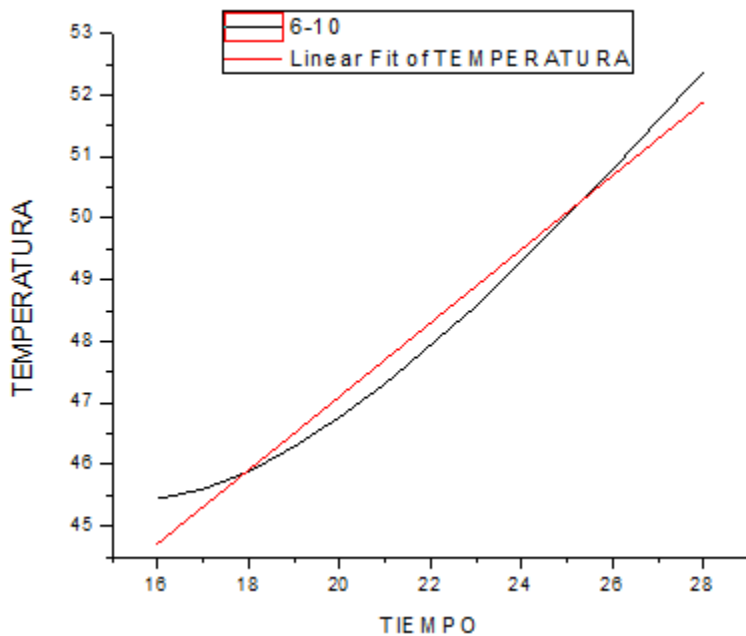
En la Fig.3.5.62 vemos que la pendiente encontrada de 6-9 A es de 0.36253. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.62 Respuesta en 1 segundo.

Grafica de (6 A) respuesta de 6 → 10 A



Grafica de 6 - 10 A, respuesta a partir de 1 segundo



Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squar	0.97462		
		Value	Standard Err
TEMPERAT URA	Intercept	35.1512 1	0.62055
TEMPERAT URA	Slope	0.59764	0.02781

La pendiente encontrada de 6-10 A es de 0.597764. Está pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo. Como se muestra en la Fig.3.5.63

Fig.3.5.63 Respuesta en 1 segundo.

7 AMPER

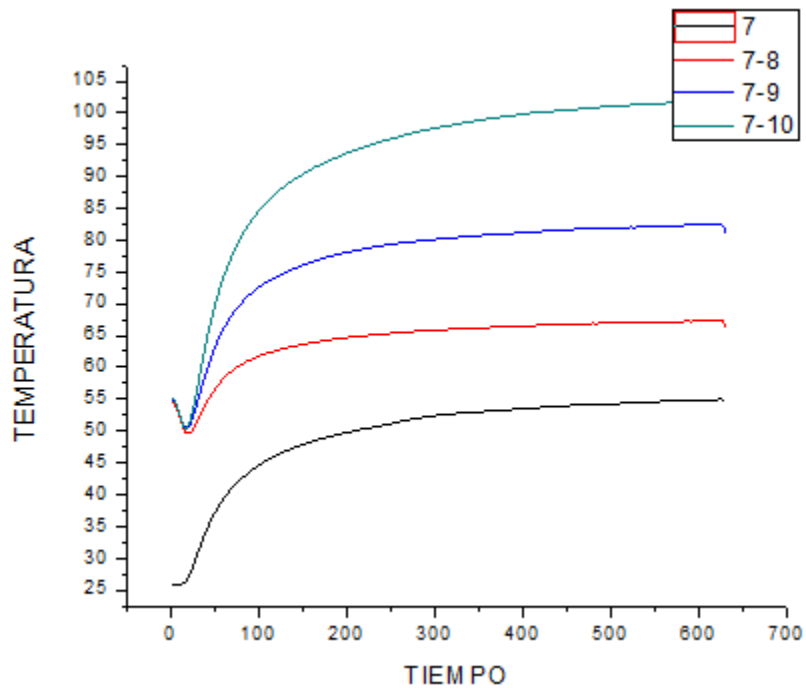
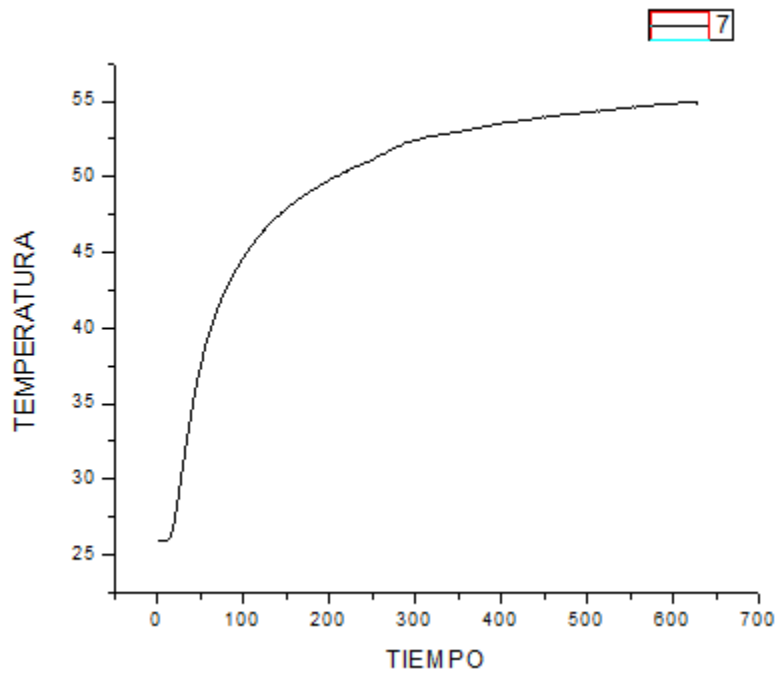
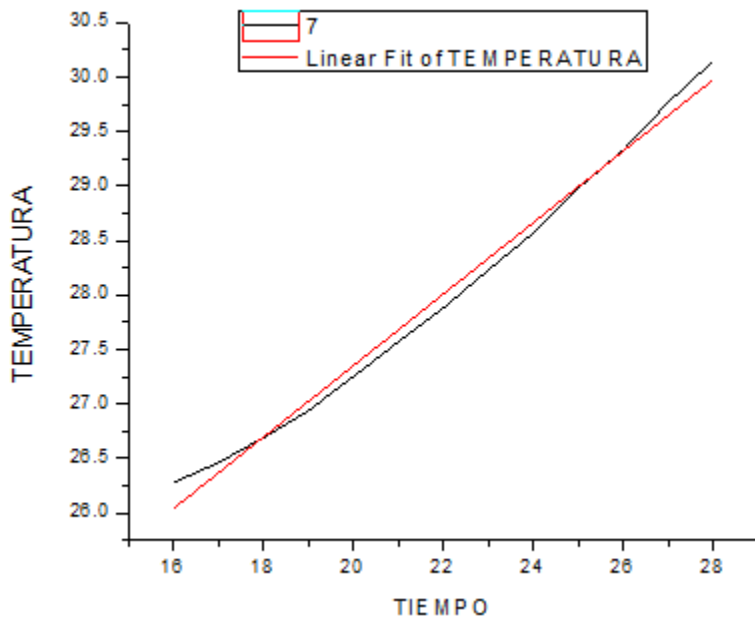


