

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



“AUTOMATIZACIÓN DE LA TINA DE INCUBACIÓN DE LARVAS DE MOSCAS, PARA EL ÓPTIMO CONTROL DE LAS CONDICIONES DE PRODUCCIÓN, EN LA EMPRESA ASEMCA S.A - 2019”

TESIS

Para optar el Título Profesional de
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

VILLEGAS CRISANTO, ANTHONY ALBERTO

ASESOR

CHAMORRO ATALAYA OMAR FREDDY

**Villa El Salvador
2019**

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles, que me ha enseñado a valorarlo cada día más. A mis padres, que día a día me alentaron y apoyaron en cada etapa de mi formación universitaria.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por darme todo el apoyo necesario para realizar mis estudios y siempre hacerme notar la importancia que tiene la educación para el desarrollo individual y profesional. Gracias por todo, los quiero mucho.

INDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I : PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Descripción de la Realidad Problemática	3
1.2. Justificación del Problema	4
1.2.1. Teórica.....	4
1.2.2. Legal.....	5
1.2.3. Económica	5
1.2.4. Social.....	5
1.3. Delimitación de la Investigación.....	5
1.3.1. Espacial	5
1.3.2. Temporal.....	5
1.4. Formulación del Problema.....	6
1.4.1. Problema General	6
1.4.2. Problemas Específicos.....	6
1.5. Objetivos	6
1.5.1. Objetivo General	6
1.5.2. Objetivos Específicos.....	6
1.6. Hipótesis	7
1.6.1. Hipótesis General	7
1.6.2. Hipótesis Específicas	7
1.7. Variables	7
1.7.1. Independiente	7
1.7.2. Dependiente	7
CAPÍTULO II: MARCO TEORICO	9
2.1. Antecedentes	9
2.2. Bases Teóricas.....	12
2.2.1. Automatización	12
2.2.1.1. Nivel de campo.....	14
2.2.1.2. Nivel de control.....	15
2.2.1.3. Nivel de supervisión	15
2.2.1.4. Nivel de gestión	16

2.2.2.	Condiciones de Producción.....	18
2.2.2.1.	Presión.....	18
2.2.2.1.1.	Presión Hidrostática.....	19
2.2.2.1.2.	Presión Atmosférica.....	19
2.2.2.1.3.	Medida de la presión.....	20
2.2.2.2.	Temperatura.....	21
2.3	Definición de términos básicos	21
CAPÍTULO III: DESARROLLO DE LA METODOLOGIA		23
3.1	Descripción del Proyecto.....	23
3.2	Desarrollo del Proyecto	26
3.3	Revisión y consolidación de resultados	44
CONCLUSIONES		60
RECOMENDACIONES		61
BIBLIOGRAFÍA		62
ANEXOS.....		64
	Anexo 01 – Instrumento de Medición	65
	Anexo 02 – Instrumento de Medición – Modo de operación manual.....	66
	Anexo 03 – Instrumento de Medición – Modo de operación automático.....	70
	Anexo 04 – Fotos de la implementación del sistema automático.....	74
	Anexo 05 – Matriz de consistencia	79

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de Control del Proceso Manual de la presión	26
Figura 2: Diagrama de Control del Proceso Automático de la presión	27
Figura 3: Diagrama de Control del Proceso Manual de la temperatura interna.....	27
Figura 4: Diagrama de Control del Proceso Automático de la temperatura interna ...	27
Figura 5: Representación de la respuesta de la variable presión controlada en el sistema manual.....	30
Figura 6: Parámetros de la variable presión controlada en el sistema manual	30
Figura 7: Parámetros de la variable presión controlada por el controlador PID en el sistema automático.....	31
Figura 8: Representación de la respuesta de la variable temperatura interna controlada en el sistema.....	34
Figura 9: Parámetros de la variable temperatura interna controlada en el sistema manual.....	34
Figura 10: Parámetros de la variable temperatura interna controlada por el controlador PID en el sistema automático.....	35
Figura 11: Programación 1 del controlador BTC - 9100	36
Figura 12: Programación 2 del controlador BTC - 9100	36
Figura 13: Configuración 1 del controlador BTC - 9100	37

Figura 14: Configuración 2 del controlador BTC - 9100	37
Figura 15: Diagrama de conexión del sistema	38
Figura 16: Diagrama de conexión del control de presión	39
Figura 17: Limpieza general a los tableros de control de la tina de incubación	40
Figura 18: Cambio del regulador de presión	40
Figura 19: Reemplazo del switch D-link por un Tp-link	41
Figura 20: Cambio de tuberías	42
Figura 21: Regulación de presión de las botellas	42
Figura 22: Cambio de canaletas	43
Figura 23: Proceso de calibración de los sensores térmicos PT 100	43
Figura 24: Datos del peso de producción de pupas del modo de operación manual y automático	44
Figura 25: Datos de la temperatura interna de las botellas °C	46
Figura 26: Datos de la presión del fluido de las botellas (PSI)	48

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de las variables	8
Tabla 2: Resumen de procesamiento de casos - Pesos de producción de pupas	45
Tabla 3: Resumen de procesamiento de casos – Error absoluto de la Precisión de la Temperatura interna	47
Tabla 4: Media – Precisión de la temperatura interna	47
Tabla 5: Resumen de procesamiento de casos – Error absoluto de la Precisión de la presión del fluido	48
Tabla 6: Media – Precisión de la presión del fluido	49
Tabla 7: Correlación de Speraman	53
Tabla 8: Correlación de Spearman – Hipótesis específica	57

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo determinar de qué manera el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, permitirá el control óptimo de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. Para ello inicialmente se desarrolló el automatismo, comenzando con la determinación de los sensores y actuadores a utilizar, teniendo entre ellos los siguientes: bomba de agua, sensor de temperatura pt100, válvula reguladora de presión AIR COMP, conversor de corriente PC13, transmisor de presión MBS 3000. Una vez identificado los sensores y actuadores se desarrolló la programación del automatismo, a través del controlador BTC - 9100, el cual se conecta en sus entradas 7 y 8 a una fuente de alimentación de 220V; el controlador está conectado a los sensores de temperatura pt100, mediante el protocolo RS485; asimismo por medio del medio del automatismo el error de la presión deseada ha disminuido en un 99.94%, y el error de la temperatura deseada ha disminuido en un 98.02%. Desarrollados los objetivos específicos se logró determinar que el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, permite el control óptimo de las condiciones de producción, ya que por medio del control automático se obtuvo un impacto positivo en la producción de un 192.30%, es decir que la producción de larvas de moscas aumento en un promedio de 595.2381gr., en la empresa ASEMCA S.A.

Palabras Claves: Automatización; Control; Condiciones de Producción; Sensores; Actuadores; Tina de Incubación de larvas.

ABSTRACT

The objective of this thesis is to determine how the automatism of the incubation tub of fly larvae, control the optimal control of the production conditions, in the company ASEMCA SA to determine the problem of automatism, starting with the determination of the sensors and actuators to be used, including the following: water pump, pt100 temperature sensor, AIR COMP pressure regulating valve, PC13 current converter, MBS 3000 pressure transmitter. Once the sensors and actuators have been identified, the programming of the automatism, through the BTC - 9100 controller, which is connected at its inputs 7 and 8 to a 220V power supply; the controller is connected to the pt100 temperature sensors, using the RS485 protocol; necessarily the middle of the automation means the desired pressure error has decreased by 99.94%, and the desired temperature error has decreased by 98.02%. Developed the specific objectives will determine the automatism of the incubation tub of fly larvae, allows optimal control of production conditions, since through automatic control a positive impact on the production of 192.30% is obtained, that is that the production of fly larvae increased by an average of 595.2381gr., in the company ASEMCA SA.

Keywords: Automation; Control; Production conditions; Sensors; Actuators; Larvae incubation tub.

INTRODUCCIÓN

Ya hace más de 7 años, en el Perú se vienen realizando estudios en relación a como contrarrestar la plaga de moscas que afectan la producción de empresas dedicadas al sembrío y cosecha de frutas; Las moscas de la fruta son insectos que consideradas plagas de la fruticultura a nivel mundial. Como consecuencias del ataque y presencia de moscas de la fruta en los cultivos se encuentran, la disminución de la producción de frutas, aumento de los costos de producción, disminución del valor comercial de frutas y restricciones en el acceso a los mercados especializados.¹

El manejo de estas plagas se viene realizando a través de diferentes medidas como son: el control físico, control cultural, control legal, control químico, control biológico y el control autocida mediante la técnica del insecto estéril. Esta última medida de control es la medioambientalmente más amigable y que ha tenido un mejor éxito de control, al ser más específico hacia el organismo plaga, sin embargo, para su aplicación es necesario la producción del organismo plaga en grandes cantidades y de buena calidad.²

Es así como la Empresa ASEMCA S.A, productora de frutas, hace uso de una tina de incubación de larvas de moscas; en cuyo proceso se evidencia la carencia de tecnologías asociadas a mejorar la producción y la calidad de las larvas de moscas; y es que si el proceso esta implementado bajo un enfoque operación de modo manual, estará presente el error involuntario de los operarios, al considerar valores de presión y temperatura fuera de los rangos pre establecidos para una producción de calidad;

ya que estos parámetros no están siendo monitoreados por instrumentación electrónica sino que simplemente se hace uso de una inspección de tipo visual.

Tal como se señala el problema de la investigación recae en el deficiente control de la presión del fluido de las botellas que contienen las larvas, ya que se mide y regula de manera visual y manual, y en reiteradas ocasiones no se llega a establecer valores exactos; El mismo problema sucede con la temperatura de las botellas, la operación manual conlleva a que no se controle óptimamente sus variables, por lo tanto, al no cumplir con los parámetros establecidos, el proceso no puede llevarse a cabo; generando retrasos en la producción y pérdida de materia prima.³

Asimismo, la presente investigación se respalda por la de Toapaxi, H. (2015). En su tesis titulada *Implementación del sistema de control de temperatura, humedad y presión para semillas germinadas de palma africana*; donde determina que: La automatización asegura el correcto y adecuado funcionamiento de todo el proceso en el área de almacenamiento de semillas secas, como lo demuestran las pruebas realizadas, la temperatura se mantiene estable de 21°C a 1° C, de igual manera el control de la humedad permanece entre 63% a 67%, lo que implica que la automatización genera gran confianza en el control del proceso.

En ese sentido el objetivo de la investigación es determinar de qué manera el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, permitirá el control óptimo de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A – 2019.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la Realidad Problemática

Hoy en día el accionamiento manual de los procesos productivos genera una falta de control en magnitudes, tales como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, el pH, la conductividad, la velocidad, la humedad, el punto de rocío, etcétera; lo que genera una baja producción, y por ende un bajo nivel de ingreso económico.

La empresa ASEMCA S.A, presentaba problemas relacionados a las condiciones de producción de larvas de moscas; específicamente los valores de presión de aire, el cual se inyecta en el agua, así como el de temperatura, de las 21 botellas que componen la tina de incubación, ya que los valores establecidos para estos parámetros no eran los adecuados para conseguir que dichas larvas se conviertan en moscas estériles, y puedan erradicar las plagas de moscas en los sembríos de frutas de la Empresa; ya que siendo concreto y preciso en la

problemática, la temperatura externa e interna de la botella donde se incuban las moscas debe ser de 35°C y 34.1°C respectivamente, sin embargo bajo el modo de operación sobre la cual se diseñó la tina de incubación, evidencia falta de precisión en los parámetros mencionados; con errores de hasta 4°C por debajo y por encima del valor de consigna. ³

El problema entonces es consecuencia de un deficiente control de la presión del fluido de las botellas que contienen los huevos de las moscas, ya que se mide y regula con un flujómetro de manera visual y manual respectivamente, y en reiteradas ocasiones no se llega a establecer valores exactos; lo que causa que la producción no se realice de forma correcta. ³

El mismo problema sucedía con las temperaturas de las botellas, ya que son medidas con un termómetro a cada hora por un personal; esto conlleva a que no se llegue a un control exacto de sus variables, por lo tanto, al no cumplir con los parámetros establecidos, el proceso no puede llevarse a cabo y al no generarse una producción continua trae consigo alta pérdida económica para la empresa, ya que se genera retrasos en la producción y se pierda materia prima. ³

1.2. Justificación del Problema

1.2.1. Teórica

El desarrollo de este proyecto brindará un aporte importante para la empresa ASEMCA S.A, porque representa un avance en el aspecto tecnológico, que podrá sistematizarse en una propuesta de mejora en la producción; además se generará un antecedente acerca del control de

operación y condiciones de producción de la tina de incubación de larvas de moscas, para que pueda ser replicado en otras empresas.

1.2.2. Legal

Se justifica a partir del cumplimiento de la Norma de Control y erradicación de las moscas de la fruta D.S. No. 009-2000-AG.

1.2.3. Económica

La principal razón de automatizar es el incremento de la productividad; por medio de la automatización se logra reducir el costo extra por materia prima e insumos, así también los costos operativos y el consumo energético; razón por la cual se incrementa la seguridad del proceso, optimizando el recurso humano de la Empresa AMSECA S.A, mejorando la supervisión y control de calidad de la producción.

1.2.4. Social

Desde el punto de vista social se justifica ya que el proyecto no contamina el medio ambiente, no afecta la entomofauna benéfica y no repercute de manera negativa en la salud humana.

1.3. Delimitación de la Investigación

1.3.1. Espacial

La presente Tesis desde el punto de vista espacial está ubicada en Avenida Camino Real N° 1801, interior B21, Urbanización Parque Industrial San Pedro.

1.3.2. Temporal

La presente Tesis desde el punto de vista temporal se desarrolló del mes de junio a agosto de 2019.

1.4. Formulación del Problema

1.4.1. Problema General

¿De qué manera el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas permitirá el control óptimo de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. - 2019?

1.4.2. Problemas Específicos

- ¿Cuáles son los sensores y actuadores por utilizar en el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, en la empresa ASEMCA S.A.- 2019?
- ¿Cuál es la programación del automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, en la empresa ASEMCA S.A. - 2019?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Determinar de qué manera el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, permitirá el control óptimo de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A - 2019.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar los sensores y actuadores a utilizar en el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, en la empresa ASEMCA S.A. - 2019.
- Desarrollar la programación del automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, en la empresa ASEMCA S.A. - 2019.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis General

El automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas tiene un impacto altamente significativo sobre el control óptimo de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. - 2019.

1.6.2. Hipótesis Específicas

- La correcta determinación de los sensores y actuadores a utilizar en el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas generará un óptimo control de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. - 2019.
- El correcto diseño de la programación de la tina de incubación de larvas de moscas generará un óptimo control de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. - 2019.

1.7. Variables

1.7.1. Independiente

Automatización

- Sensores y actuadores
- Programación del automatismo

1.7.2. Dependiente

Condiciones de producción

- Presión del aire
- Temperatura interna de las botellas de incubación

Tabla 1
Operacionalización de las variables

Variables	Definición Conceptual de Variables	Definición Operativa de Variables	Indicadores
<p>Independiente</p> <p>Modo de operación de la tina de incubación</p>	<p>Son tinas de incubación de larvas, las cuales tienen la tarea de producir 400 millones de moscas estériles.</p>	<p>Sistemas Control</p> <p>Control puede ser el dominio sobre algo o alguien, una forma de fiscalización, un mecanismo para regular algo manual o automático.</p>	<p>Modo de operación manual</p> <p>Para obtener una respuesta del sistema, interviene el hombre sobre el elemento de control. La acción del hombre es, entonces, la que actúa siempre sobre el sistema, para producir cambios en el funcionamiento.</p>
			<p>Modo de operación automático</p> <p>El sistema da respuesta sin que nadie intervenga de manera directa sobre él, excepto en la introducción de condiciones iniciales o de consigna. El sistema “opera por sí solo”, efectuando los cambios necesarios durante su funcionamiento.</p>
<p>Dependiente</p> <p>Condiciones de producción de larvas de moscas</p>	<p>Actividades asignadas al equipo o sistema, basada en parámetros físicos asignados por el fabricante.</p>	<p>Variables Físicas</p> <p>Es la magnitud que puede influir en el estado de un sistema físico.</p>	<p>Presión</p> <p>Es la presión que se ejerce sobre el fluido de las botellas.</p>
			<p>Temperatura</p> <p>Es una magnitud que determina el sentido en que se produce el flujo de calor cuando dos cuerpos se ponen en contacto.</p>

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Toapaxi, H. (2015). *Implementación del sistema de control de temperatura, humedad y presión para semillas germinadas de palma africana*, de la Escuela de Pregrado del Instituto Politécnica Nacional de Quito; la presente tesis tiene como objetivo: Mantener constante las variables de presión, humedad y temperatura de las semillas germinadas por medio de un Controlador Lógico Programable, con la finalidad de obtener las condiciones idóneas de producción. El diseño de la investigación es Experimental y llega a la conclusión que: La automatización permite mantener la temperatura del área de almacenamiento de semillas secas a una temperatura estable de 21°C , $\pm 1^{\circ}\text{C}$, de igual manera con el control de la humedad cuyo valor porcentual permanece entre 63% a 67%, lo que implica que la automatización genera gran confianza en el control del proceso.

Aux, J. y Benavides, L. (2015). *Control automatizado de un sistema de riego y fertirriego*, de la Escuela de Pregrado de la Universidad de Nariño de Pasto; la presente tesis tiene como objetivo: Realizar un sistema de control de riego y fertirriego, para una mayor precisión, que presente el monitoreo de las variables ambientales. El diseño de la investigación es Experimental y llega a la conclusión que: Se puede observar una dosificación más precisa, se disminuyó tareas de fumigación, ya que el control de humedad, se pudo manejar el desarrollo de maleza y por ende la propagación de insectos y hongos, con lo que se produce una reducción adicional de costos de producción, cuando funciona con tensiómetro, el sistema es más eficiente en el uso de recursos.

Castellanos, A. y Castillo, E. (2017). *Diseño e implementación de un sistema automatizado para control de temperatura y tiempo en tostadoras convencionales de café*, de la Escuela de Pregrado de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) de Ibagué; la presente tesis tiene como objetivo: Diseñar e implementar un sistema automatizado para el control de la temperatura y el tiempo de tuestión, en las tostadoras convencionales de café, garantizando la seguridad, eficiencia del equipo y el margen de color deseado en el producto final. El diseño de la investigación es Experimental y llega a la conclusión que: Mediante el uso del controlador on/off implementado se logra manejar el proceso, alcanzando un producto final con calidad, lo que demuestra que el sistema funciona correctamente. El uso del controlador permitió aumentar el rendimiento en la producción, al establecer múltiples secuencias en el equipo que le dieron la autonomía en su funcionamiento y reducción de tiempos en el proceso.