Fig.3.5.64 Grafica de respuestas de la temperatura aplicando 7A

Grafica de (7 AMP) respuesta de 7 A



Grafica de 7 AMP, respuesta a partir de 1 segundo



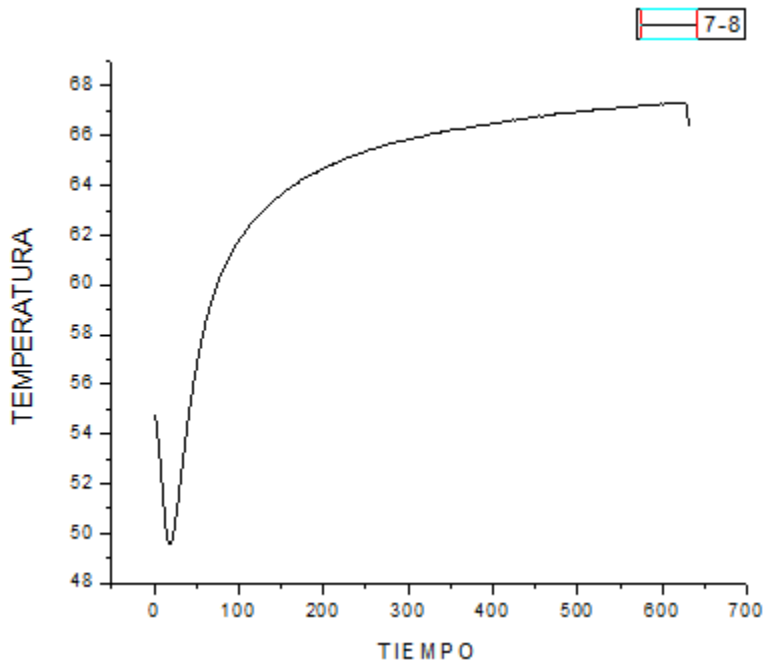
Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squar	0.99022		
		Value	Standard Err
TEMPERAT URA	Intercept	20.7851 6	0.21013
TEMPERAT URA	Slope	0.3283	0.00942

Fig.3.5.64 Respuesta en 1 segundo

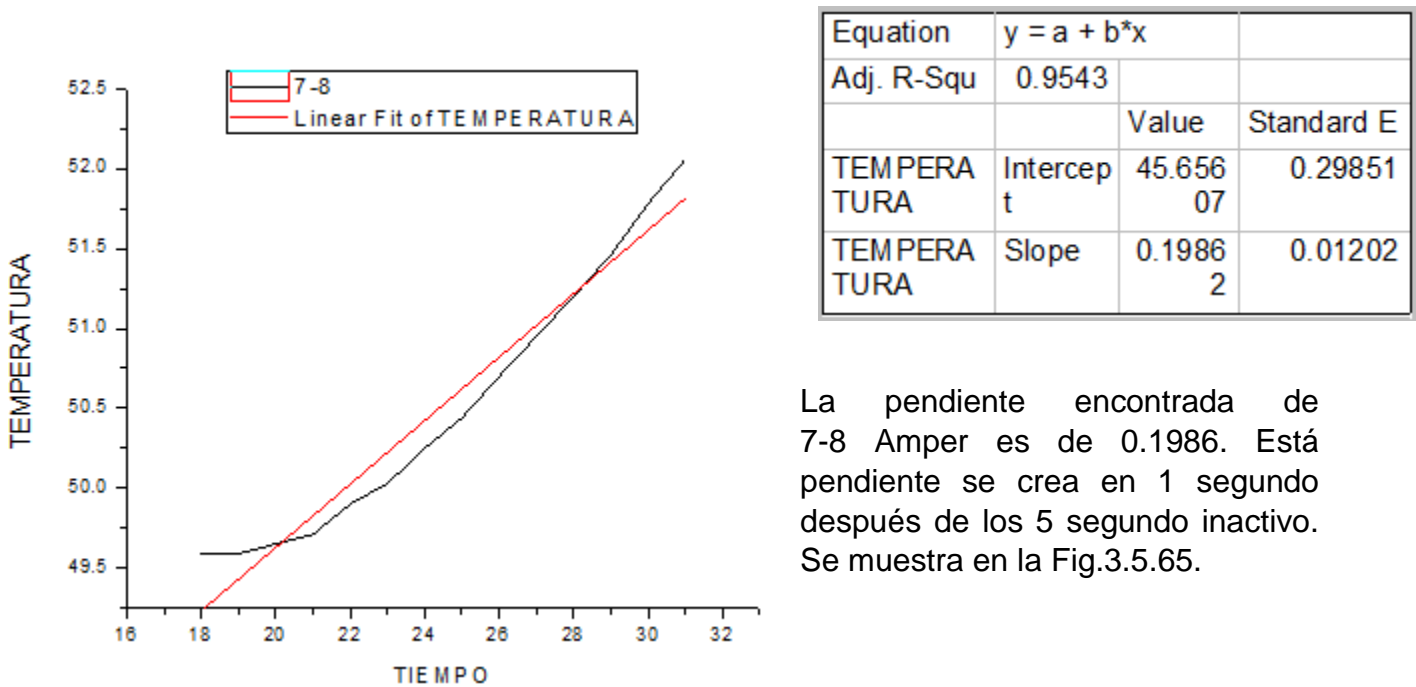
La pendiente encontrada de 7 Amper es de 0.3283. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo que la carga está inactivo.

En la pendiente que vemos en la gráfica es la de 7 amperes Fig.3.5.64 y observamos la impresionante rapidez de la pendiente en un segundo se eleva demasiado gracias a el sensor de temperatura que obtiene respuestas en milisegundos.

Grafica de (7 A) respuesta de 7 → 8 A



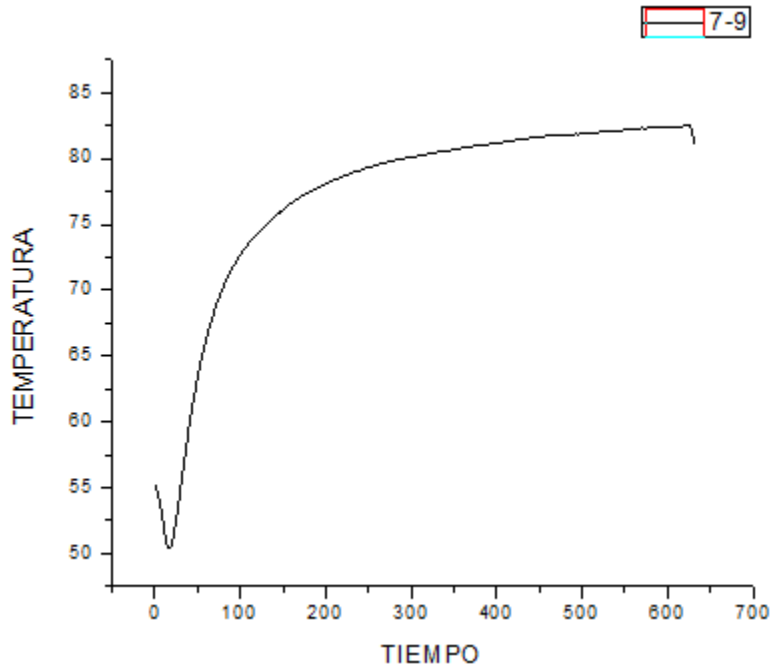
Grafica de 7- 8 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.



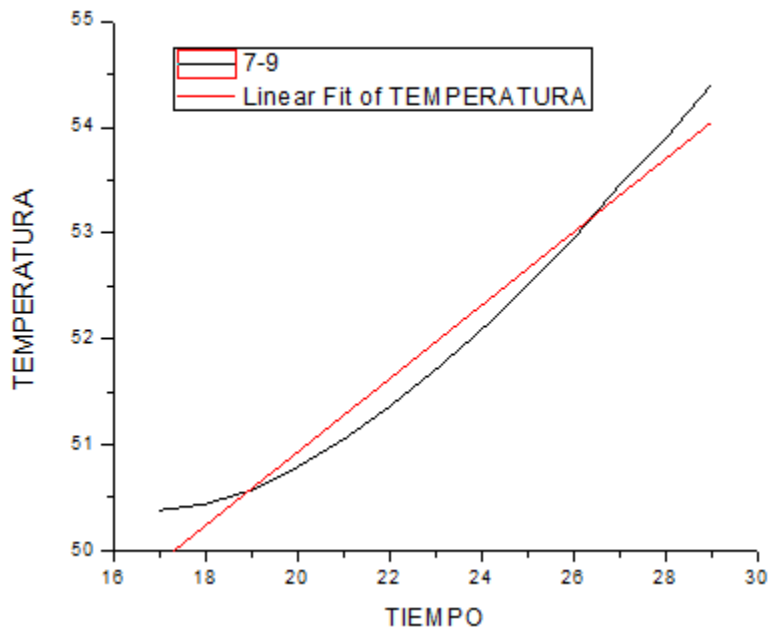
La pendiente encontrada de 7-8 Amper es de 0.1986. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo. Se muestra en la Fig.3.5.65.

Fig.3.5.65 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (7 A) respuesta de 7 → 9 A



Grafica de 7- 9 AMP, respuesta a partir de 1 segundo

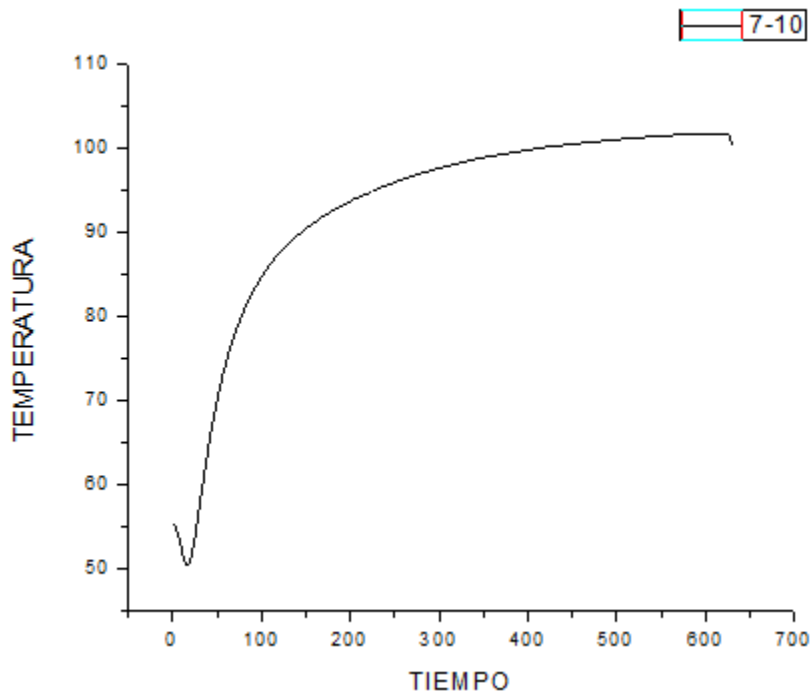


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squa	0.96406		
		Value	Standard Er
TEMPERAT URA	Intercep t	43.987 75	0.4501
TEMPERAT URA	Slope	0.3470 9	0.01932