Moreno, C. (2014). *Sistema automatizado para el control de la temperatura en equipos para los procesos de conchado y atemperado en la producción artesanal del chocolate, usando Logo*, de la Escuela de Pregrado de la Universidad Nacional Abierta de Maracay; la presente tesis tiene como objetivo: Desarrollar un sistema automatizado para el control de la temperatura en equipos para los procesos de conchado y atemperado en la producción artesanal del chocolate, usando Logo – Siemens: Dispositivo programable. El diseño de la investigación es Experimental y llega a la conclusión que: Se diseñó y desarrolló exitosamente un sistema de control automático para el proceso de conchado y atemperado para la producción de chocolate. Ahora refiriéndonos a los controladores lógicos programables, específicamente LOGO, se observó que es una herramienta poderosa de pequeño tamaño, con un lenguaje de programación gráfico, de fácil entendimiento y desarrollo, con la capacidad de controlar cualquier sistema, todo depende de la correcta elección del dispositivo.

Rodríguez, J. (2006). *Desarrollo de un sistema de control avanzado de presión del vapor en una caldera de tubos de fuego*, de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú de Lima; la presente tesis tiene como objetivo: Desarrollar un sistema de control avanzado de la variación de la presión del vapor en el cuerpo de una caldera de tubos de fuego, que posibilite un funcionamiento efectivo y fiable del proceso de combustión, así como una disminución del actual consumo de combustible y de los gases contaminantes del medio ambiente. El diseño de la investigación es Experimental y llega a la conclusión que: Se diseñó y desarrolló exitosamente un sistema de control automático. Los resultados obtenidos durante el desarrollo de las

investigaciones realizadas muestran que el diseño de sistemas de control avanzado de la presión del vapor en calderas de tubos de fuego constituye una herramienta muy potente que posibilita un funcionamiento efectivo y fiable de estos equipos, así como una disminución de su consumo actual de combustible y de contaminación del medio ambiente.

Camacho, D., Aguas, R. y Buevas, B. (2014). *Automatización de compresores para el control y monitoreo de presión en tanques de almacenamiento de amoníaco*, de la Escuela de Pregrado de la Universidad Tecnológica de Bolívar de Cartagena de Indias; la presente tesis tiene como objetivo: Controlar la presión de tanques de amoníaco mediante la automatización de compresores. El diseño de la investigación es Experimental y llega a la conclusión que: La implementación de un sistema de control electrónico para el control de las presiones en los tanques D-30 s es sumamente rentable ya que la inversión realizada se recupera en 3 años. La implementación de control electrónico aumenta la confiabilidad del sistema ya que se podrá implementar sistemas redundantes de medición y control más fácilmente. Con la implementación del sistema de control electrónico se podrá monitorear con un mayor detalle las tendencias del proceso y se detectará las fallas rápidamente.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Automatización

Carrillo, A. (2011) en su libro *Sistemas Automáticos de Control afirma lo siguiente:*

Según Carillo el sistema da respuesta sin que nadie intervenga de manera directa sobre él, excepto en la introducción de condiciones iniciales o de consigna. El sistema “opera por sí solo”, efectuando los cambios necesarios durante su funcionamiento. Así, se reemplaza el operador humano por dispositivos tecnológicos que operan sobre el sistema (relés, válvulas motorizadas, válvulas solenoides, actuadores, interruptores, motores, etc.). (Carrillo, 2011)

Para el mismo autor un sistema automático de control es un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de manera que regulen o dirijan su actuación por sí mismos, es decir sin intervención de agentes exteriores (incluido el factor humano), corrigiendo además los posibles errores que se presenten en su funcionamiento. (Carrillo, 2011)

Actualmente, cualquier mecanismo, sistema o planta industrial presenta una parte actuadora, que corresponde al sistema físico que realiza la acción, y otra parte de mando o control, que genera las órdenes necesarias para que esa acción se lleve o no a cabo. (Carrillo, 2011)

Según Carillo los sistemas de control se pueden clasificar en:

- **Sistemas de bucle o lazo abierto:** Son aquellos en los que la acción de control es independiente de la salida.
- **Sistemas de bucle o lazo cerrado:** Son aquellos en los que la acción de control depende en cierto modo, de la salida.

Para el mismo autor, la integración de tecnologías clásicas como la mecánica y la electricidad con otras más modernas (electrónica, informática, telecomunicaciones, etc.) está haciendo posible la evolución de la automatización. (Carrillo, 2011)

Esta integración de tecnologías queda representada en la llamada "pirámide de automatización", que recoge los cinco niveles tecnológicos que se pueden encontrar en un entorno industrial. Las tecnologías se relacionan entre sí, tanto dentro de cada nivel como entre los distintos niveles a través de los diferentes estándares de comunicaciones industriales. (Carrillo, 2011)

Según Carrillo estos niveles son los siguientes:

2.2.1.1. Nivel de campo

Está formado por los elementos de medida (sensores) y mando (actuadores) distribuidos en una línea de producción. Son los elementos más directamente relacionados con el proceso productivo ya que los actuadores son los encargados de ejecutar las órdenes de los elementos de control para modificar el proceso productivo, y los sensores miden variables en el proceso de producción, es el nivel inferior donde podemos encontrar actuadores lineales o rotativos, válvula de proceso, sensores, motores eléctricos, etc. También llamado nivel de instrumentación. (Carrillo, 2011)

2.2.1.2. Nivel de control

En este nivel se sitúan los elementos capaces de gestionar los actuadores y sensores del nivel anterior tales como autómatas programables o equipos de aplicación específica basados en microprocesador como robots, máquinas herramienta o controladores de motor. (Carrillo, 2011)

Estos dispositivos son programables y permiten que los actuadores y sensores funcionen de forma conjunta para ser capaces de realizar el proceso industrial deseado. Los dispositivos de este nivel de control junto con los del nivel inferior de campo poseen entidad suficiente como para realizar procesos productivos por sí mismos. Es importante que posean unas buenas características de interconexión para ser enlazados con el nivel superior (supervisión), generalmente a través de buses de campo. En este nivel están los distintos dispositivos de control y monitoreo, tales como PLC, HMI, variadores de frecuencia, servo drive, etc., este nivel se encarga de monitorear y controlar todos los dispositivos del campo. (Carrillo, 2011)

2.2.1.3. Nivel de supervisión

En este nivel es posible visualizar cómo se están llevando a cabo los procesos de planta, y a través de entornos SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) poseer una

“imagen virtual de la planta” de modo de que ésta se puede recorrer de manera detallada, o bien mediante pantallas de resumen ser capaces de disponer de un “panel virtual” donde se muestren las posibles alarmas, fallos o alteraciones en cualquiera de los procesos que se llevan a cabo. Es el encargado de controlar la interacción entre los distintos dispositivos ubicados en el nivel de control. Mediante este tipo de acciones es posible disponer de acceso inmediato a cada uno de los sectores de la planta. (Carrillo, 2011)

Para ello, resulta imprescindible la conexión con el nivel de control mediante buses de campo o en este caso pueden emplearse redes LAN industriales de altas prestaciones, pues a veces es necesaria la transmisión de importantes cantidades de datos y la conexión con un gran número de elementos de control. (Carrillo, 2011)

2.2.1.4. Nivel de gestión

El nivel de gestión estará principalmente constituido por computadores, ya que se encuentra más alejado de los procesos productivos. De hecho, en este nivel no es relevante el estado y la supervisión de los procesos de planta, en cambio, sí adquiere importancia toda la información relativa a la producción y su gestión asociada, es decir, a través del nivel de

control es posible obtener información global de todos los niveles inferiores de una o varias plantas. (Carrillo, 2011)

Con esta información, los gestores de la empresa pueden extraer estadísticas acerca de los costes de fabricación, rendimiento de la planta, estrategias de ventas para liberar posibles excesos de producto almacenado y, en general, disponer de datos que permitan a los niveles directivos la toma de decisiones conducentes a una mejor optimización en el funcionamiento de la planta, todo ello de una manera rápida y flexible. (Carrillo, 2011)

Las comunicaciones con este nivel de la pirámide industrial ya no necesitan ser de tipo estrictamente industrial, es decir, muy robustas, de corto tiempo de respuesta, sino que ahora lo verdaderamente importante son los datos que se transmiten, informes que pueden tener un tamaño grande. Por este motivo habitualmente se emplean redes de comunicación menos costosas, como redes Ethernet, que se adaptan mejor al tipo de datos que se desean transmitir y, además, permiten la comunicación eficaz entre los diferentes computadores del mismo nivel de gestión. Los niveles de la pirámide de automatización se vinculan entre sí por medio de distintos lenguajes de comunicación, conocidos como “protocolos de comunicación”. (Carrillo, 2011)

Asimismo, las Normas y especificaciones de la automatización se rigen con el estándar ANSI / ISA-95, o ISA-95 como se le conoce comúnmente, es un estándar internacional de la Sociedad Internacional de Automatización para el desarrollo de una interfaz automatizada entre los sistemas empresariales y los sistemas de control. Esta norma ha sido desarrollada para los fabricantes a nivel global. Fue desarrollada para ser aplicada en todas las industrias, y en todo tipo de procesos, tales como: los procesos por lotes, continuos y procesos repetitivos. (Carrillo, 2011)

2.2.2. Condiciones de Producción

2.2.2.1. Presión.

Giancoli, D. (2007) en su libro *Física. Principios con sus aplicaciones* afirma lo siguiente:

Se define como fuerza por unidad de área, donde la fuerza F se entiende como la magnitud de la fuerza que actúa de forma perpendicular al área de la superficie A , en la siguiente ecuación se muestra la representación de la presión (Giancoli, 2007).

$$presión = P = \frac{F}{A} \quad \dots (1)$$

Según Giancoli la presión es una magnitud escalar, su unidad en el sistema internacional de unidades es el Pascal, en honor a Blaise Pascal, se representa por las letras (Pa), y en el mismo sistema será la relación entre Newton sobre metro cuadrado, la

representación de lo descrito se muestra en la siguiente ecuación.

$$1Pa = 1 \frac{N}{m^2} \quad \dots (2)$$

2.2.2.1.1. Presión Hidrostática.

Hewit, P. (2007) en su libro *Física Conceptual* afirma lo siguiente:

Un líquido contenido en un recipiente ejerce fuerza contra las paredes de este, la presión que ejerce el líquido sobre las paredes y el fondo del recipiente depende de la densidad y profundidad del líquido. En la siguiente ecuación se muestra el cálculo de la presión hidrostática. (Hewit, 2007)

$$presion = P = p * g * h \quad \dots (3)$$

Donde:

p= densidad

g= aceleración de la gravedad

h= altura del liquido

2.2.2.1.2. Presión Atmosférica.

Según Hewit debemos precisar que la presión atmosférica es debida al peso de la atmósfera y se ejerce sobre todos los cuerpos que se encuentran inmersos en ella, incluyéndonos a nosotros. La

ecuación de la presión atmosférica se muestra a continuación. (Hewit, 2007)

$$P = \frac{p * R * T}{M} \quad \dots (4)$$

Donde:

p= densidad del aire

R= constante de los gases ideales

T= temperatura

M= masa molar

2.2.2.1.3. Medida de la presión.

James, H. (2007) en su libro *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas* afirma lo siguiente:

La medida de la presión en diversos dispositivos, como también en ductos y tuberías es llamada presión manométrica; el instrumento para medir la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados es el manómetro. Se distinguen dos tipos de manómetros, según se empleen para medir la presión de líquidos o de gases. Para medir únicamente la presión atmosférica contamos con el barómetro, ideado por Torricelli, este es un instrumento sencillo, consta de un tubo de vidrio, el cual está cerrado en un extremo y lleno de mercurio. (James, 2007)

2.2.2.2. Temperatura.

Según Hewit la Temperatura es la medida de la energía cinética de traslación promedio, por molécula de una sustancia, esta definición la podemos aterrizar si consideramos los cambios de estado de la materia, para poder pasar de un estado líquido a uno gaseoso, por ejemplo, es necesario emplear una cantidad de energía (calor) que hace que las moléculas que componen dicha materia adquieran una mayor movilidad, o energía cinética, de igual manera al ceder esta energía las moléculas pierden movilidad, y se pasaría a un estado sólido. (Hewit, 2007)

2.3 Definición de términos básicos

- **Actuador:** Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre elemento externo.
- **Automatización:** La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.
- **Condiciones de producción:** Actividades asignadas al equipo o sistema, basada en parámetros físicos asignados por el fabricante.
- **Incubación:** Mantenimiento de los huevos puestos por un animal a una temperatura de calor constante, por medios naturales o artificiales, para que los embriones se desarrollen.
- **Larvas:** Es la etapa en el desarrollo de muchos animales, que ocurren después del nacimiento o eclosión y antes de que se alcance la forma adulta.

Estas formas inmaduras, activas son estructuralmente diferentes de los adultos y se adaptan a un ambiente diferente.

- Modo de operación: método para controlar de manera automática o manual sistemas de control o procesos.
- Presión: Es la fuerza por unidad de área aplicada sobre un cuerpo en la dirección perpendicular a su superficie.
- Sensor: Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas.
- Temperatura: Es una magnitud que determina el sentido en que se produce el flujo de calor cuando dos cuerpos se ponen en contacto. En el Sistema Internacional se mide en kelvin (K), aunque la escala Celsius se emplea con frecuencia.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA METODOLOGÍA

3.1 Descripción del Proyecto

Con la finalidad de optimizar el proceso de incubación de larvas de moscas, se implementará un sistema de control, asimismo se describe los sensores y actuadores a utilizar en el automatismo; el sistema de control cuenta con los siguientes procesos;

A) Proceso electromecánico

- La tina de incubación de larvas de moscas está hecha en acero inoxidable, debajo de ella hay una bomba de agua y dos resistencias, la bomba se utiliza para circular el agua de la tina, y cuenta con un tablero de fuerza y mando; las resistencias se utilizan para poder calentar el agua, con la finalidad de lograr hacer un baño maría.

- Una pantalla HMI lleva el registro de las temperaturas y si una de ellas varia, el personal podrá darse cuenta de inmediato, solo con observar la pantalla, ya sin tener que usar el termómetro.
- El sistema operado automáticamente cuenta con sensores de temperatura pt 100.
- Cabe señalar, que, para la incubación de larvas, las 21 botellas deben ser depositadas en una tina de incubación, la cual está llena de agua para hacerle un baño maría a las larvas, la temperatura ideal en la tina es de 35 °C, y la temperatura interna de las botellas es de 34 °C.

Esta temperatura es menor por el aislante plástico que tiene la botella; la tina debe cumplir con estos parámetros de temperatura porque: Dentro de las botellas hay larvas hembras tanto como machos, las hembras mueren al pasar los 33.5 °C y al pasar esta temperatura los machos empiezan a volverse estériles, los machos mueren al llegar los 34.3 °C. Lo que se quiere es mantener los 34 °C, para que así toda la producción sea de machos estériles, luego cuando estas larvas se convierten en pupas son esparcidas en los cultivos con el fin de erradicar la mosca de la fruta, ya que no podrán reproducirse, logrando así la mejora económica del sector agroindustrial.

B) Proceso electroneumático

- Asimismo, todo el aire que viene del compresor llega a una válvula reguladora de presión de marca AIR COMP modelo BS 140.000, la cual siempre estabiliza la presión cuando este aumente o cuando baje.

- Luego que el aire pasa por las válvulas va hacia los conversores de corriente de presión PC13 de marca OMC ITALY, al llegar el fluido excita la bobina de este produciendo una señal de ingreso de 4mA a 20mA, las medidas de presión van a 21 contadores, los cuales se programan a 3 psi mínimo y 15 psi máximo, estos van conectados a transmisores y a válvulas reguladoras independientes para cada botella.
- Al convertirse en una presión de 3 psi a 15 psi, esta pasa por una manguera neumática de 8 mm, la cual va directamente a un regulador de flujo marca AIGNEP, la entrada de este regulador va conectado a través de una T hacia un transmisor y su salida va hacia válvula de paso el cual va dirigido a las 21 botellas, los transmisores de presión de marca MBS 3000, abarcan una señal de salida de 4 a 20 mA y un rango de medición de 0-1 a 0-600 bares.
- Seguidamente la señal de salida de corriente de 4 a 20 mA es enviada a un controlador de procesos para presión y control en el sistema de burbujeo, de marca BRAINCHILD modelo BTC9100; el cual registra la presión de aire en el rango de 3 a 15 psi, pero antes se le debe asignar (programar) para mínimo $sp_{il} = 3$ psi y para máximo $sp_{ih} = 15$ psi.

Para comprobar que la medición es real se usa un manómetro seco al final de la manguera neumática.

- Finalmente, todos estos datos van a la plataforma del Controlador la cual, en comunicación con la pantalla HMI, refleja la información de presiones reales de cada botella.

C) Proceso electro térmico

- Dentro de la plataforma del PLC hay una pastilla (transmisor térmico), sus entradas van conectadas al 8 digital inputs/8 digital outputs, IO-8DIO - Brainchild Electronic para que la información (censo de temperatura) vaya a la pantalla HMI, las salidas de las pastillas van conectadas a los 21 sensores de temperatura pt 100.
- Finalmente, el Controlador mantiene comunicación con la pantalla HMI y mediante el programa SCADA se puede controlar la presión en el rango de 3 psi a 15 psi, asimismo se instalan alarmas para detectar si hay caída de presión, observándose en tiempo real la variación de la temperatura.

3.2 Desarrollo del Proyecto

Continuando con el diseño, se establece el diagrama de bloques de control del proceso manual y del proceso automático, a continuación, se muestra lo descrito.