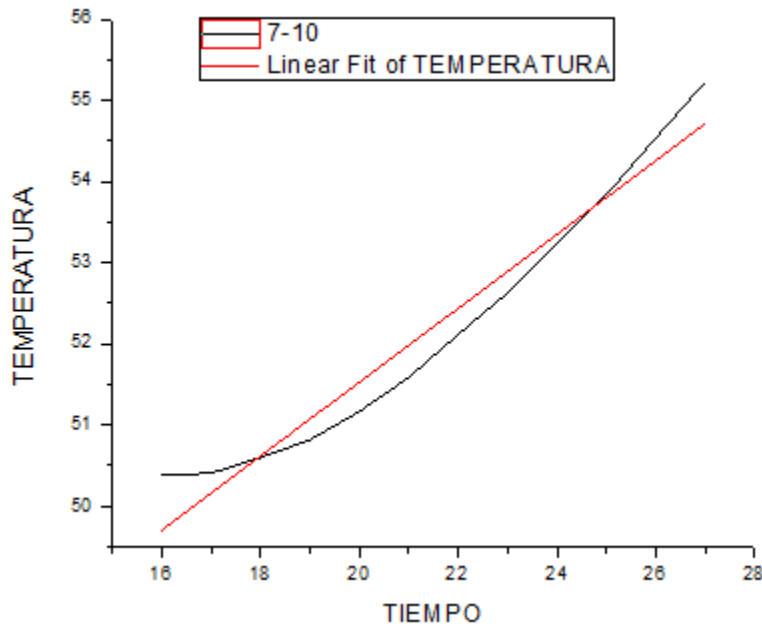
La pendiente encontrada de 7-9 Amper es de 0.34709. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.66 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (7 A) respuesta de 7 → 10 A



Grafica de 7- 10 AMP, respuesta a partir de 1 segundo



Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squar	0.95063		
		Value	Standard Err
TEMPERAT URA	Intercept	42.4285 8	0.67935
TEMPERAT URA	Slope	0.4551	0.0312

En la Fig.3.5.67 la pendiente encontrada de 7-10 Amper es de 0.4551. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

Fig.3.5.67 Respuesta en 1 segundo

8 AMPER

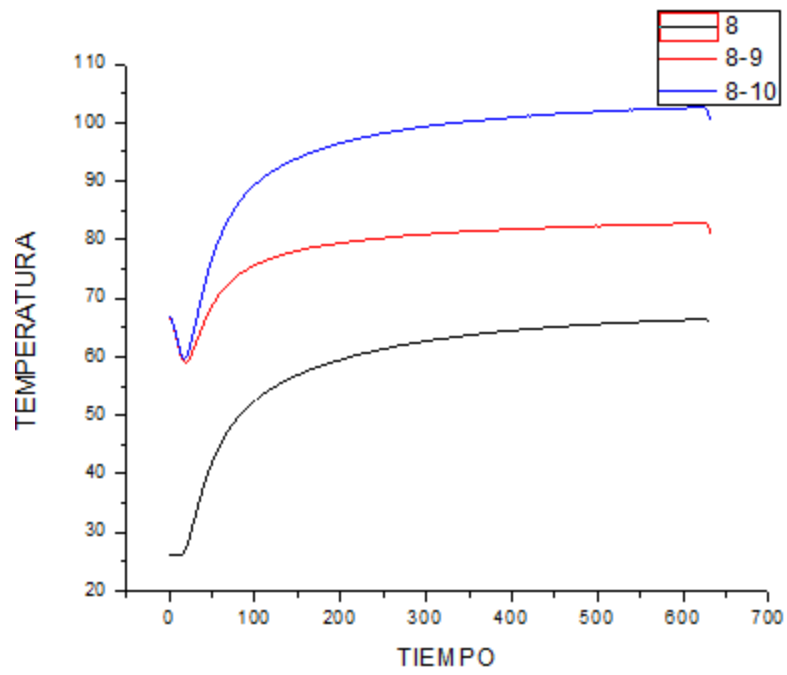
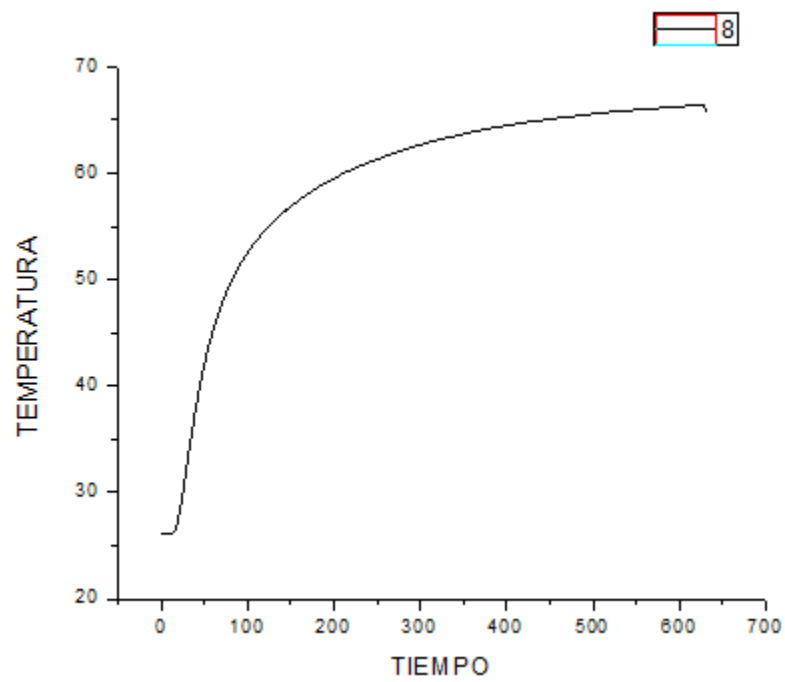
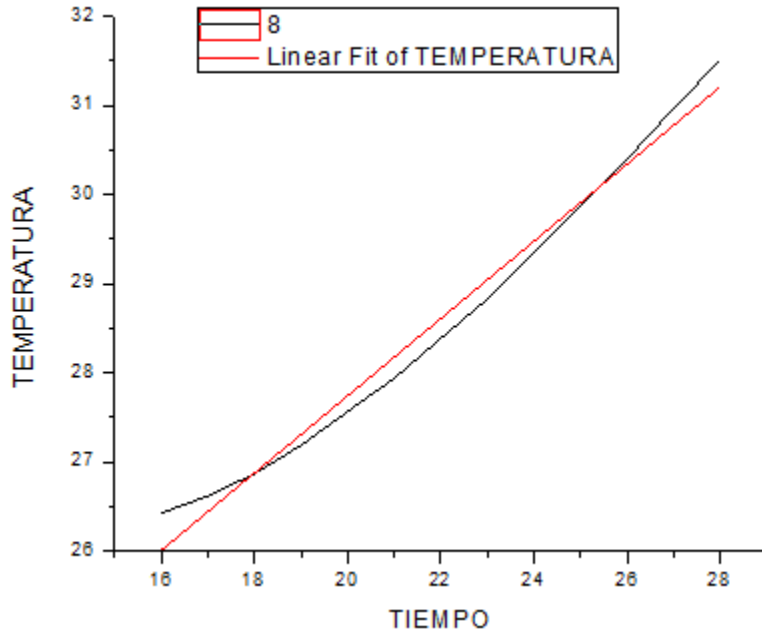