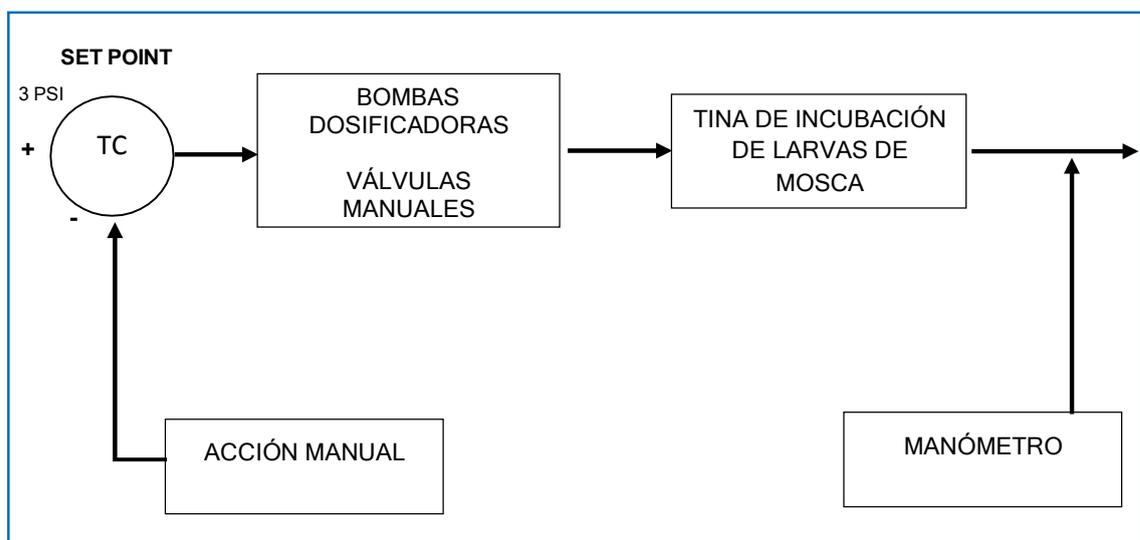


Figura 1: Diagrama de Control del Proceso Manual de la presión
Fuente: Elaboración propia

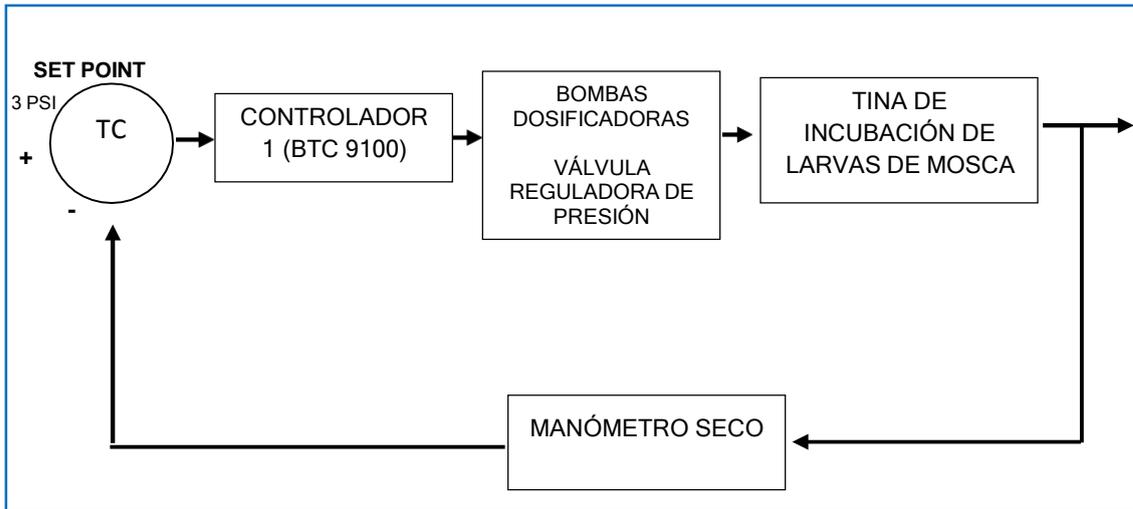


Figura 2: Diagrama de Control del Proceso Automático de la presión
Fuente: Elaboración propia

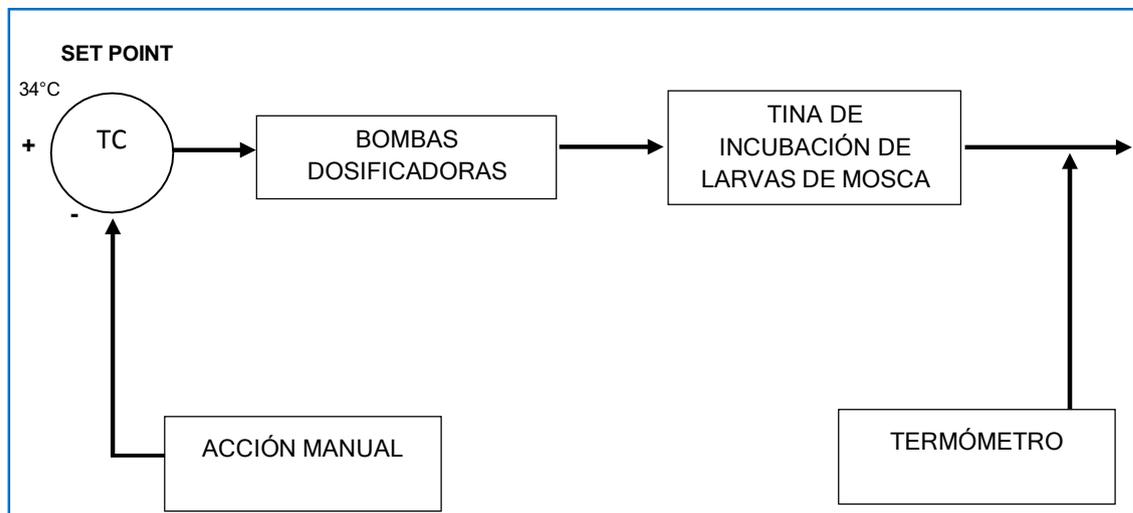


Figura 3: Diagrama de Control del Proceso Manual de la temperatura interna
Fuente: Elaboración propia

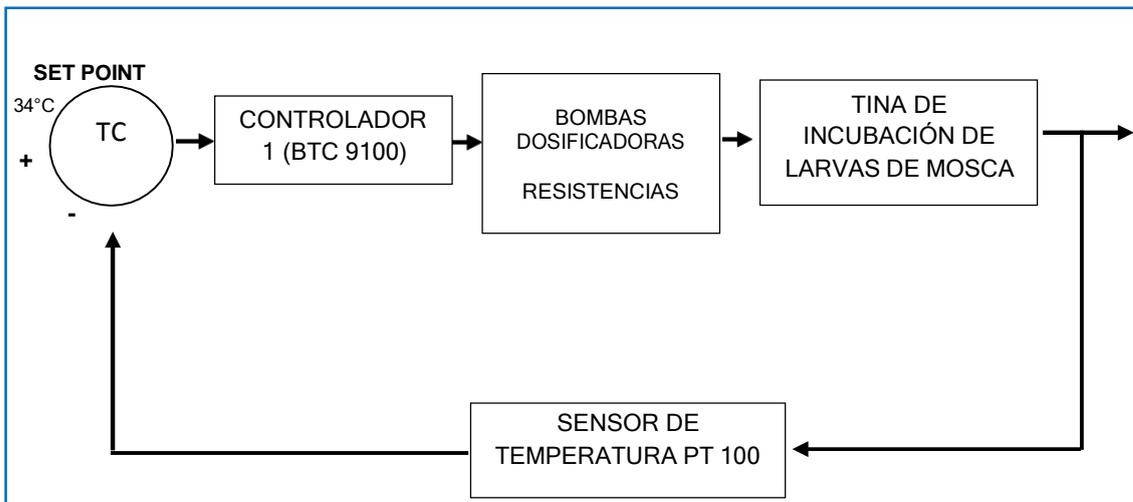


Figura 4: Diagrama de Control del Proceso Automático de la temperatura interna
Fuente: Elaboración propia

Con la finalidad de hallar la función de transferencia para el sistema manual, se debe considerar que el valor máximo de la presión (psi) es de 15 para un tiempo de 4.7 segundos, siendo la presión deseada de 3 (psi); inicialmente, se determinará el máximo sobre impulso Mp :

$$3 - 100\%$$

$$(15 - 3) - Mp$$

$$Mp = \frac{12 \times 100}{3} = 400$$

Ahora se procede a calcular el factor de amortiguamiento, considerando que:

$$Mp = e^{\frac{-\pi p}{\sqrt{1-p^2}}}$$

$$\ln(Mp) = \ln(e^{\frac{-\pi p}{\sqrt{1-p^2}}})$$

$$\ln(Mp) = \frac{-\pi p}{\sqrt{1-p^2}}$$

$$\sqrt{1-p^2} = \frac{-\pi p}{\ln(Mp)}$$

$$1 - p^2 = \left(\frac{-\pi p}{\ln(Mp)}\right)^2$$

$$1 - p^2 = \left(\frac{-\pi p}{\ln(Mp)}\right)^2 \times p^2$$

$$1 = \left(\frac{-\pi p}{\ln(Mp)}\right)^2 \times p^2 + p^2$$

$$p = \sqrt{\frac{1}{\left[1 + \left(\frac{-\pi}{\ln(Mp)}\right)^2\right]}}$$

Reemplazando:

$$p = \sqrt{\frac{1}{\left[1 + \left(\frac{-\pi}{(4)}\right)^2\right]}}$$

$$p = \sqrt{\frac{1}{[1 + (\frac{-\pi}{1.38629361})^2]}}$$

$$p = \sqrt{\frac{1}{6.135577679}}$$

$$p = 0.4037$$

Seguidamente se determina la frecuencia natural de oscilación (Wn):

$$Tp = \frac{\pi}{Wn\sqrt{1 - p^2}} = 4.7 \text{ seg}$$

$$Wn = \frac{\pi}{4.7 \sqrt{1 - (0.4037)^2}}$$

$$Wn = 0.73 \text{ rad/seg}$$

Ahora se determinará la ganancia estática del sistema:

(Amplitud de la señal de entrada) x (Ganancia estática del sistema) = SET POINT

$$1 \times K = 3$$

$$K = 3$$

Finalmente, con los datos obtenidos; se determinará la función de transferencia del sistema:

$$(s) = \frac{K \times Wn^2}{s^2 + 2p \times Wn \times s + Wn^2}$$

$$(s) = \frac{3 \times 0.73^2}{s^2 + 2(0.4037) 0.73 \times s + 0.73^2}$$

$$(s) = \frac{1.5987}{s^2 + 0.589402s + 0.5329}$$

A continuación, se muestra la representación de la variable presión controlada en el tiempo, cuando el sistema es manual.

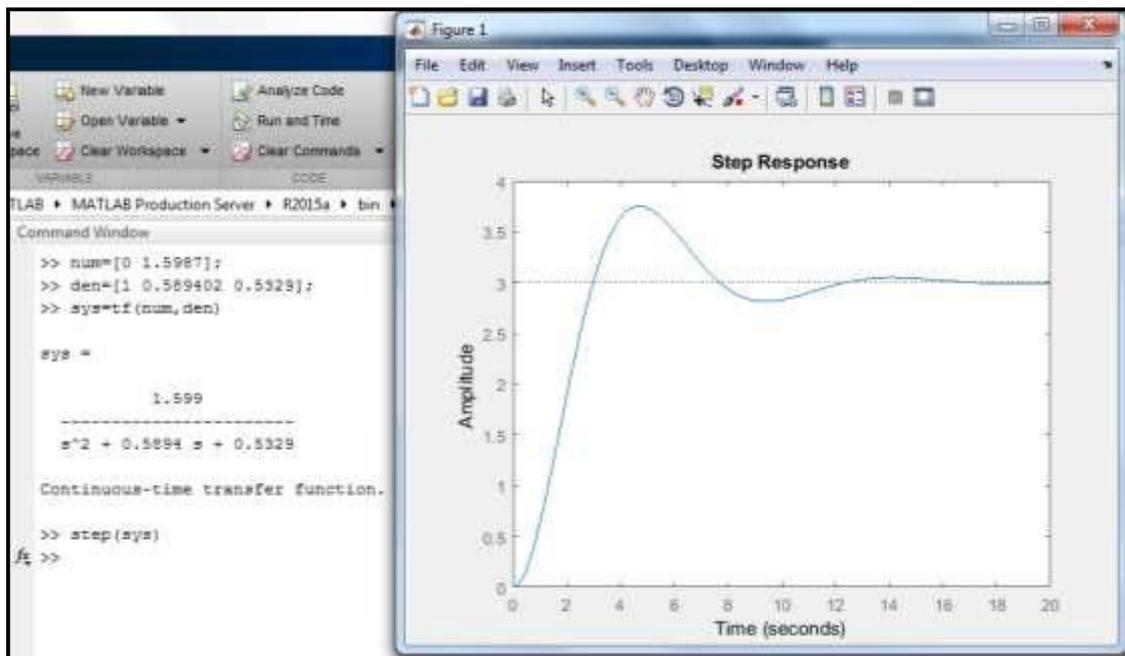


Figura 5: Representación de la respuesta de la variable presión controlada en el sistema manual
Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra los parámetros obtenidos cuando el sistema es manual.

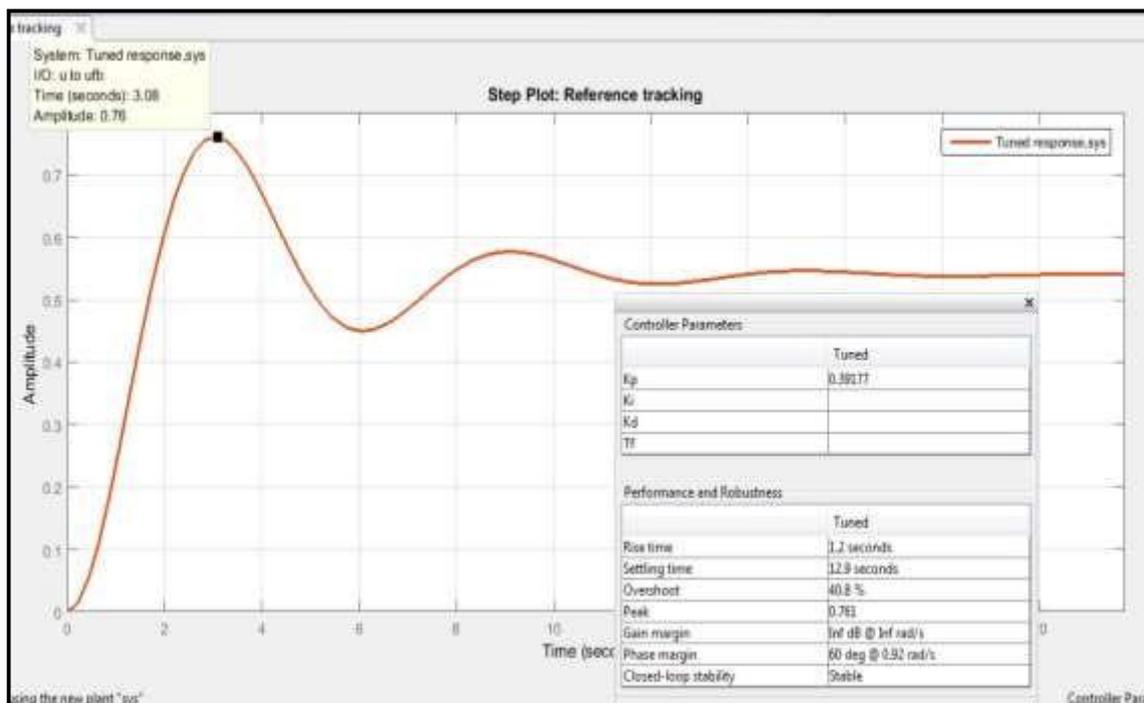


Figura 6: Parámetros de la variable presión controlada en el sistema manual
Fuente: Elaboración propia

De la representación anterior se deduce que, es necesario utilizar un controlador PID, cuyos componentes permitirán:

- Mejorar el tiempo de establecimiento (Control proporcional: P)
- Reducir el error en estado estacionario (Control integrativo: I)
- Reducir el máximo sobre impulso (Control derivativo: D)

Con el propósito de determinar las ganancias del controlador PID, que conseguirán mejorar los parámetros mencionados en el párrafo anterior (Tiempo de establecimiento, error en estado estacionario y sobre impulso), se utilizara el comando “pidtool” del Matlab.