Fig.3.5.68 Caracterización de respuestas con respecto a 8A

Grafica de (8 A) respuesta de 8 A



Grafica de 8 AMP, respuesta a partir de 1 segundo



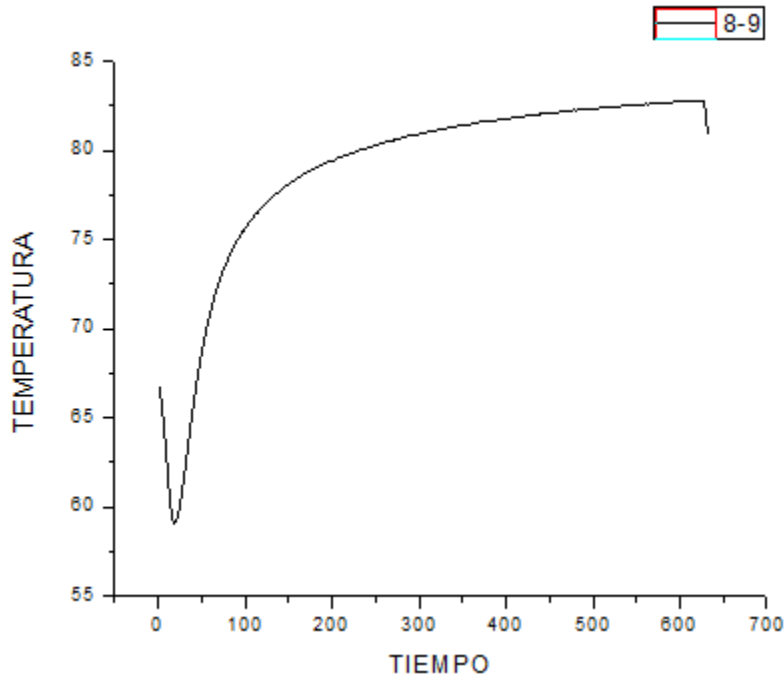
Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squar	0.98279		
		Value	Standard Err
TEMPERAT URA	Intercept	19.0790 1	0.36914
TEMPERAT URA	Slope	0.4333	0.01654

Fig.3.5.69 Respuesta en 1 segundo

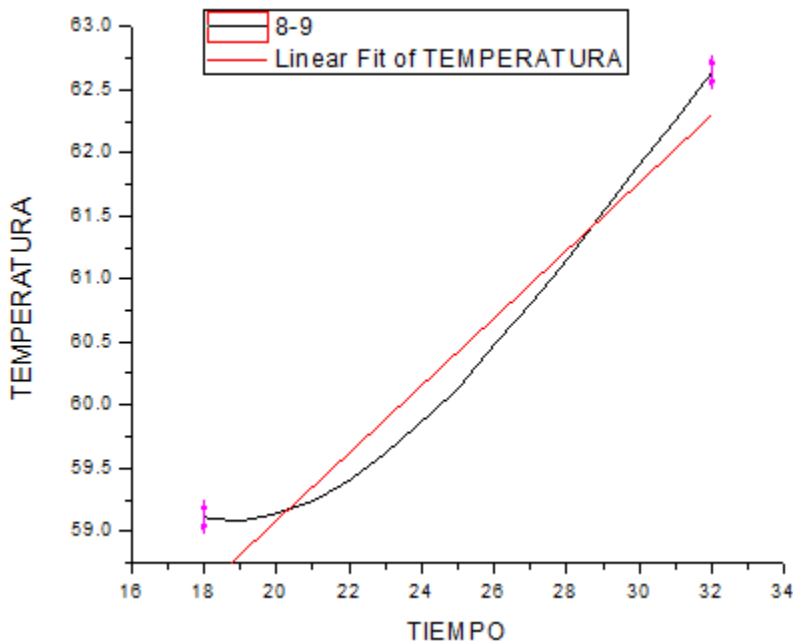
La pendiente encontrada de 8 Amper es de 0.4333. Ésta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo.

En la Fig.3.5.69 la pendiente comienza a elevarse es decir comienza a calentarse el conductor desde el tiempo 15 (5 seg) hasta el tiempo 26 entre 15 y 16 hay 10 tiempos que en si es un segundo ya que en un segundo arroja 3 valores por lo tanto la pendiente que se muestra en la imagen es la representación de un segundo.

Grafica de (8 A) respuesta de 8 → 9 A



Grafica de 8- 9 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

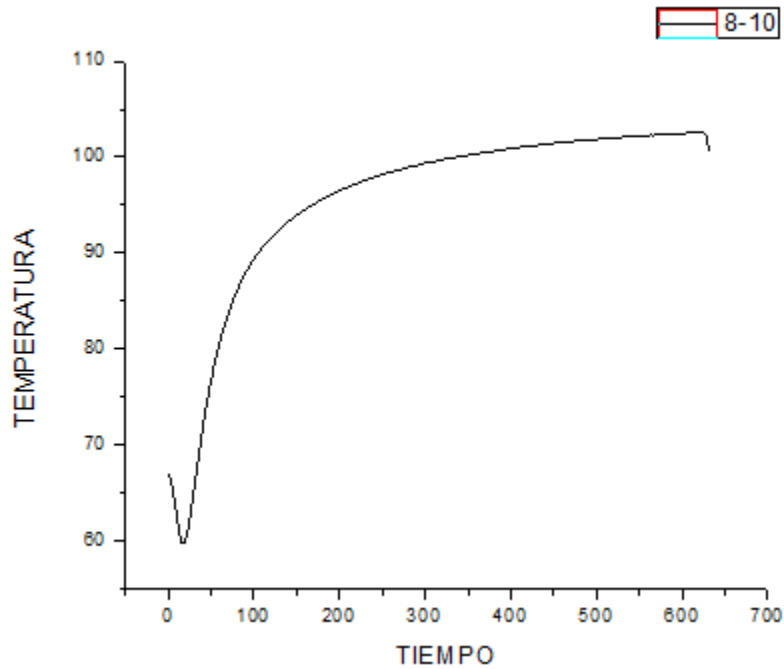


Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squa	0.95109		
		Value	Standard Er
TEMPERAT URA	Intercept	53.72579	0.41124
TEMPERAT URA	Slope	0.26793	0.01621