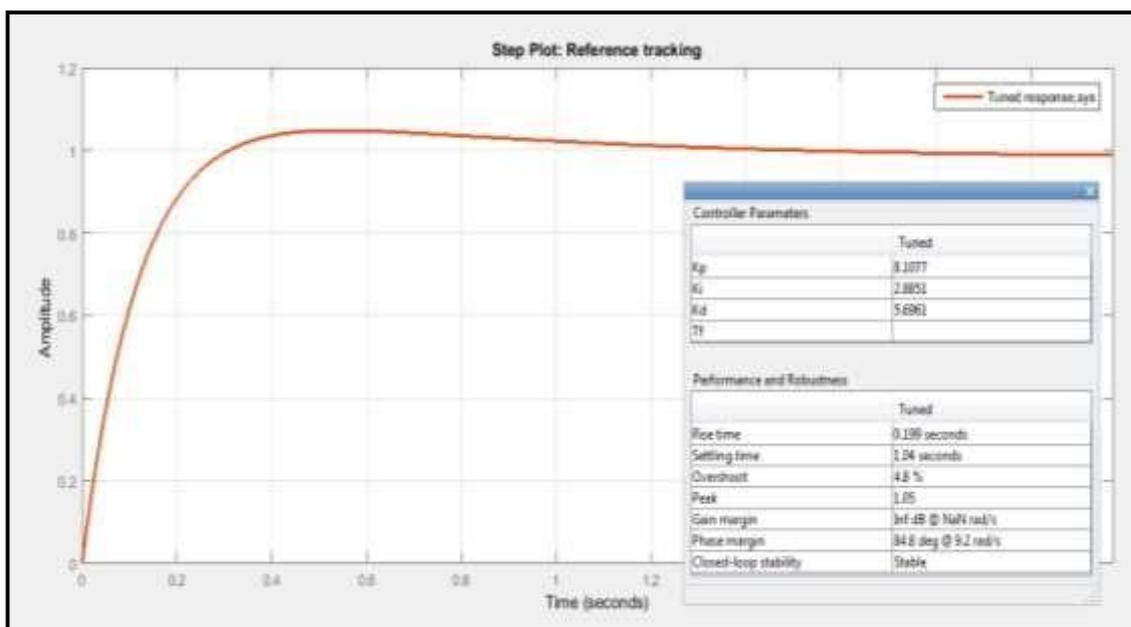


Figura 7: Parámetros de la variable presión controlada por el controlador PID en el sistema automático
Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa se ha reducido los siguientes parámetros:

- Tiempo de establecimiento (Settling Time) de 12.9 segundos a 1.04 segundos
- Máximo sobre impulso (Overshoot) de 40.8% a 4.8%

Asimismo, con la finalidad de hallar la función de transferencia para el sistema manual, se debe considerar que el valor máximo de la temperatura interna es de 35.8 °C para un tiempo de 4.7 segundos, siendo la presión deseada de 34 °C; prosiguiendo con el cálculo:

Inicialmente, se determinará el máximo sobre impulso Mp :

$$34 - 100\%$$

$$(35.8 - 34) - Mp$$

$$Mp = \frac{1.8 \times 100}{34} = 5.294$$

Ahora se procede a calcular el factor de amortiguamiento, considerando que:

$$Mp = e^{\frac{-\pi p}{\sqrt{1-p^2}}}$$

$$\ln(Mp) = \ln(e^{\frac{-\pi p}{\sqrt{1-p^2}}})$$

$$\ln(Mp) = \frac{-\pi p}{\sqrt{1-p^2}}$$

$$\sqrt{1-p^2} = \frac{-\pi p}{\ln(Mp)}$$

$$1-p^2 = \left(\frac{-\pi p}{\ln(Mp)}\right)^2$$

$$1-p^2 = \left(\frac{-\pi p}{\ln(Mp)}\right)^2 \times p^2$$

$$1 = \left(\frac{-\pi p}{\ln(Mp)}\right)^2 \times p^2 + p^2$$

$$p = \sqrt{\frac{1}{\left[1 + \left(\frac{-\pi}{\ln(Mp)}\right)^2\right]}}$$

Reemplazando:

$$p = \sqrt{\frac{1}{[1 + \left(\frac{-\pi}{(0.0529)}\right)^2]}}$$

$$p = \sqrt{\frac{1}{[1 + (-2.9393)]}}$$

$$p = \sqrt{\frac{1}{2.1423}} = 0.6832$$

Seguidamente se determina la frecuencia natural de oscilación (Wn):

$$Tp = \frac{\pi}{Wn\sqrt{1-p^2}} = 4.7 \text{ seg}$$

$$Wn = \frac{\pi}{4.7 \sqrt{1-(0.6832)^2}}$$

$$Wn = 0.9153 \text{ rad/seg}$$

Ahora se determinará la ganancia estática del sistema:

(Amplitud de la señal de entrada) \times (Ganancia estática del sistema) = SET POINT

$$1 \times K = 34 \rightarrow K = 34$$

Finalmente, con los datos obtenidos; se determina la función de transferencia del sistema:

$$(s) = \frac{K \times Wn^2}{s^2 + 2p \times Wn \times s + Wn^2}$$

$$(s) = \frac{34 \times 0.9153^2}{s^2 + 2(0.6832) 0.9153 \times s + 0.9153^2}$$

$$(s) = \frac{31.1202}{s^2 + 1.2506s + 0.8377}$$

A continuación, se muestra la representación de la variable temperatura interna controlada en el tiempo, cuando el sistema es manual.

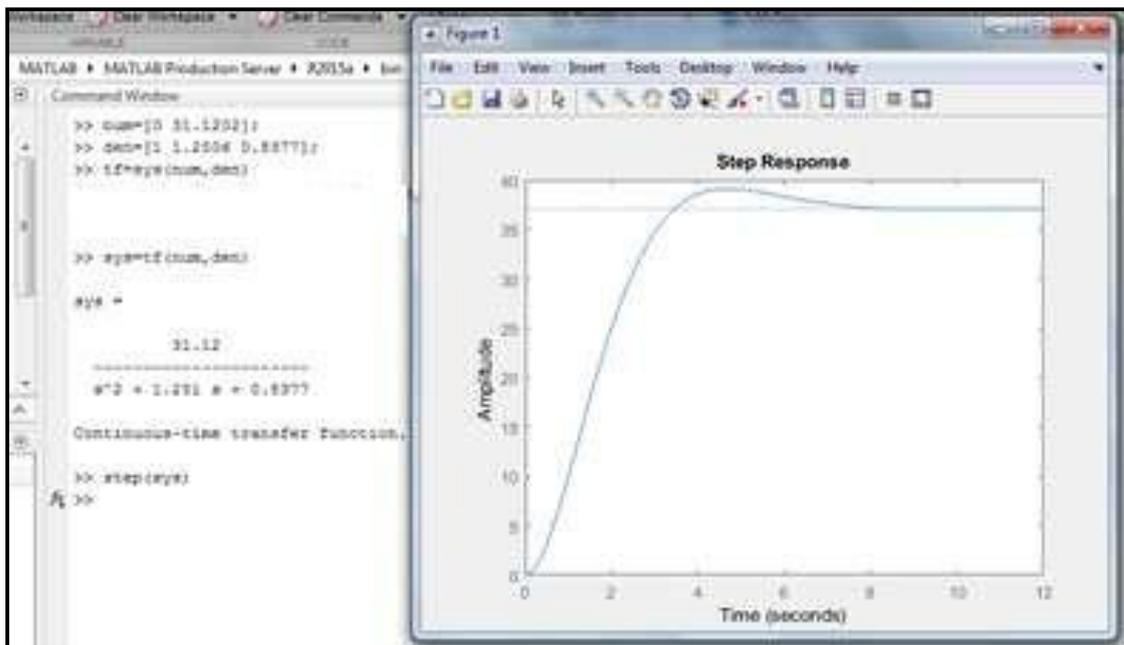


Figura 8: Representación de la respuesta de la variable temperatura interna controlada en el sistema manual
Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestra los parámetros obtenidos cuando el sistema es manual.

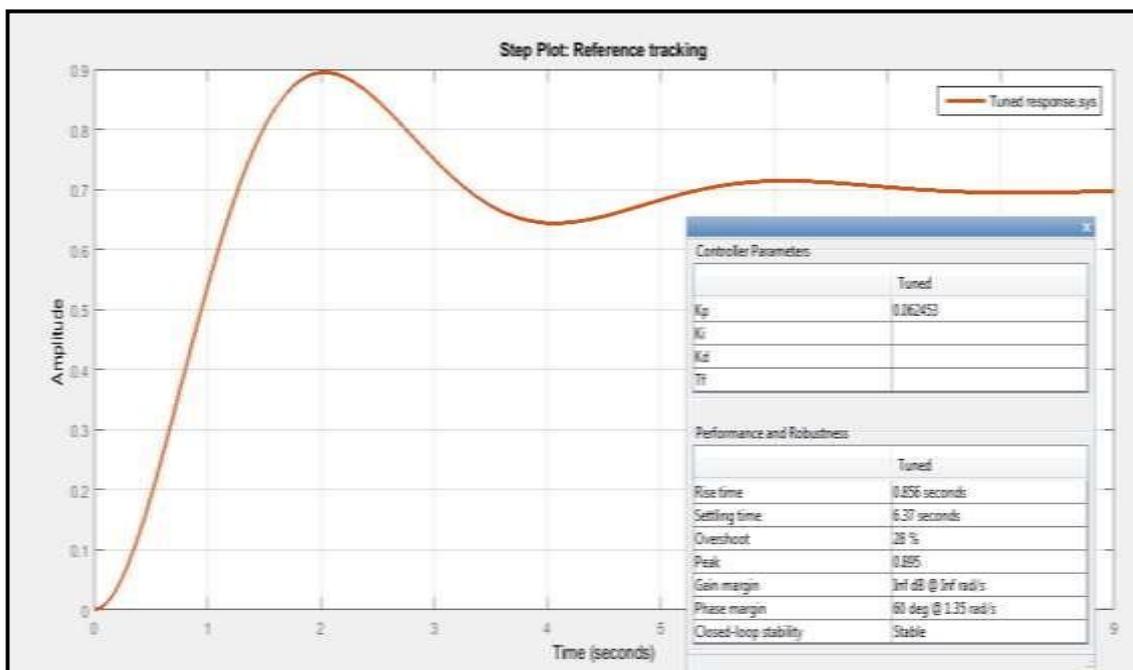


Figura 9: Parámetros de la variable temperatura interna controlada en el sistema manual
Fuente: Elaboración propia

Tal como se indicó anteriormente, es necesario utilizar un controlador PID, para:

- Mejorar el tiempo de establecimiento (Control proporcional: P)
- Reducir el error en estado estacionario (Control integrativo: I)
- Reducir el máximo sobre impulso (Control derivativo: D)

Con el propósito de mejorar los parámetros mencionados, se utilizara el comando “pidtool” del Matlab.

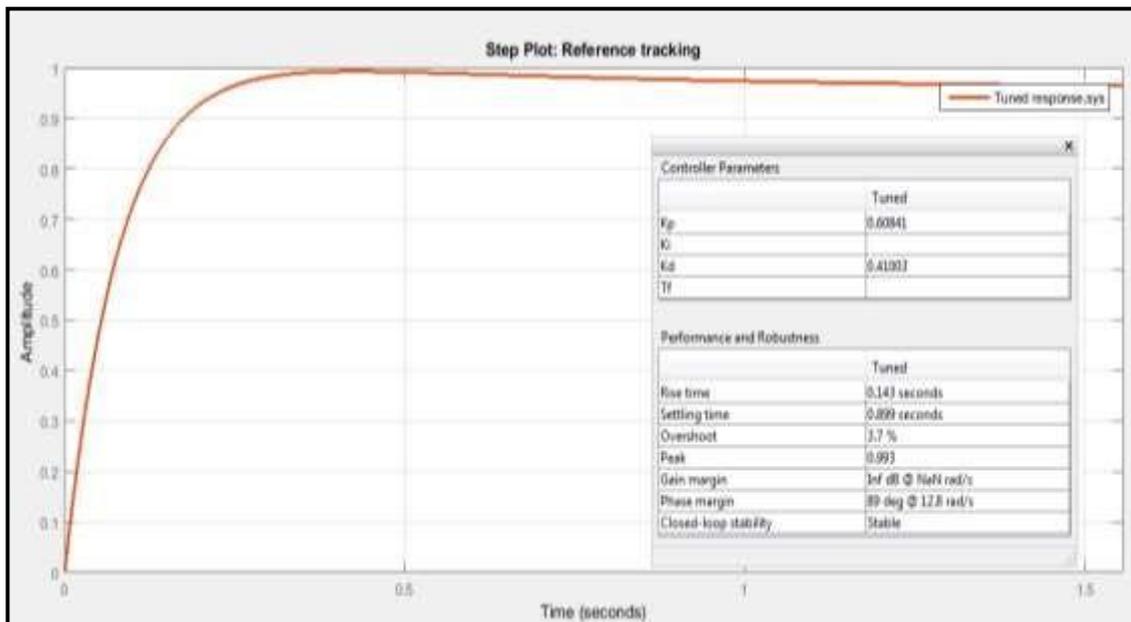


Figura 10: Parámetros de la variable temperatura interna controlada por el controlador PID en el sistema automático

Fuente: Elaboración propia

Tal como se observa se ha reducido los siguientes parámetros:

- Tiempo de establecimiento (Settling Time) de 6.37 segundos a 0.899 segundos
- Máximo sobre impulso (Overshoot) de 28% a 3.7%

Siguiendo con el desarrollo, a continuación, se realiza la programación con el controlador BTC - 9100, el cual se conecta en sus entradas 7 y 8 a una fuente eléctrica de 220 v; para ello se realizará la siguiente configuración.

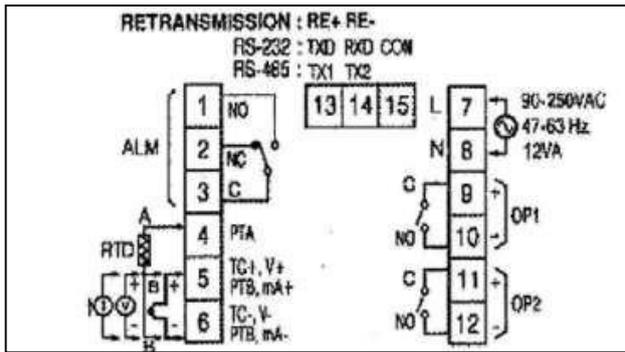


Figura 11: Programación 1 del controlador BTC - 9100
 Fuente: ASEMCA S.A.

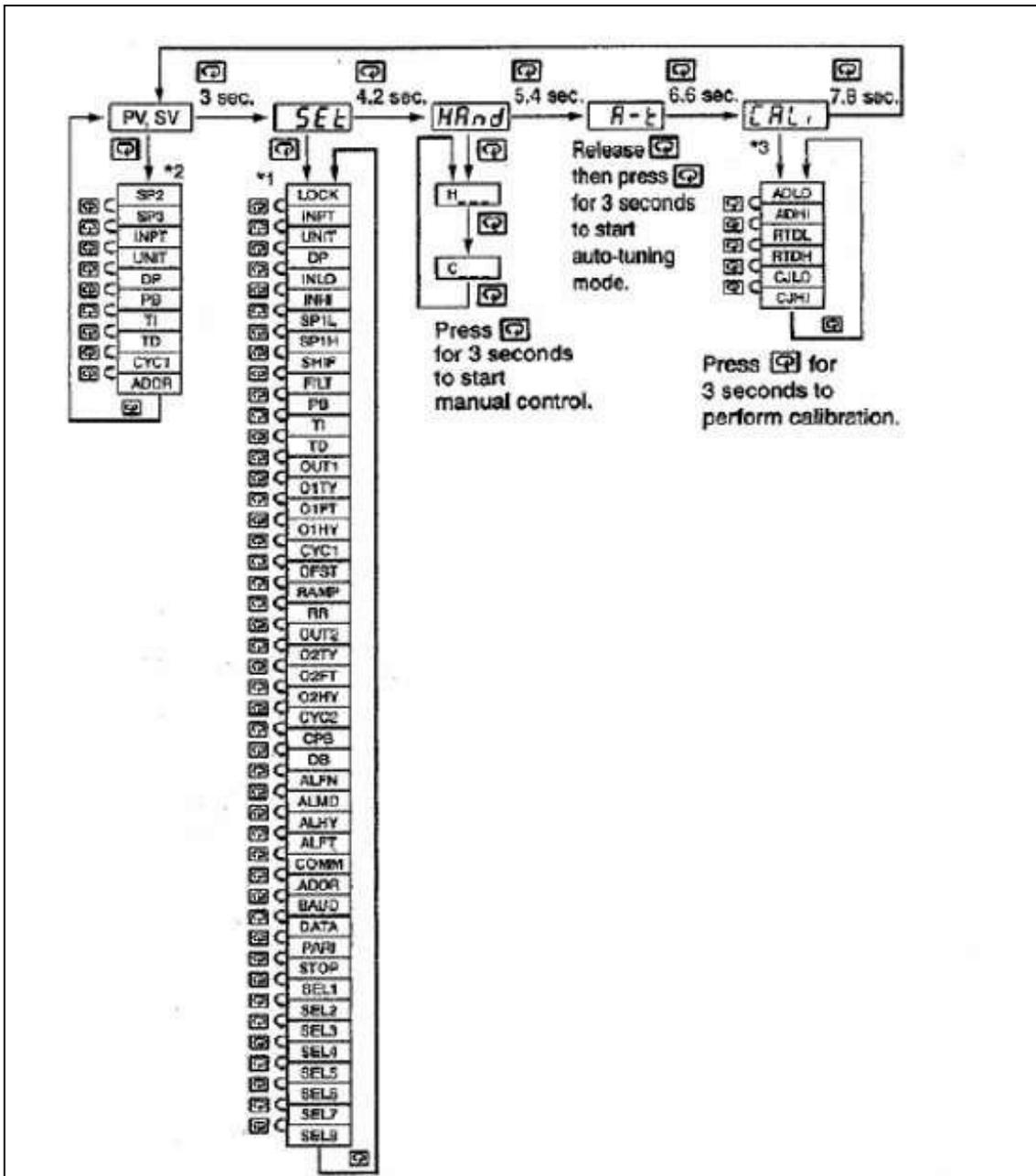


Figura 12: Programación 2 del controlador BTC - 9100
 Fuente: ASEMCA S.A.

```
Sp1= set point= 34°C
Inpt= selección del sensor de entrada nro 11 = 4-20 mA
Unit= o unidades °C
Ø1ty= función tipo salida = 3 =4-20 mA
Dp: selección de punto decimal = 1= 1-dp un dígito decimal
Lock= selección de parámetros de bloqueo: 2 user= bloqueados excepto set point
Alft= acción alarma en caso de fallo = 0 = se activa en caso de fallo
|
```

Figura 13: Configuración 1 del controlador BTC - 9100
Fuente: ASEMCA S.A.

Los controladores tienen como función registrar la presión de aire, administrada por los pc 13 (convertidor electro neumático), estos datos llegan al controlador a través de un transmisor (transmisor de presión de aire) posteriormente estas lecturas de presión se verán reflejadas en la pantalla HMI.

```
Lock: selección de parámetros de bloqueo = 0 non E = ningún parámetro bloqueado
Inpt: selección de sensor de entrada: 11 = 4-20 mA
Unit: 2 pu unidades de proceso
Dp: selección de punto decimal = 1= 1-dp un dígito decimal
Sp1l: valor bajo lim set point = bajo: 3 psi
Sp2l: valor alto lim set point= bajo: 3psi    alto= 15 psi
Pb: banda proporcional = bajo: 15
Ø1ty= función tipo salida = 3 = 4-20
mA Alft= acción alarma en caso de fallo= 0 = se activa en caso de fallo
```

Figura 14: Configuración 2 del controlador BTC - 9100
Fuente: ASEMCA S.A.

A continuación, en las siguientes Figuras se muestra el diagrama de conexión general de sistema automático de la tina de incubación de larvas moscas y el diagrama de conexión del control de presión del sistema, respectivamente.

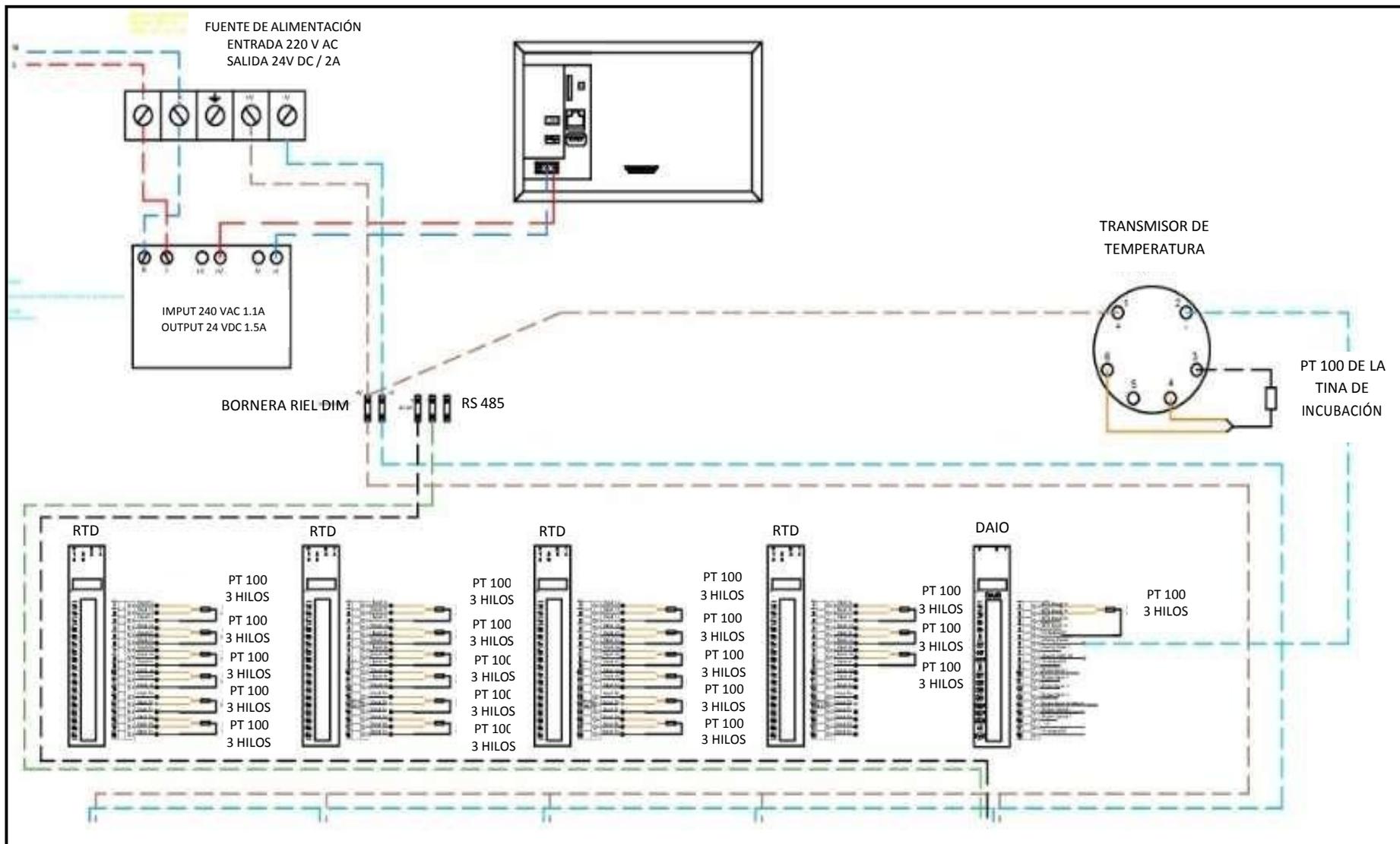


Figura 15: Diagrama de conexión del sistema
 Fuente: ASEMCA S.A.

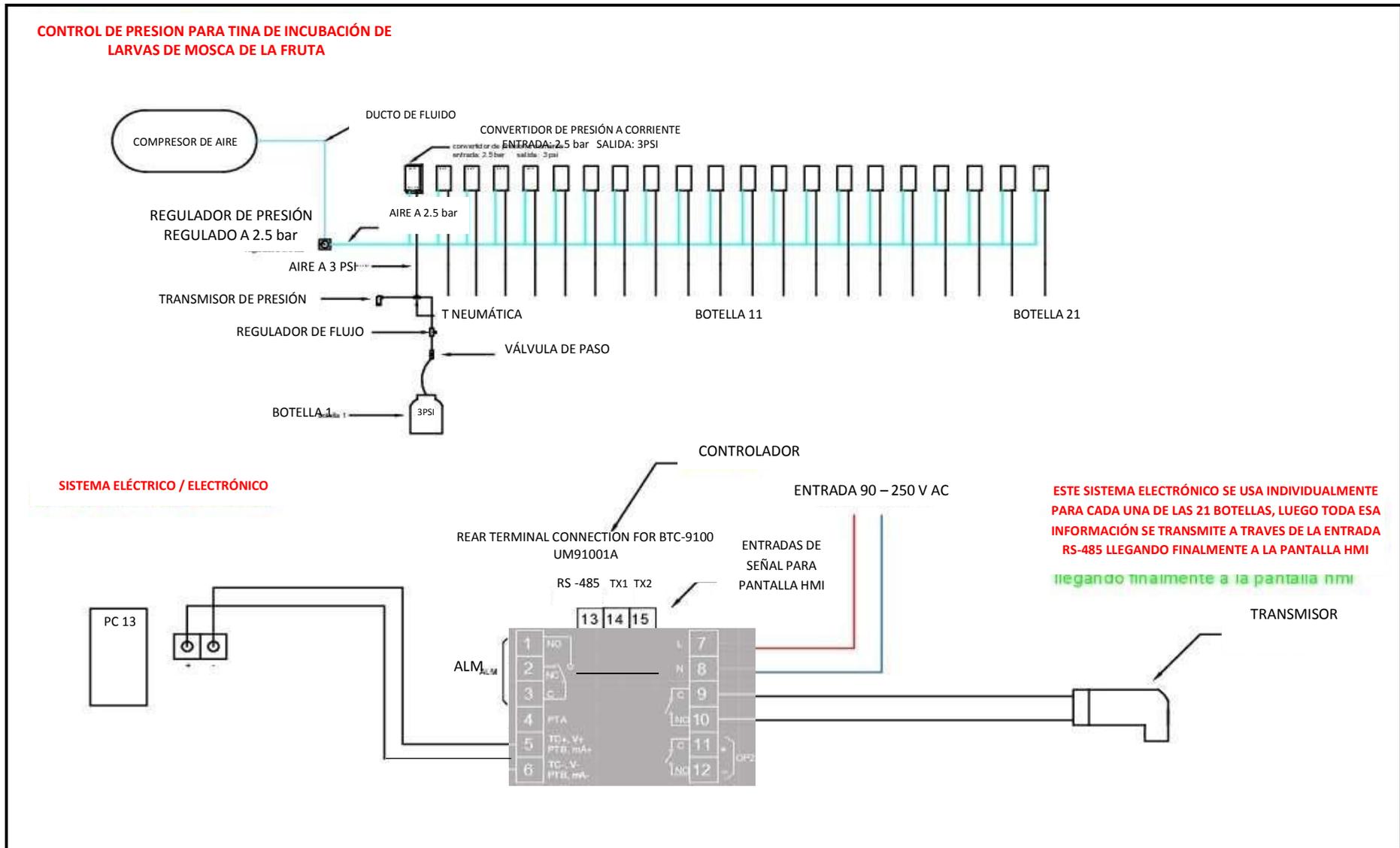


Figura 16: Diagrama de conexión del control de presión
 Fuente: ASEMCA S.A.

A continuación, se detalla el procedimiento de la implementación del control automático.

- Se procedió a realizar una limpieza general al equipo y componentes de la tina térmica de incubación, incluyendo sus tableros de control.

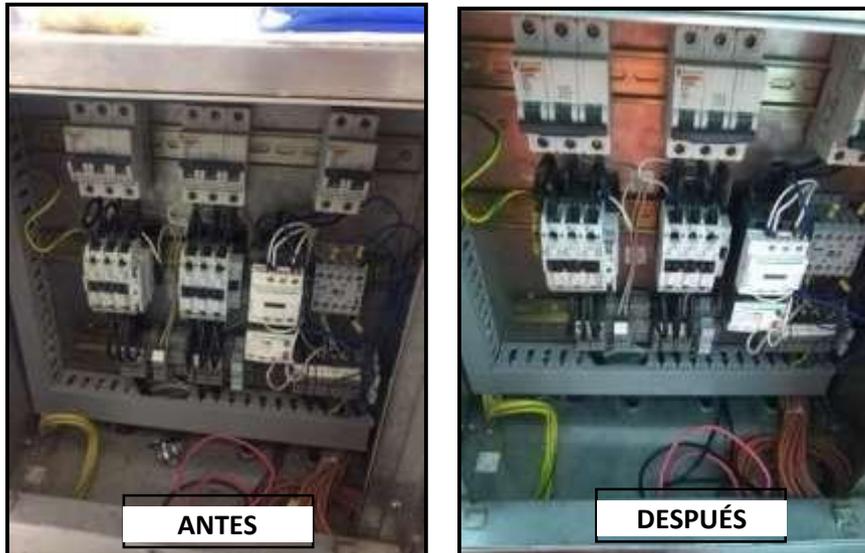


Figura 17: Limpieza general a los tableros de control de la tina de incubación
Fuente: ASEMCA S.A.

- Se reemplazó el regulador de presión marca RITHERM por un regulador de presión de procedencia italiana marca AIR COMP, debido a un fallo interno el cual le provocaba una variación de flujo y lectura.



Figura 18: Cambio del regulador de presión
Fuente: ASEMCA S.A.

- Se reemplazó el swich D-link por un Tp-link 8 port gigabit desktop, garantizando una mejor comunicación con la pantalla HMI.



Figura 19: Reemplazo del swich D-link por un Tp-link
Fuente: ASEMCA S.A.

- Se reemplazaron las conexiones de cable UTP de nivel “4”, por una conexión de cable UTP de nivel “6” industrial, mejorando así la comunicación a distancia entre las áreas de la tina, colonias, filtros y las pantallas HMI.
- Se desmontaron los 21 transmisores para proceder a limpiarlos mediante el proceso de soplado, mejorando así la comunicación con las pantallas.
- Se hizo la regulación de flujo en los 21 convertidores de corriente a presión PC 13 del tablero de la tina 2, debido a que perdió sus propiedades de fábrica a causa del golpe de ariete y el trabajo.
- Se programaron las variables de la pantalla HMI a valores de:
 - Presión mínima: 3 psi
 - Presión máxima: 15 psi

De tal forma que se logró mejorar la presión del fluido en las 21 botellas.

- Se retiraron las 28 conexiones de tubería flexible de aire, siendo reemplazadas en su totalidad para un mejor flujo de aire.

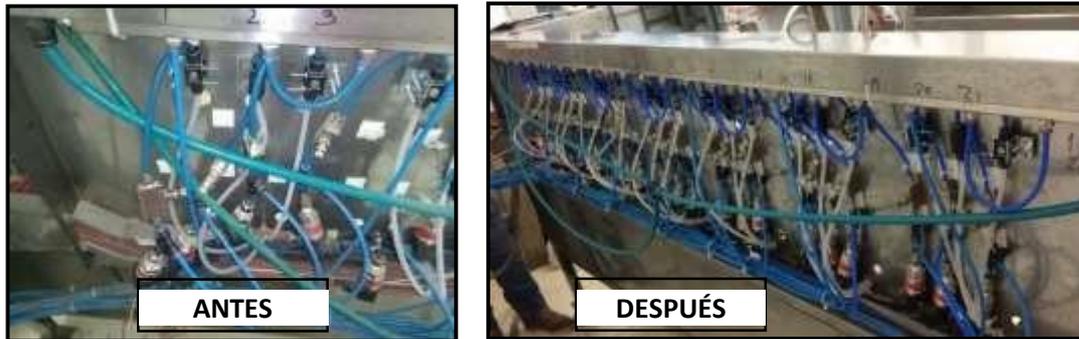


Figura 20: Cambio de tuberías
Fuente: ASEMCA S.A.

- Se procedió a retirar las 21 válvulas de manejo de aire para realizar su respectiva limpieza, para obtener mejor funcionamiento.
- Para ello contaremos con calibrar las 21 válvulas de paso de aire de marca AIGNET ITALY mediante un manómetro seco y la visualización del burbujeo en las 21 botellas para cada tina para su mejor uso en el proceso.



Figura 21: Regulación de presión de las botellas
Fuente: ASEMCA S.A.

- También se realizó la inspección de las 21 unidades de resistencias de cada tina del sistema de tratamiento térmico y el arranque eléctrico de la bomba de suministro de agua.
- Se retiraron las canaletas CABLOFIL por tubería CONDUIT de 3/4", para mejor ordenamiento de los cables de control y señales débiles.



Figura 22: Cambio de canaletas
Fuente: ASEMCA S.A.

- Se realizó la prueba de continuidad en vacío, determinando que había que cambiar sus conectores debido a que generaban resistividad.
- Se desmontaron los 4 contactores y sus llaves térmicas para su limpieza, logrando una mejor continuidad.
- Se realizó la lectura térmica en las 21 botellas mediante un sensor de clase A, comprobando que 5 sensores térmicos PT100 habían perdido su resolución debido al mal cuidado y al tiempo de trabajo.

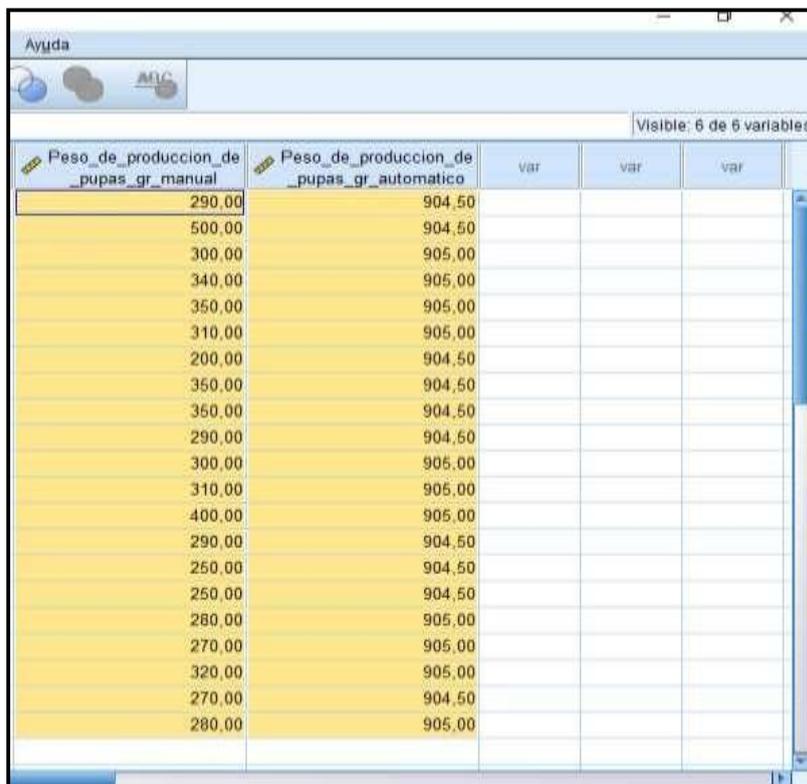


Figura 23: Proceso de calibración de los sensores térmicos PT 100
Fuente: ASEMCA S.A.

3.3 Revisión y consolidación de resultados

Para este punto se utilizó el instrumento de recolección de datos (Ver Anexo 1), la muestra será igual a las 21 botellas de incubación de larvas de mosca.

En la siguiente Figura se muestra el procesamiento y análisis de los datos, en relación con la producción de larvas de mosca, donde se observa el resultado del indicador peso de producción de pupas (gr.), cuando el sistema era operado manual y automáticamente, respectivamente, estos datos fueron analizados con el software estadístico SPSS versión 22.



The screenshot shows a data editor window with the following data:

Peso_de_produccion_de_pupas_gr_manual	Peso_de_produccion_de_pupas_gr_automático	var	var	var
290,00	904,50			
500,00	904,50			
300,00	905,00			
340,00	905,00			
350,00	905,00			
310,00	905,00			
200,00	904,50			
350,00	904,50			
350,00	904,50			
290,00	904,50			
300,00	905,00			
310,00	905,00			
400,00	905,00			
290,00	904,50			
250,00	904,50			
250,00	904,50			
280,00	905,00			
270,00	905,00			
320,00	905,00			
270,00	904,50			
280,00	905,00			

Figura 24: Datos del peso de producción de pupas del modo de operación manual y automático
Fuente: Elaboración propia

En la presente investigación se utilizó como herramienta estadística el promedio (o media aritmética). La media aritmética o promedio, es una medida de la tendencia central de varias observaciones.

El impacto se establece a partir de los cambios encontrados en las mediciones entre el grupo de participantes comparado con el grupo de control.

Se suele calcular el promedio para cada uno de los grupos (manual y automático); la diferencia entre las dos observaciones promedio, será el impacto de la investigación.

En la siguiente tabla se muestra la media (promedio), en relación con los indicadores de peso de producción de pupas (gr.).

Tabla 2

Resumen de procesamiento de casos - Peso de producción de pupas

	Peso_de_produccion_de_pupas _gr_manual	Peso_de_produccion_de_pupas _gr_automatico
Media	309,5238	904,7619
N	21	21
Desviación estándar	61,52042	,25588

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla anterior se muestra la media del peso de producción de pupas (gr.) en el modo de operación manual y automático, donde se observa que la media para cada uno de los casos es 309,5238 y 904,7619, respectivamente; Así también se muestra los valores de la desviación estándar que es la medida de dispersión más común, la cual indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media. Mientras mayor sea la desviación estándar, mayor será la dispersión de los datos.

En la siguiente Figura se muestra el procesamiento y análisis de los datos, en relación con el control de temperatura interna de las botellas °C, en el modo de operación manual y automático, estos datos fueron analizados con el software estadístico SPSS versión 22; cabe señalar que, para determinar el impacto de la precisión de la temperatura interna, se debe analizar las medias del error absoluto de la temperatura deseada (34°C).