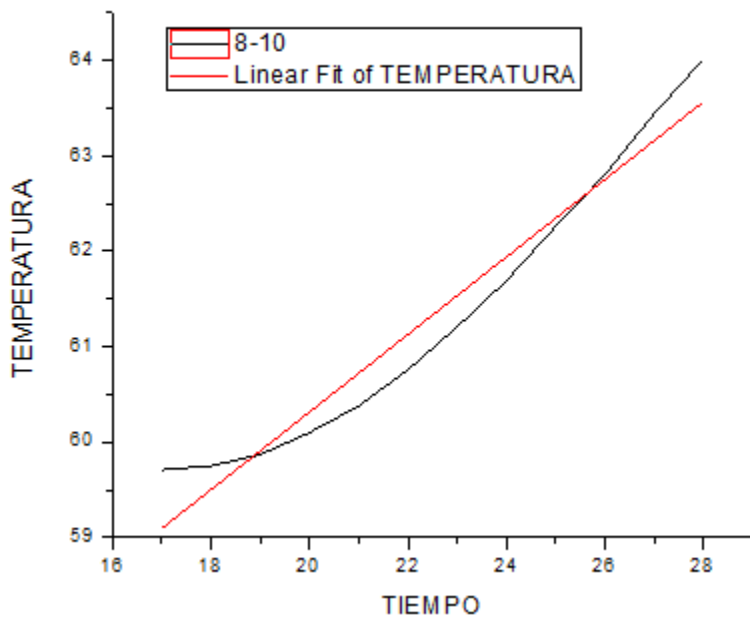
La pendiente encontrada de 8-9 Amper es de 0.26793. Está pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo. Como se representa en la Fig.3.5.70

Fig.3.5.70 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (8 A) respuesta de 8 → 10 A



Grafica de 8- 10 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.



Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squar	0.94715		
		Value	Standard Err
TEMPERAT URA	Intercept	52.1900 6	0.65702
TEMPERAT URA	Slope	0.40629	0.02886

La pendiente encontrada de 8-10 Amper es de 0.40629. Esta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo

Fig.3.5.71 Respuesta en 1 segundo

9 AMPER

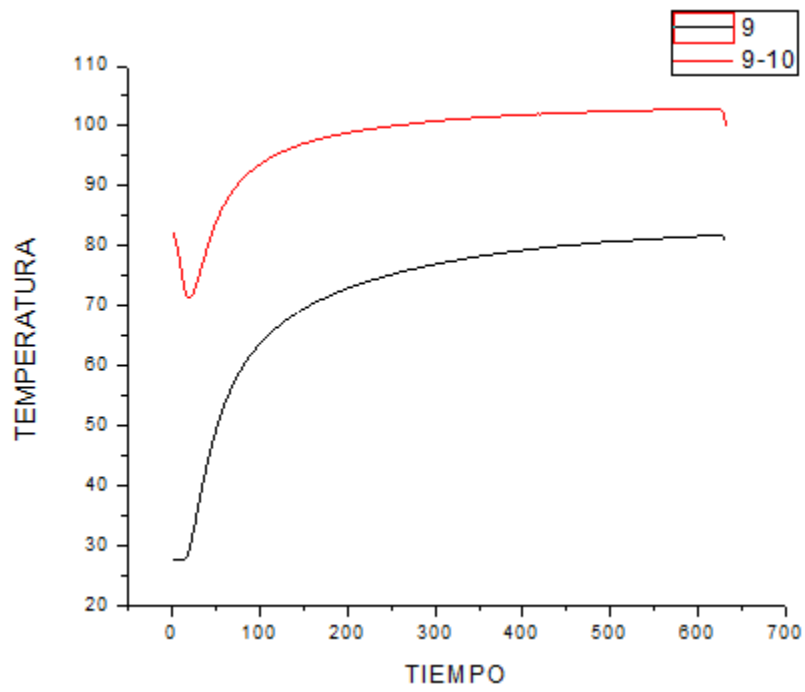
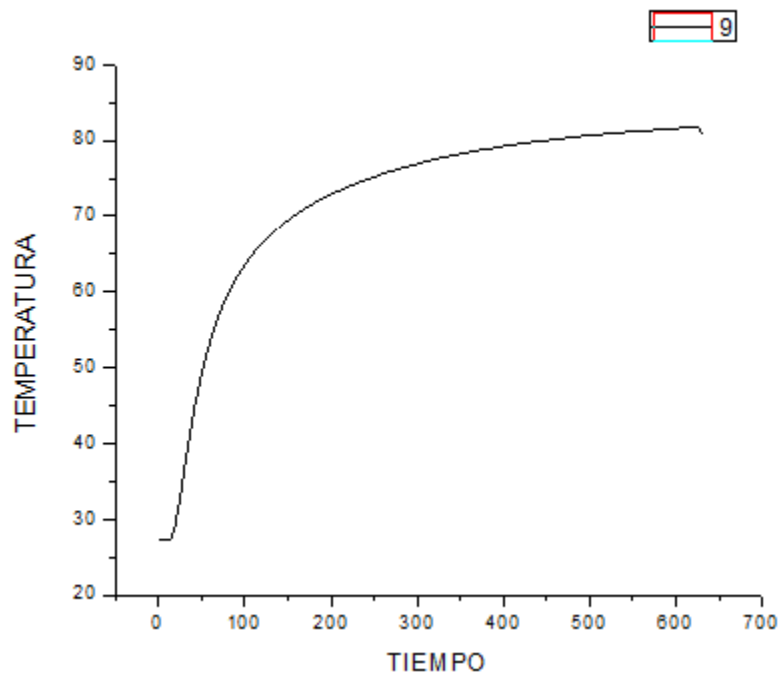