	Temperatura_interna_de las_botellas_°C_manual	Error_absoluto_de_la_precision_de_la_temperatura_manual	Temperatura_interna_de las_botellas_°C_automatgico	Error_absoluto_de_la_precision_temperatura_automatgico
1	33,93	,07	34,01	,01
2	33,94	,06	34,01	,01
3	33,80	,20	34,00	,00
4	33,80	,20	34,00	,00
5	33,90	,10	34,00	,00
6	33,88	,12	34,00	,00
7	33,88	,12	34,01	,01
8	33,93	,07	34,00	,00
9	33,89	,11	34,00	,00
10	33,90	,10	34,00	,00
11	33,88	,12	34,00	,00
12	33,93	,07	34,00	,00
13	33,85	,15	34,00	,00
14	33,86	,14	34,01	,01
15	33,90	,10	34,00	,00
16	33,86	,14	34,00	,00
17	33,87	,13	34,00	,00
18	33,86	,14	34,00	,00
19	33,87	,13	34,00	,00
20	33,86	,14	34,10	,01
21	33,86	,14	34,00	,00
22				

Figura 25: Datos de la temperatura interna de las botellas °C
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra el resumen del procesamiento de datos, del error absoluto de la precisión de la Temperatura interna de las botellas (°C), en el modo de operación manual y automático.

Tabla 3

Resumen de procesamiento de casos - Error absoluto de la Precisión de la Temperatura Interna

	Casos					
	Incluido		Excluido		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Error absoluto de la precisión de la temperatura manual	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%
Error absoluto de la precisión temperatura automático	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra la media (promedio), del error absoluto de la precisión de la Temperatura interna de las botellas (°C), en el modo de operación manual y automático.

Tabla 4

Media - Precisión de la Temperatura Interna

	Error absoluto de la precisión de la temperatura manual	Error absoluto de la precisión temperatura automático
Media	,1214	,0024
N	21	21
Desviación estándar	,03759	,00436

Fuente: Elaboración propia

Cómo se observa en la Tabla anterior, la media (promedio) del error absoluto de la temperatura interna de las 21 botellas, en el modo de operación manual es igual a 0,1214 °C; mientras que en el modo de operación automático es igual a 0,024.

Continuando con el análisis en la siguiente Figura se muestra el procesamiento y análisis de los datos, en relación con el control de presión del fluido de las botellas (PSI), en el modo de operación manual y automático, estos datos fueron analizados con el software estadístico SPSS versión 22; cabe señalar que, para

determinar el impacto de la precisión de la presión del fluido, se debe analizar las medias del error absoluto de la presión deseada.

Visible: 10 de 10 variables

Presion_PSI_manual	Error_absoluto_de_la_precision_de_la_presion	Presion_PSI_automatico	Error_absoluto_de_la_precision_de_la_presion_automatico
5,45	-2,45	3,01	-.01
5,39	-2,39	3,00	.00
5,38	-2,38	3,00	.00
5,44	-2,44	3,00	.00
5,37	-2,37	3,00	.00
5,45	-2,45	3,00	.00
5,56	-2,56	3,00	.00
5,50	-2,50	3,00	.00
5,49	-2,49	3,00	.00
5,45	-2,45	3,00	.00
5,39	-2,39	3,00	.00
5,53	-2,53	3,00	.00
5,44	-2,44	3,00	.00
5,58	-2,58	3,01	-.01
5,45	-2,45	3,00	.00
5,30	-2,30	3,00	.00
5,43	-2,43	3,00	.00
5,45	-2,45	3,00	.00
5,40	-2,40	3,00	.00
5,45	-2,45	3,01	-.01
5,45	-2,45	3,00	.00

Figura 26: Datos de la presión del fluido de las botellas (PSI)
Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra el resumen del procesamiento de datos, del error absoluto de la precisión de la presión del fluido de las botellas (PSI), en el modo de operación manual y automático.

Tabla 5
Resumen de procesamiento de casos - Error absoluto de la Precisión de la presión del fluido

	Casos					
	Incluido		Excluido		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Error_absoluto_de_la_precision_de_la_presion	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%
Error_absoluto_de_la_precision_de_la_presion_automatico	21	100,0%	0	0,0%	21	100,0%

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra la media (promedio), del error absoluto de la precisión de la presión del fluido de las botellas (PSI), en el modo de operación manual y automático.

Tabla 6
Media - Precisión de la presión del fluido

	Error_absoluto_de_la_precision_de_la_presion	Error_absoluto_de_la_precision_de_la_presion_automatiko
Media	-2,4452	-,0014
N	21	21
Desviación estándar	,06447	,00359

Fuente: Elaboración propia

Cómo se observa en la Tabla anterior, la media (promedio) del error absoluto de la presión del fluido de las 21 botellas, en el modo de operación manual es igual a -2,4452; mientras que en el modo de operación automático es igual a -0,0014.

Como se detalló líneas arriba el impacto se calculará, por medio de las diferencias de las observaciones promedio

Entonces para determinar el impacto del modo de operación de la tina de incubación en la producción de las larvas de moscas, en la empresa ASEMCA S.A. se utilizará la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de impacto} = \frac{\text{Media SA} - \text{Media SM}}{\text{Media SM}} \times 100 \quad \dots (1)$$

Donde:

% de impacto= Porcentaje de impacto

Media SA= Promedio del peso de producción de pupas en el sistema automático

Media SM= Promedio del peso de producción de pupas en el sistema manual

Como se observa en la Tabla 1 la muestra (N) es igual 21, el cual representa al 100%, asimismo la media del control de operación manual en relación con el peso de producción de pupas es igual a 309,5238 gr., mientras que el peso de producción de pupas cuando el control de operación es automático es igual a 904,7619 gr.

Teniendo esos resultados, se reemplazará los valores en la ecuación 1.

$$\% \textit{ de impacto} = \frac{904,7619 - 309,5238}{309,5238} \times 100$$

$$\% \textit{ de impacto} = 192.30 \%$$

El porcentaje de impacto es de 192.30%, esto quiere decir que la producción de larvas de moscas aumenta en promedio en 595.2381gr., en relación con el modo de operación automático de la tina de incubación.

Es importante resaltar que la automatización de diferentes pruebas o técnicas puede producir un aumento de la precisión. Esto se debe a que, con dicha automatización, lo que se logra es una disminución de los errores manuales o su corrección inmediata.

Asimismo, para poder calcular el impacto del modo de operación de la tina de incubación en la precisión de la temperatura interna de las botellas (°C), se utiliza la ecuación 1.

Como se observa en la Tabla 3, la media del error absoluto de la precisión de la temperatura interna de las botellas cuando estas eran operadas manualmente es 0,1214, mientras que la media del error absoluto de la precisión de la temperatura interna de las botellas cuando estas son operadas automáticamente es de 0,0024.

$$\% \text{ de impacto} = \frac{0,0024 - 0,1214}{0,1214} \times 100$$

$$\% \text{ de impacto} = -98.02 \%$$

Con el resultado obtenido se concluye que con el modo de operación automático el porcentaje de error de la temperatura deseada ha disminuido en un 98.02%, alcanzando así la precisión de este indicador.

Seguidamente, se calcula el impacto del modo de operación de la tina de incubación en la precisión de la presión del fluido de las botellas (PSI), para lo cual utilizaremos la ecuación 1.

Como se observa en la Tabla 5, la media del error absoluto de la precisión de la presión del fluido de las botellas cuando estas eran operadas manualmente es -2,4452, mientras que la media del error absoluto de la precisión de la presión del fluido de las botellas cuando estas son operadas automáticamente es de -0,0014.

$$\% \text{ de impacto} = \frac{-0,0014 - (-2,4452)}{-2,4452} \times 100$$

$$\% \text{ de impacto} = -99.94 \%$$

Con el resultado obtenido se concluye que con el modo de operación automático el porcentaje de error de la presión deseada ha disminuido en un 99.94%, alcanzando así la precisión de este indicador.

Finalmente se realiza la contrastación de la hipótesis; para lo cual se define 6 pasos a seguir, estos son:

- 1) Declarar las Hipótesis
- 2) Establecer el nivel de significancia
- 3) Establecer el valor de la prueba
- 4) Comparar p y α
- 5) Tomar la decisión (Rechazo $H_0 \rightarrow P \text{ valor} < \alpha$)
- 6) Realizar la conclusión

Establecidos esos pasos, se iniciará declarando las hipótesis nulas y alternas de la investigación.

1) Declarar las Hipótesis

- H_{01} : El automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas no se relaciona significativamente con las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. - 2019.

- H_{A1} : El automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas se relaciona significativamente con las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. – 2019.

2) Establecer el nivel de significancia

El nivel de significancia suele establecerse en un 5% (0,05). Entonces: $\alpha = 0.05$ (5%)

3) Establecer el valor de la prueba

La prueba a realizar será el coeficiente de correlación de Spearman; debido a que no existe una distribución normal de los datos.

4) Comparar p y α

En la siguiente tabla se muestra los resultados del coeficiente de correlación de Spearman y la significancia de las variables.

Tabla 7
Correlación de Spearman

		Automatización	
Rho de Spearman	Temperatura_interna_de_las_botellas_°C	Coeficiente de correlación	,756
		Sig. (bilateral)	,000
		N	21
	Presion_PSI	Coeficiente de correlación	,756
		Sig. (bilateral)	,000
		N	21

Fuente: SPSS

Según como se observa en la tabla anterior la significancia para todos los casos es de 0,000, por lo que se obtiene lo siguiente:

- **Hipótesis General** = P valor (0,000) < 0,05

5) Tomar la decisión (Rechazo $H_0 \rightarrow P \text{ valor} < \alpha$)

- **Hipótesis General**

P valor (0,000) < 0,05; Se rechaza la Hipótesis Nula

- H_{01} : El automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas no se relaciona significativamente con las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. - 2019.
- H_{A1} : El automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas se relaciona significativamente con las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. - 2019. (Se Acepta)

6) Realizar la conclusión

Para realizar la conclusión se debe tener en cuenta el siguiente criterio, el cual nos indica cómo interpretar el Coeficiente de Correlación de Spearman.

[0 a 0.2] = Muy baja o muy débil

<0.2 a 0.4] = Baja o débil

<0.4 a 0.6] = Moderada

<0.6 a 0.8] = Alta o Fuerte

<0.8 a 1] = Muy alta o muy fuerte

- **Hipótesis General**

Coeficiente de Correlación de Spearman = (0,756)

- Existe una relación significativa alta y positiva entre el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas y las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. – 2019.
- La correcta determinación de los sensores y actuadores a utilizar en el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas generará un óptimo control de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. – 2019.
- El correcto diseño de la programación de la tina de incubación de larvas de moscas generará un óptimo control de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. – 2019.

De igual manera se realiza el mismo procedimiento para las hipótesis específicas; cabe señalar que esta prueba se realizó de manera cualitativa.

1) Hipótesis Específica 1

- H_{01} : La correcta determinación de los sensores y actuadores a utilizar en el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas no se relaciona con el óptimo control de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. – 2019.
- H_{A1} : La correcta determinación de los sensores y actuadores a utilizar en el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas se relaciona

con el óptimo control de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. – 2019.

Hipótesis Específica 2

- H_0 : El correcto diseño de la programación de la tina de incubación de larvas de moscas no se relaciona con el óptimo control de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. – 2019.
- H_{A1} : El correcto diseño de la programación de la tina de incubación de larvas de moscas se relaciona con el óptimo control de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. – 2019.

2) Establecer el nivel de significancia

El nivel de significancia suele establecerse en un 5% (0,05). Entonces: $\alpha = 0.05$ (5%)

3) Establecer el valor de la prueba

La prueba a realizar será el coeficiente de correlación de Spearman; debido a que no existe una distribución normal de los datos.

4) Comparar p y α

En la siguiente tabla se muestra los resultados del coeficiente de correlación de Spearman y la significancia de las variables.

Tabla 8
Correlación de Spearman - Hipótesis específica

Correlaciones						
		Temperatura_interna_de las_botellas_°C	Presion PSI	Sensores_y _actuadores	Programación	
Temperatura_interna_de_ las_botellas_ °C	Coeficiente de correlación	1,000	,756	,824	,773	
	Sig. (bilateral)	.	,000	,000	,000	
	N	21	21	21	21	
Presion_PSI	Coeficiente de correlación	,756	1,000	,791	,748 ⁺	
	Sig. (bilateral)	,000	.	,000	,000	
	N	21	21	21	21	
Sensores_y_ actuadores	Coeficiente de correlación	,824	,791	1,000	,850	
	Sig. (bilateral)	,000	,000	.	,000	
	N	21	21	21	21	
Programacion	Coeficiente de correlación	,773	,748	,850	1,000	
	Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	.	
	N	21	21	21	21	

Fuente: SPSS

Según como se observa en la tabla anterior la significancia para todos los casos es de 0,000, por lo que se obtiene lo siguiente:

- **Hipótesis Específicas** = P valor (0,000) < 0,05

5) Tomar la decisión (Rechazo $H_0 \rightarrow P \text{ valor} < \alpha$)

Hipótesis Específica 1

P valor (0,000) < 0,05; Se rechaza la Hipótesis Nula

- H_{01} : La correcta determinación de los sensores y actuadores a utilizar en el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas no se

relaciona con el óptimo control de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. – 2019.

- H_{A1} : La correcta determinación de los sensores y actuadores a utilizar en el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas se relaciona con el óptimo control de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. – 2019. (Se acepta)

Hipótesis Específica 2

P valor (0,000) < 0,05; Se rechaza la Hipótesis Nula

- H_0 : El correcto diseño de la programación de la tina de incubación de larvas de moscas no se relaciona con el óptimo control de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. – 2019.
- H_{A1} : El correcto diseño de la programación de la tina de incubación de larvas de moscas se relaciona con el óptimo control de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. – 2019. (Se acepta)

6) Realizar la conclusión

Para realizar la conclusión se debe tener el siguiente criterio, el cual nos indica cómo interpretar el Coeficiente de Correlación de Spearman.

[0 a 0.2] = Muy baja o muy débil

<0.2 a 0.4] = Baja o débil

<0.4 a 0.6] = Moderada

<0.6 a 0.8] = Alta o Fuerte

<0.8 a 1] = Muy alta o muy fuerte

- **Hipótesis Específica 1**

Coeficiente de Correlación de Spearman = (0,824; 0,791) → Promedio= 0,8075

- Existe una relación significativa alta y positiva entre la correcta determinación de los sensores y actuadores a utilizar en el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, y la generación del óptimo control de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. – 2019

- **Hipótesis Específica 2**

Coeficiente de Correlación de Spearman = (0,773; 0,748) → Promedio= 0,7605

- Existe una relación significativa alta y positiva entre el correcto diseño de la programación de la tina de incubación de larvas de moscas, y la generación del óptimo control de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. – 2019.

CONCLUSIONES

- Se concluye que el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, permite el control óptimo de las condiciones de producción, ya que por medio del control automático se obtuvo un impacto positivo en la producción de un 192.30%, es decir que la producción de larvas de moscas aumento en un promedio de 595.2381gr., en la empresa ASEMCA S.A – 2019.
- Se concluye que se logró determinar los sensores y actuadores a utilizar en el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, en la empresa ASEMCA S.A. – 2019, por medio del análisis del proceso, entre ellos los sensores ya actuadores se tienen los siguientes: bomba de agua, sensor de temperatura pt100, válvula reguladora de presión AIR COMP, conversor de corriente PC13, transmisor de presión MBS 3000.
- Se concluye que se desarrolló la programación del automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, en la empresa ASEMCA S.A. – 2019, mediante el controlador BTC - 9100, el cual se conecta en sus entradas 7 y 8 a una fuente de alimentación de 220V; el controlador está conectado a los sensores de temperatura pt100, mediante el protocolo RS485; asimismo por medio del medio del automatismo el error de la presión deseada ha disminuido en un 99.94%, y el error de la temperatura deseada ha disminuido en un 98.02%.

RECOMENDACIONES

- En relación con el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, se recomienda, programar mantenimientos preventivos a los transmisores de la marca MBS 3000 0 - 40 Bar – Danfoss, con la finalidad de mantener una correcta comunicación en el sistema.
- En relación con los sensores y actuadores a utilizar en el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, se recomienda, cambiar en el mantenimiento los sensores de temperatura PT100 de clase C, a sensores PT100 de clase A, con la finalidad de optimizar aún más el sistema.
- En relación con la programación del sistema automático de la tina de incubación de larvas de moscas, se recomienda, reemplazar los reguladores de presión de la marca AIR COMP, por los de la marca AIGNEP.

BIBLIOGRAFÍA

- Aux, J. y Benavides, L. (2015). *Control automatizado de un sistema de riego y fertirriego*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Nariño. Recuperado de <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90779.pdf>
- Boltón, W. (2006). *Programmable Logic Controllers*. USA: Editorial Elsevier Newnes. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=sDqnBQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Programmable+Logic+Controllers&hl=es&sa=X&ved=0ahUK EwjUm_mJ-JfcAhXPs1kKHc6-BC4Q6AEILjAB#v=onepage&q=Programmable%20Logic%20Controllers&f=false
- Camacho, D., Aguas, R. y Buelvas, B. (2014). *Automatización de compresores para el control y monitoreo de presión en tanques de almacenamiento de amoníaco*. (Tesis de Pregrado). Universidad Tecnológica de Bolívar. Recuperado de <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0067121.pdf>
- Carrillo, A. (2011). *Sistemas Automáticos de Control*. Venezuela: Unermb. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=GyWr6cT8SEsC&printsec=frontcover&dq=Sistemas+Autom%C3%A1ticos+de+Control&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiXgeGEZfcAhVQrlkKHS_UAm8Q6AEILjAB#v=onepage&q=Sistemas%20Autom%C3%A1ticos%20de%20Control&f=false
- Castellanos, A. y Castillo, E. (2017). *Diseño e implementación de un sistema automatizado para control de temperatura y tiempo en tostadoras convencionales de café*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/12683/1/1110556592.pdf>
- Giancoli, D. (2007). *Física. principios con sus aplicaciones*. México: Pearson. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=-CVBPgAACAAJ&dq=F>

[%C3%ADsica.+principios+con+sus+aplicaciones&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj1uXY-ZfcAhUGnlkKHZmLApkQ6AEIKzAB](#)

Hewit, P. (2007). *Física Conceptual*. México: Pearson. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=GrlvmQEACAAJ&dq=F%C3%ADsica+Conceptual&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjUIPCK-pfcAhUIvlkKHWnuBuMQ6AEIMDAB>

James, H. (2007). *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*. Barcelona, Madrid: Reverte. Recuperado de https://books.google.com.pe/books?id=DROIYRS_VWoC&printsec=frontcover&dq=Introducci%C3%B3n+a+los+conceptos+y+teor%C3%ADas+de+las+ciencias+f%C3%ADsicas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiBxoqm-pfcAhVow1kKHendAawQ6AEIJzAA#v=onepage&q=Introducci%C3%B3n%20a%20los%20conceptos%20y%20teor%C3%ADas%20de%20las%20ciencias%20f%C3%ADsicas&f=false

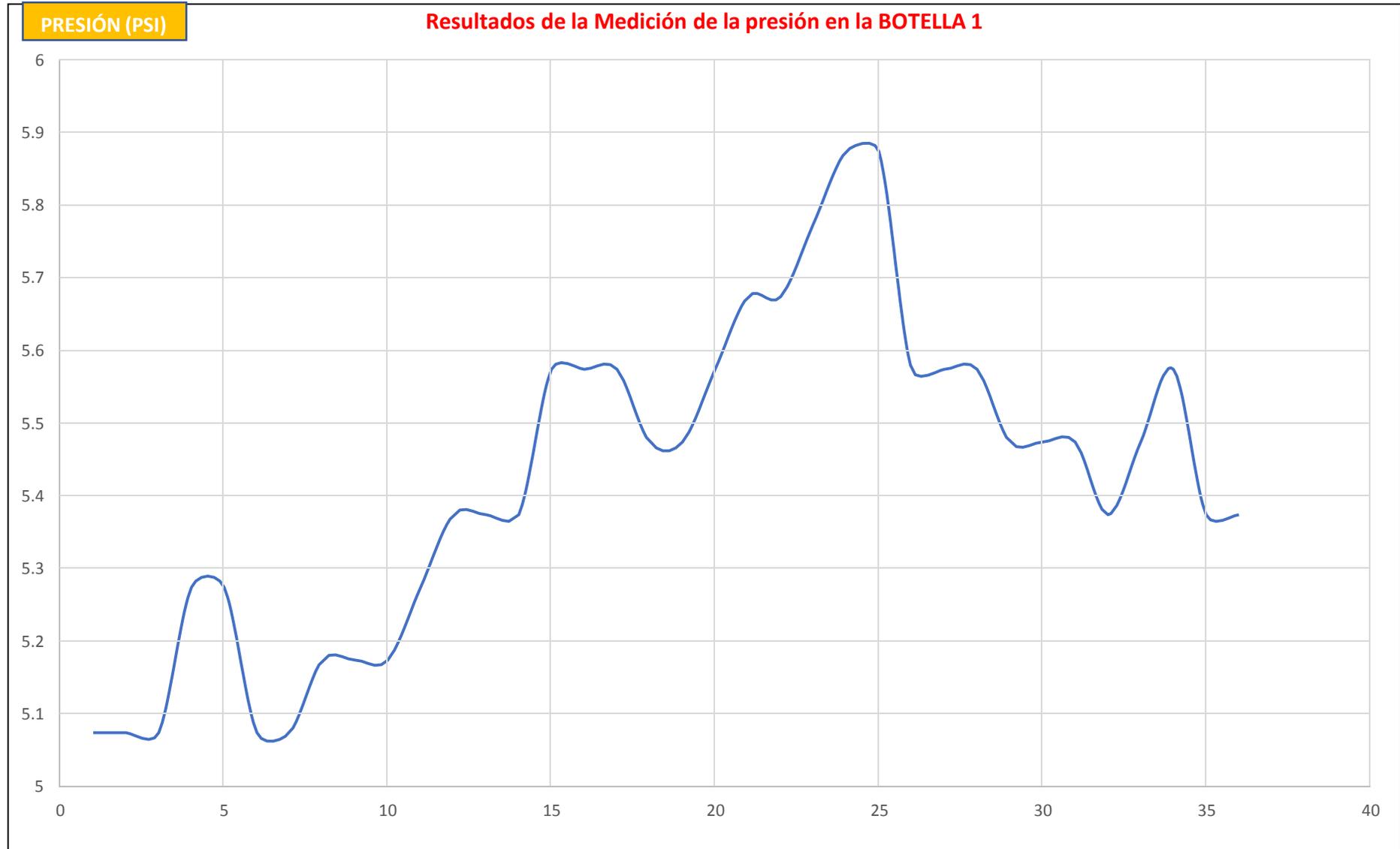
Moreno, C. (2014). *Sistema automatizado para el control de la temperatura en equipos para los procesos de conchado y atemperado en la producción artesanal del chocolate, usando Logo*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Abierta. Recuperado de http://biblo.una.edu.ve/docu.7/bases/marc/text_o/t38837.pdf

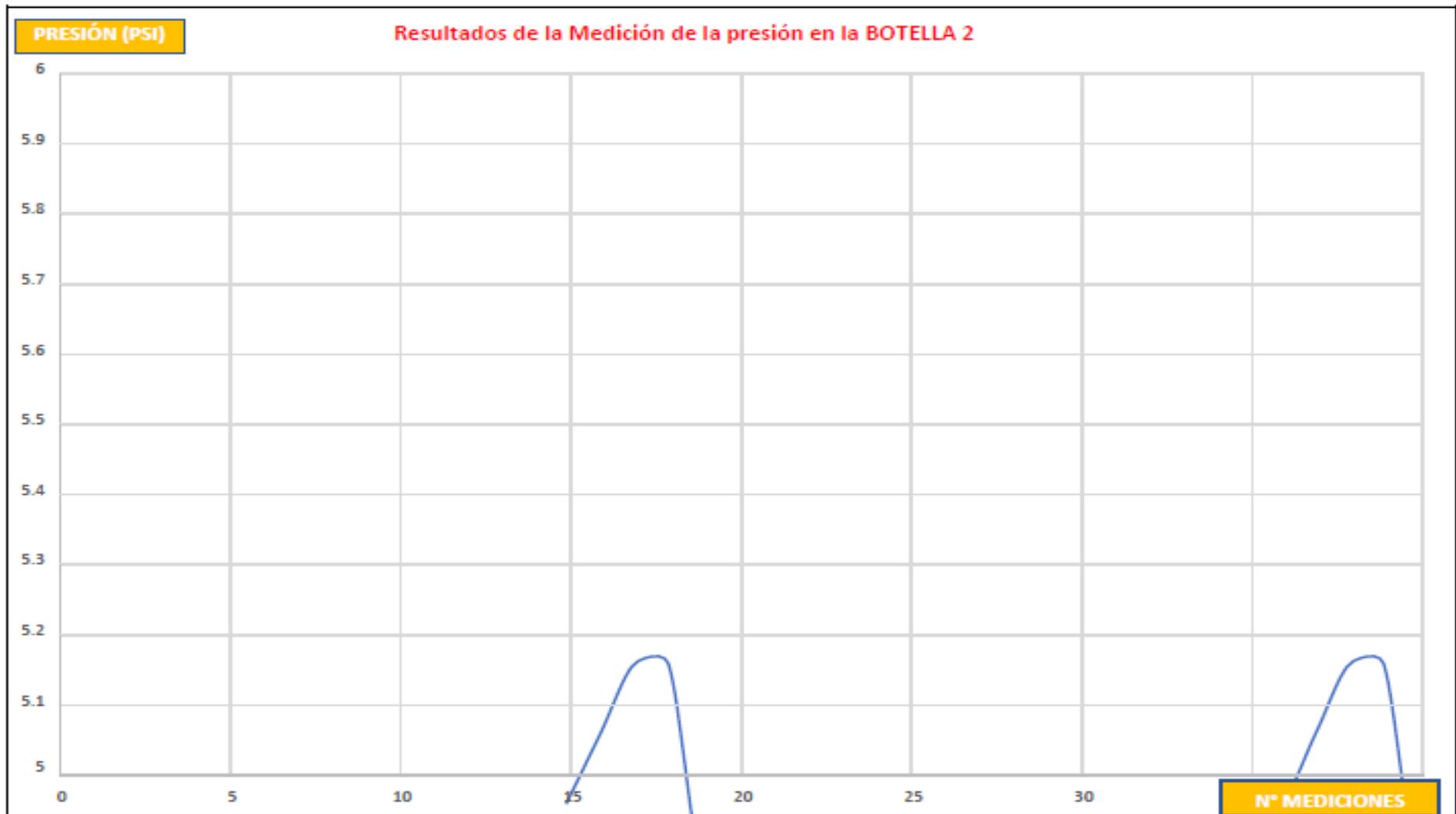
Rodríguez, J. (2006). *Desarrollo de un sistema de control avanzado de presión del vapor en una caldera de tubos de fuego*. (Tesis de Pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/84/RODRIGUEZJOSESISTEMACONTROLVAPORCALDERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

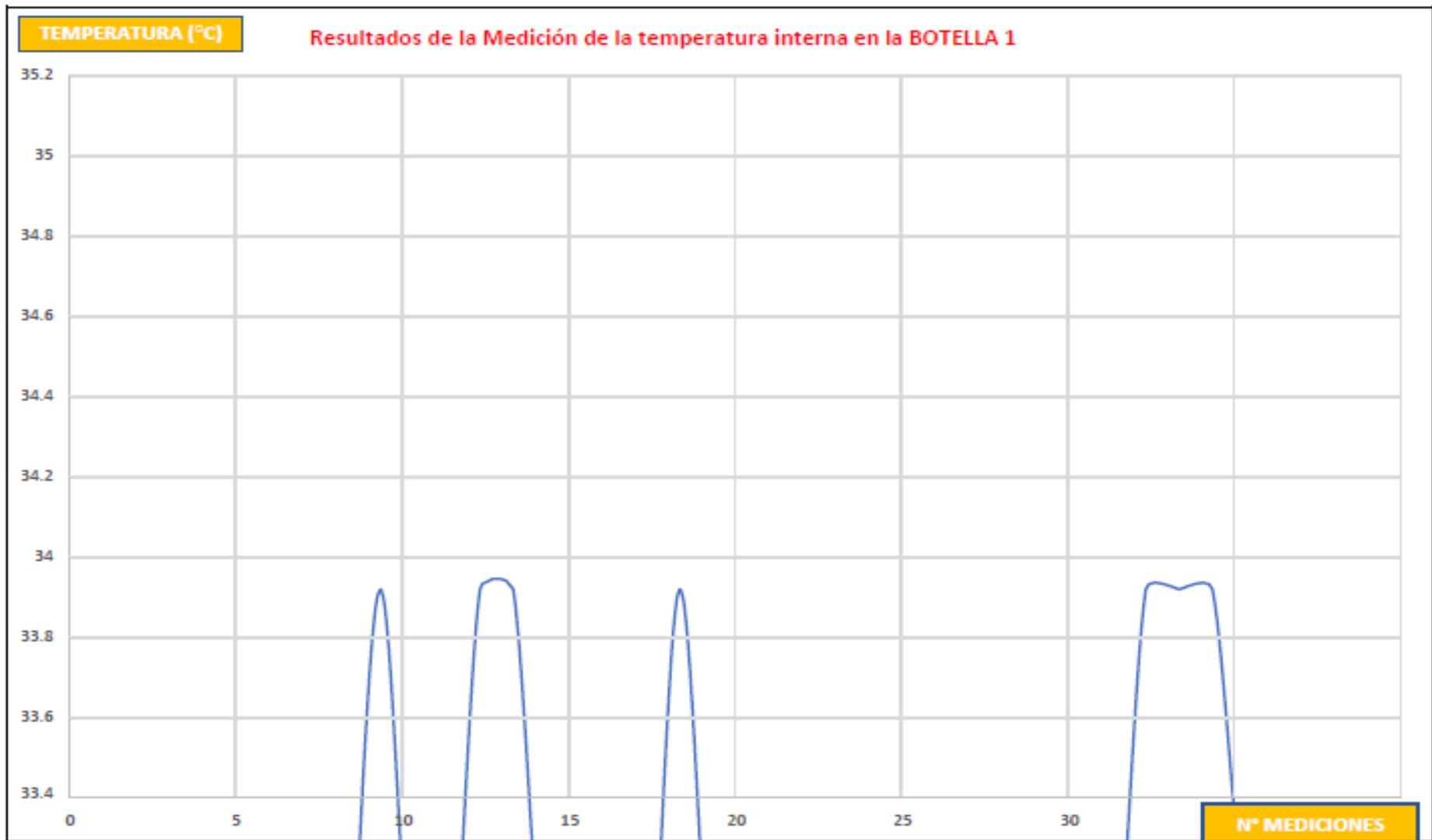
Toapaxi, H. (2015). *Implementación del sistema de control de temperatura, humedad y presión para semillas germinadas de palma africana*. (Tesis de Pregrado). Instituto Politécnica Nacional. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10773/1/CD-6314.pdf>