Fig.3.5.71 Caracterización de 9 a 10A

Grafica de (9 A) respuesta de 9 A



Grafica de 9 AMP, respuesta a partir de 1 segundo

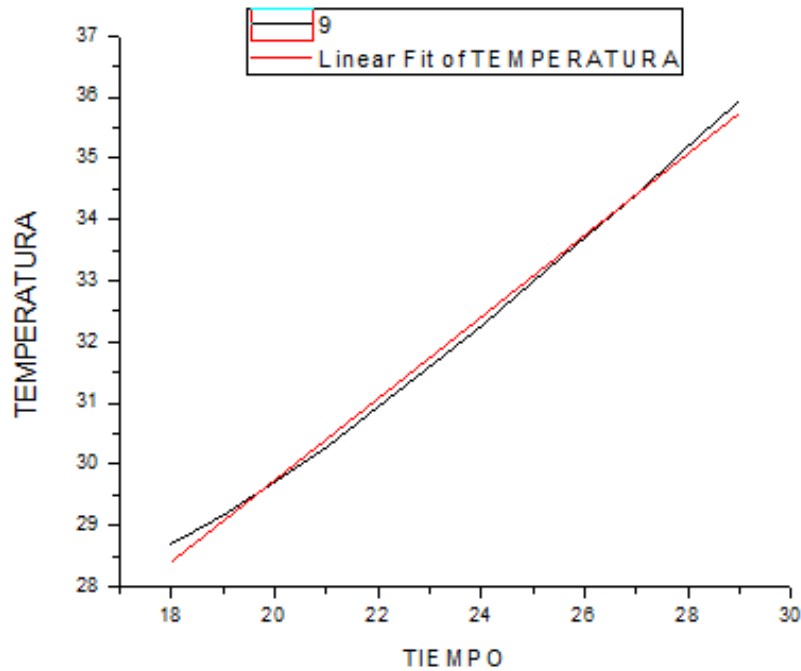
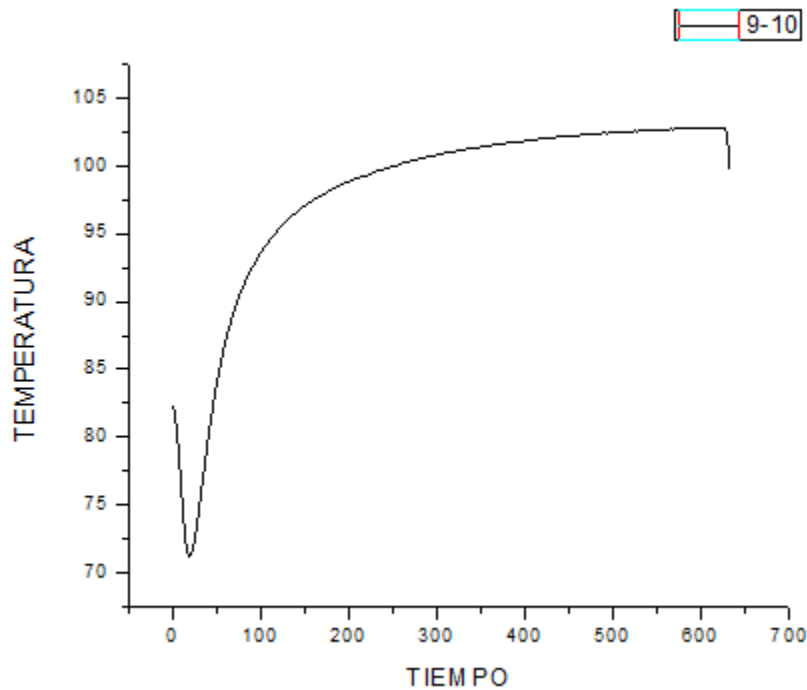


Fig.3.5.72 Respuesta en 1 segundo

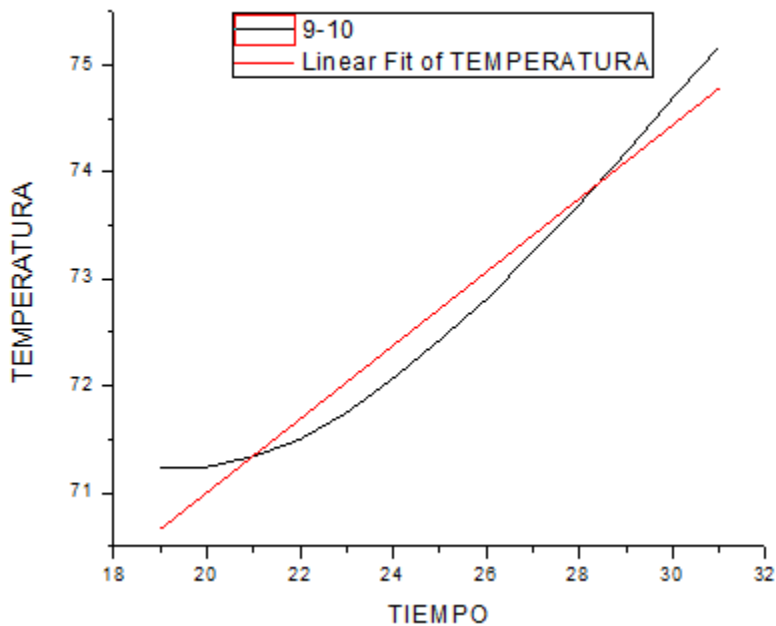
Equation	y = a + b*x		
Adj. R-Squa	0.99589		
		Value	Standard Er
TEMPERAT URA	Intercep t	16.392 47	0.30707
TEMPERAT URA	Slope	0.6674 1	0.01293

La pendiente encontrada de 9 Amper es de 0.66741. En la Fig.3.5.72 está pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo se activa la fuente y el sensor de temperatura comienza su trabajo la pendiente en este caso casi se asemeja a la línea roja donde indica que crece muy perfectamente a una rapidez increíble.

Grafica de (9 A) respuesta de 9 → 10 A



Grafica de 9- 10 AMP, respuesta a partir de 1 segundo.

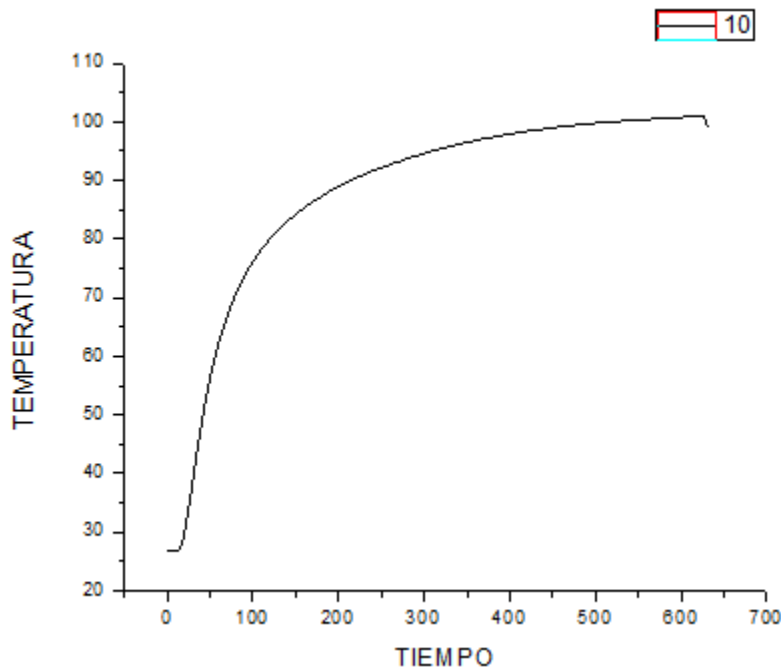


Equation	$y = a + b \cdot x$		
Adj. R-Squa	0.95139		
		Value	Standard Er
TEMPERAT URA	Intercept	64.131 48	0.56552
TEMPERAT URA	Slope	0.3435 7	0.02237