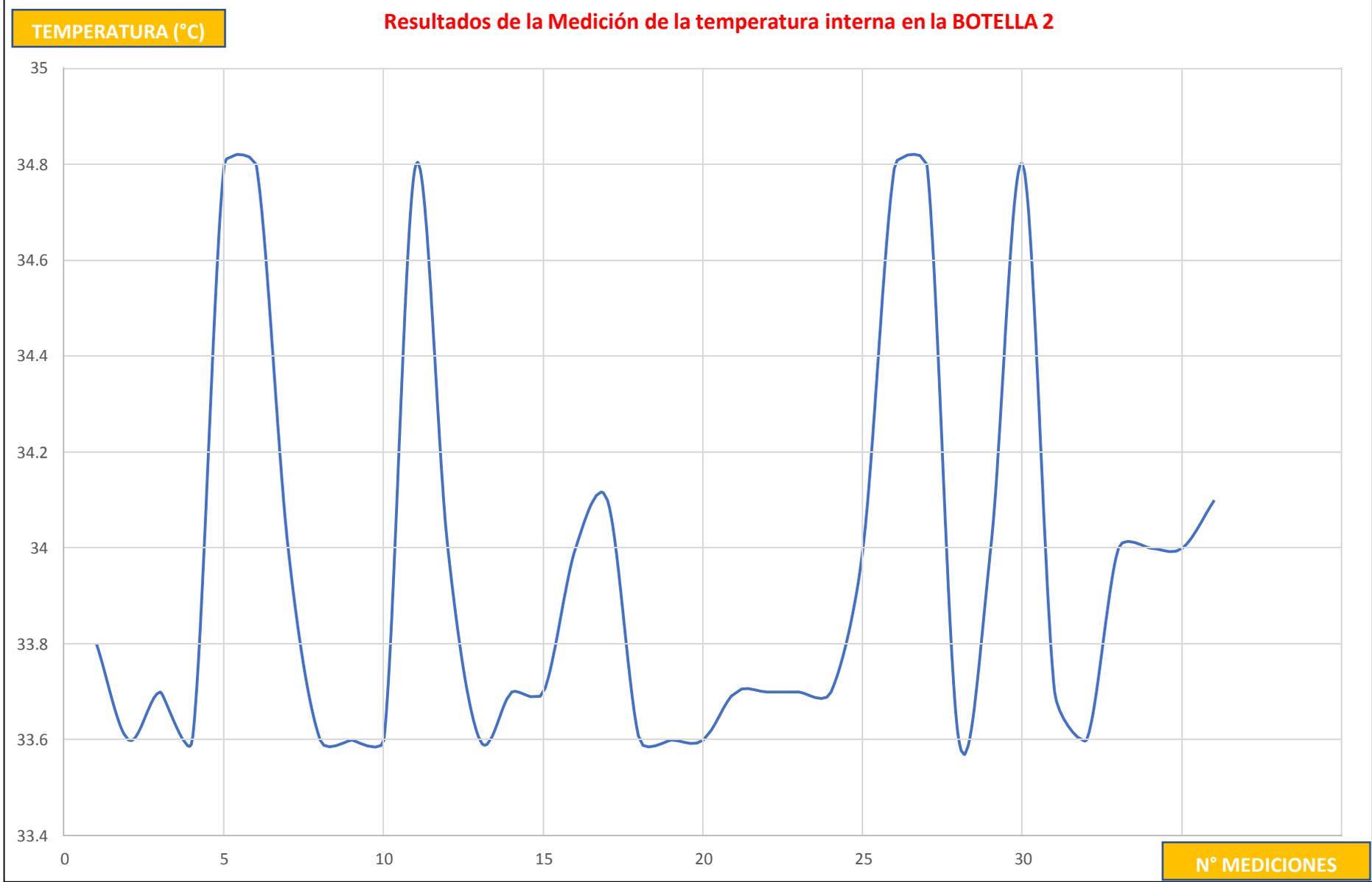
ANEXOS

Anexo 02 – Instrumento de Medición – Modo de operación manual

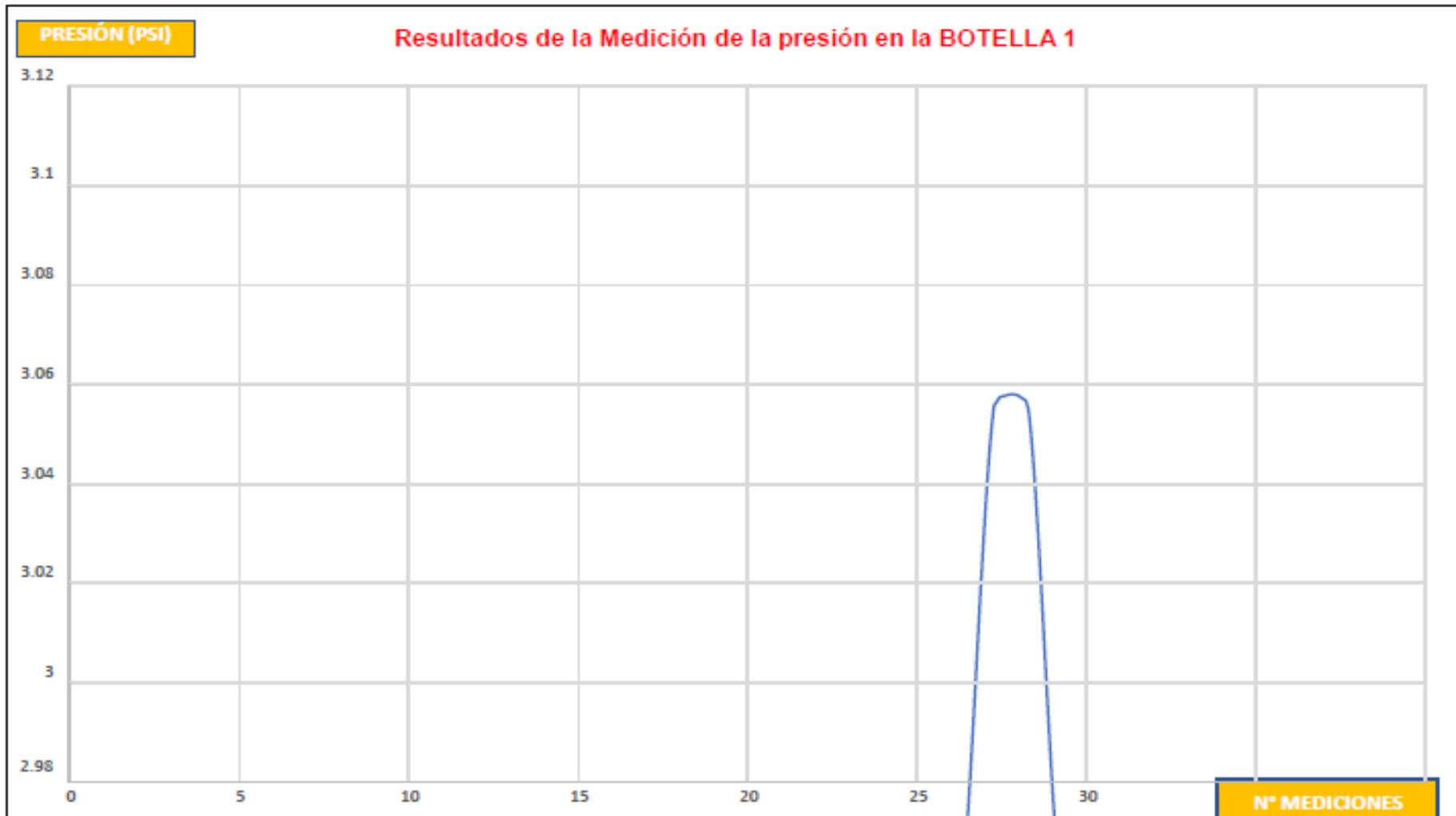






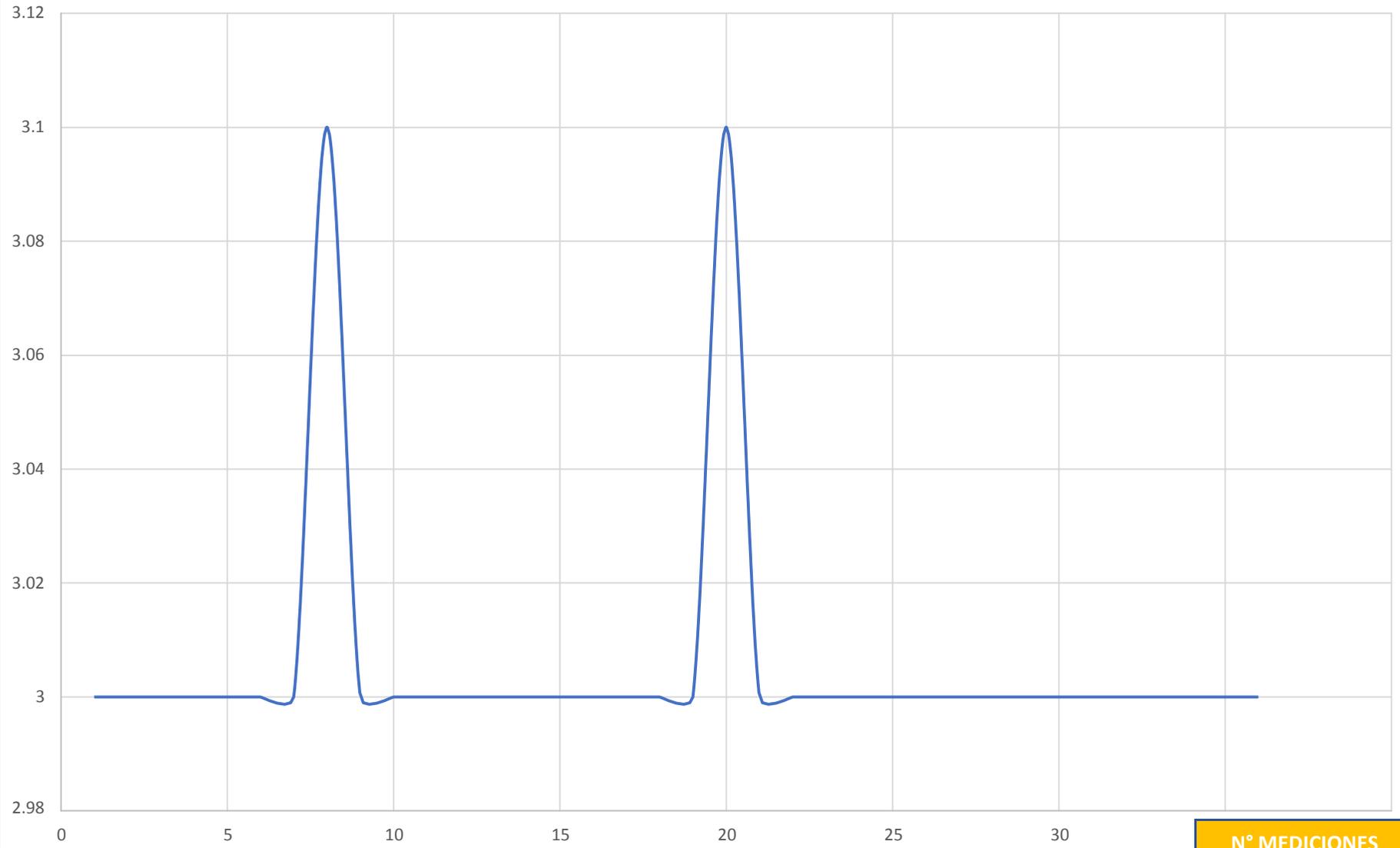


Anexo 03 – Instrumento de Medición – Modo de operación automático



PRESIÓN (PSI)

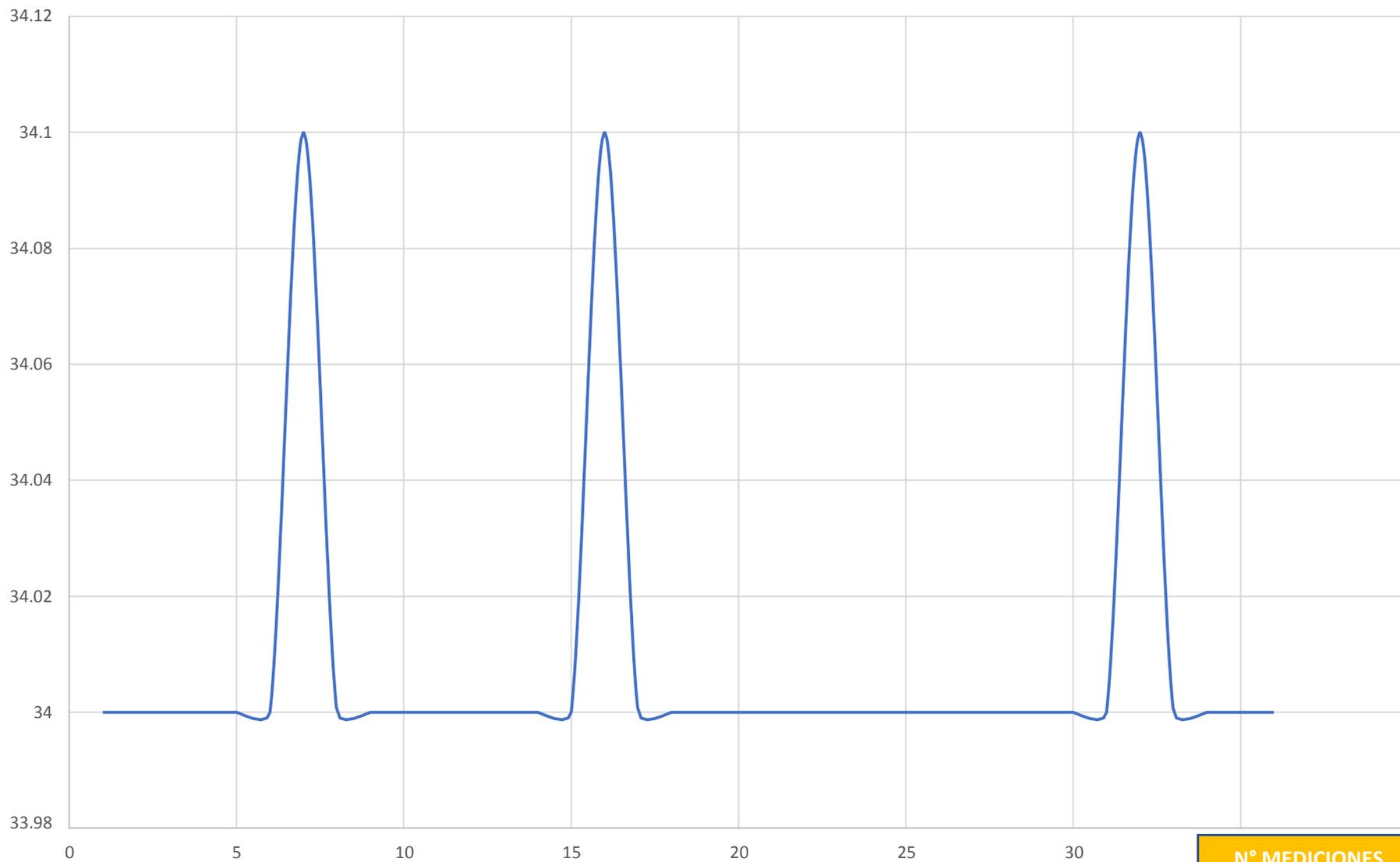
Resultados de la Medición de la presión en la BOTELLA 2



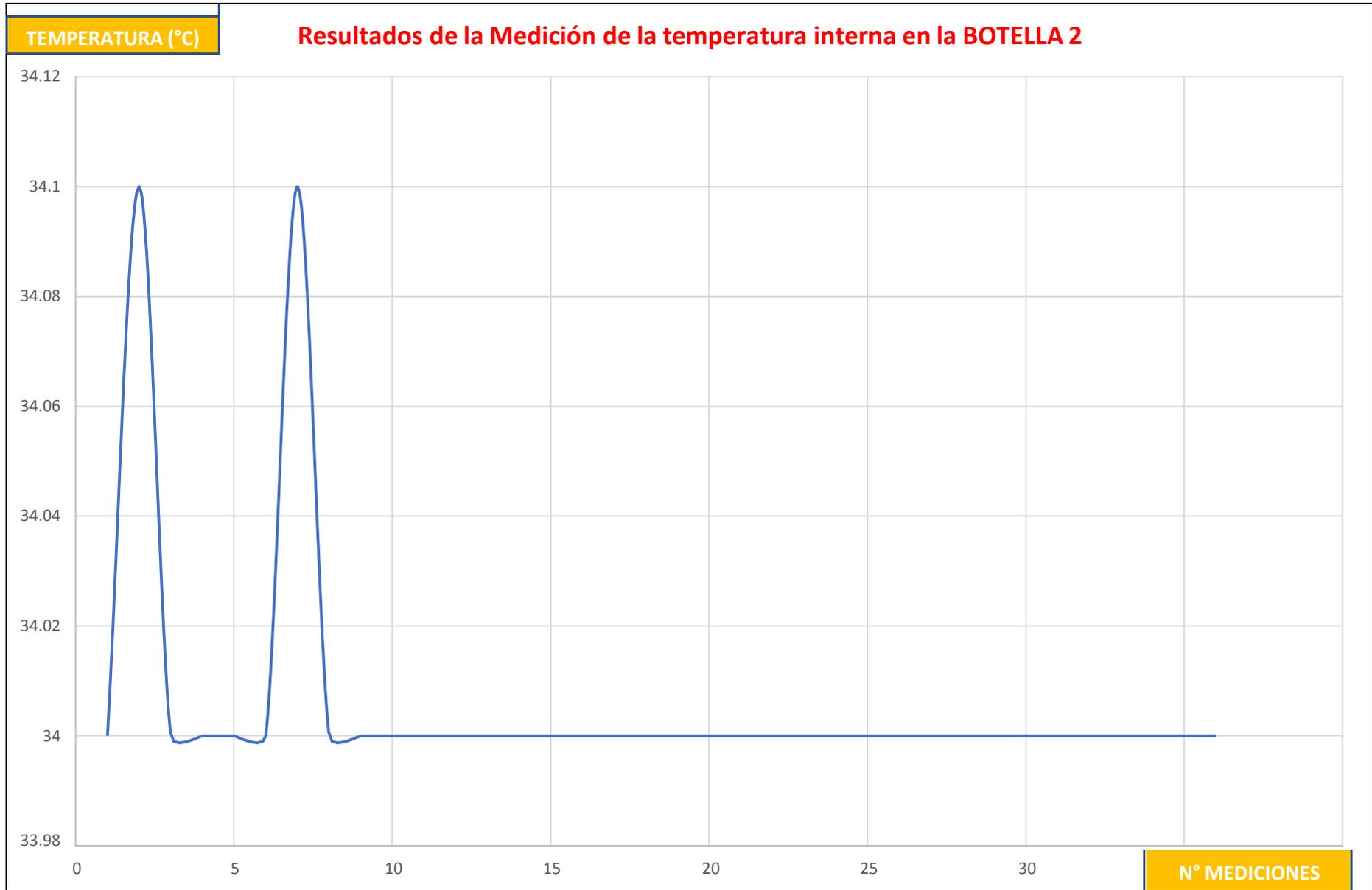
N° MEDICIONES

TEMPERATURA (°C)

Resultados de la Medición de la temperatura interna en la BOTELLA 1



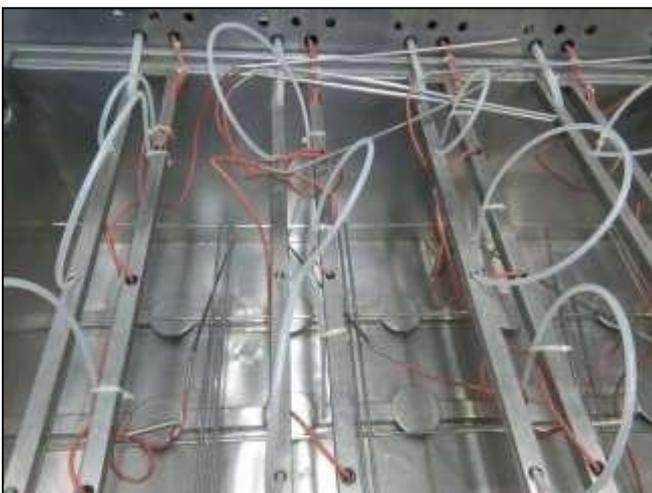
Nº MEDICIONES



Anexo 04 – Fotos de la implementación del sistema automático



Tina de incubación de larvas, se puede apreciar la bomba que administra el agua y las resistencias que calientan el agua hasta los 35°C.



Aquí se puede apreciar las mangueras (color blanco) que suministran aire a las botellas y las de color naranja son los sensores de temperatura pt 100.



Mangueras neumáticas (color azul y celeste)
Válvula de paso (color negro)
Válvula de paso (color plata)
Transmisores color (negro y naranja).



Tablero de mando de la tina de incubación



Contadores registrando la presión ideal (3 psi) de las 21 botellas



Pantalla HMI registrando las temperaturas internas de las 21 botellas



Válvula reguladora de presión AIR COMP



Convertor de corriente de presión PC13



Transmisor de presión MBS 3000



Controlador de procesos para presión y control BRAINCHILD BTC - 9100



Regulador de flujo



Sensor de temperatura pt 100



Anexo 05 – Matriz de consistencia

Título de la Investigación: “AUTOMATIZACIÓN DE LA TINA DE INCUBACIÓN DE LARVAS DE MOSCAS, PARA EL ÓPTIMO CONTROL DE LAS CONDICIONES DE PRODUCCIÓN, EN LA EMPRESA ASEMCA S.A - 2019”

Autor: ANTHONY ALBERTO VILLEGAS CRISANTO

Título	Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Metodología	Población y muestra	Variabes	Técnicas de recolección
<p>“AUTOMATIZACIÓN DE LA TINA DE INCUBACIÓN DE LARVAS DE MOSCAS, PARA EL ÓPTIMO CONTROL DE LAS CONDICIONES DE PRODUCCIÓN, EN LA EMPRESA ASEMCA S.A - 2019”</p>	<p>Problema General: ¿De qué manera el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas permitirá el control óptimo de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. - 2019?</p>	<p>Objetivo General: Determinar de qué manera el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, permitirá el control óptimo de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A - 2019.</p>	<p>Hipótesis General: El automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas tiene un impacto altamente significativo sobre el control óptimo de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. - 2019.</p>	<p>Tipo de Investigación: El tipo de investigación será Aplicada.</p> <p>Nivel de Investigación: El nivel de investigación será Explicativo.</p> <p>Diseño de Investigación: El diseño de investigación será Experimental</p>	<p>Población En la presente investigación la población la constituyen las 21 botellas de incubación de larvas de mosca y la tina de incubación de estas.</p> <p>Muestra La muestra será igual a las 21 botellas de incubación de larvas de mosca y la tina de incubación de estas.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Automatización</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sensores y actuadores • Programación del automatismo 	<ul style="list-style-type: none"> • Observación • Reportes Técnicos
	<p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son los sensores y actuadores por utilizar en el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, en la empresa ASEMCA S.A.- 2019? • ¿Cuál es la programación del automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, en la empresa ASEMCA S.A. - 2019? 	<p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar los sensores y actuadores a utilizar en el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, en la empresa ASEMCA S.A. - 2019. • Desarrollar la programación del automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas, en la empresa ASEMCA S.A. - 2019. 	<p>Hipótesis Específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La correcta determinación de los sensores y actuadores a utilizar en el automatismo de la tina de incubación de larvas de moscas generará un óptimo control de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. - 2019. • El correcto diseño de la programación de la tina de incubación de larvas de moscas generará un óptimo control de las condiciones de producción, en la empresa ASEMCA S.A. - 2019. 			<p>Variable Dependiente</p> <p>Condiciones de producción de larvas de moscas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presión del aire • Temperatura interna de las botellas de incubación 	