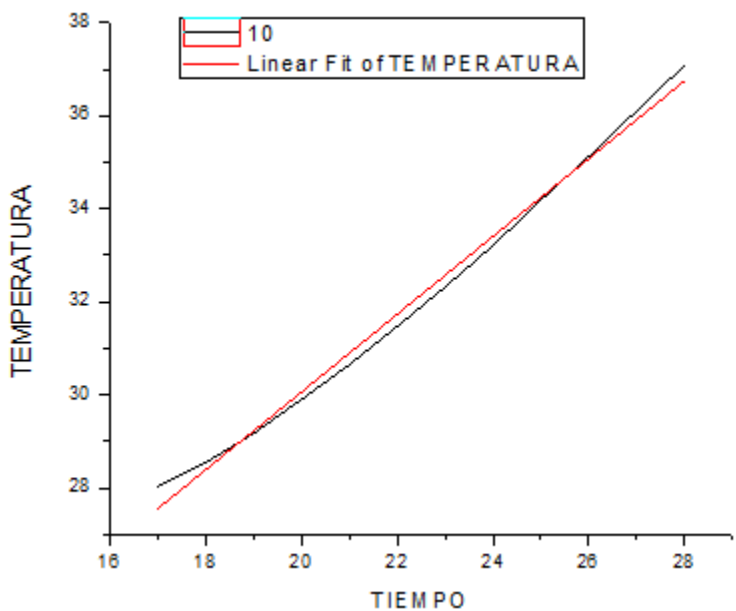
La pendiente encontrada de 9-10 Amper es de 0.34357. Ésta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo

Fig.3.5.73 Respuesta en 1 segundo

Grafica de (10 A) respuesta de 10 A



Grafica de 10 AMP, respuesta a partir de 1 segundo



Equation	$y = a + b \cdot x$		
Adj. R-Squar	0.99259		
		Value	Standard Err
TEMPERAT URA	Intercept	13.3193 2	0.4962
TEMPERAT URA	Slope	0.83699	0.0218

En la Fig.3.5.74 la pendiente encontrada de 10 Amper es de 0.83699. Ésta pendiente se crea en 1 segundo después de los 5 segundo inactivo

Fig.3.5.74 Respuesta en 1 segundo

Ref. Amper 0 (A)	pendiente	Ref. Amper 1 (A)	pendiente
1	0.0062	1	0.00787
2	0.02636	2	0.01908
3	0.05909	3	0.05077
4	0.11045	4	0.10066
5	0.14968	5	0.1642
6	0.19892	6	0.24886
7	0.28631	7	0.36852
8	0.43904	8	0.47192
9	0.5658	9	0.60308
10	0.79409	10	0.78863
Ref. Amper 2 (A)	pendiente	Ref. Amper 3 (A)	pendiente
2	0.022		
3	0.03462	3	0.05269
4	0.07104	4	0.04962
5	0.13681	5	0.09275
6	0.21231	6	0.18242
7	0.32104	7	0.27775
8	0.46165	8	0.4252
9	0.60049	9	0.59923
10	0.80797	10	0.78599

Ref. Amper 4 (A)	pendiente	Ref. Amper 5 (A)	pendiente
4	0.09725		
5	0.08055	5	0.15108
6	0.16229	6	0.08867
7	0.25967	7	0.1992
8	0.39896	8	0.30984
9	0.5566	9	0.4774
10	0.76423	10	0.72379
Ref. Amper 6 (A)	pendiente	Ref. Amper 7 (A)	pendiente
6	0.24052		
7	0.11584	7	0.3283
8	0.27005	8	0.1986
9	0.36253	9	0.34709
10	0.597764	10	0.4551
Ref. Amper 8 (A)	pendiente	Ref. Amper 9 (A)	pendiente
8	0.4333		
9	0.26793	9	0.66741
10	0.40629	10	0.34357

Ref. Amper 10 (A)	Pendiente
10	0.83699

Conclusiones:

Generalmente Comprendimos con el proyecto realizado la Identificación de las pendientes resultantes de cada una de las corrientes; determinamos específicamente cada una de las corrientes desde 0A hasta 10A.

Ya tenemos la información necesaria para posteriormente crear un dispositivo que detecte la corriente y el voltaje de un conductor en muy poco tiempo es decir en menos de 1 segundo, como ya vimos en las gráficas anteriores las pendientes que son todas completamente diferentes a los demás.

Tenemos que recalcar la tremenda rapidez del sensor TH100PT sin duda alguno es una de las herramientas más importantes en este proyecto otras de las ventajas es el tamaño físico para poder acceder en cualquier espacio dificultoso. Mencionaremos también que este proyecto ha sido exitoso ya que los materiales no son económicamente elevados.

Referencias

[1] Informe de Rendición de cuentas 2016 (ITTG.)

[2] www.keysight.com

[3] P. M. Cavaleiro Metal-coated fibre Bragg grating sensor for electric current sensing, (2000) IEE.

[4] José Bruno Roblero Galdámez (Octubre de 2011) Sensor de fibra óptica para la cuantificación de corriente eléctrica alterna monofásica. (Tesis inmediata de maestría) Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

[5] Pérez Cruz, Justo R. (2005). La Termodinámica de Galileo a Gibbs. Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia.

[6] Incropera, Frank P. (1999). Fundamentos de transferencia de calor. (4a. ed. edición). México: Prentice Hall. p. 912.

- [7] Frank Kreith & Mark S. Bohn. Principios de Transferencia de calor. página 2
- [8] Resnik Halliday Krane (2002). Física Volumen 1.
- [9] Santamaría, Germán (2009). «1». Electrotecnia. EDITEX, S.A. p. 31.
- [10] Fouille, André (1979). «8». Compendio de Electrotécnia. MARCOMBO, S.A. p. 80.
- [11] www.arduino.cc
- [12] www.thorlabs.com
- [13] www.alldatasheet.com