



Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

**Dilber Octavio Peralta Suárez
Brayan Fabian Vargas Bermúdez**

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Bogotá D.C, Colombia
2020

Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

Dilber Octavio Peralta Suárez
Ingeniero en Control y Automatización Industrial

Brayan Fabian Vargas Bermúdez
Ingeniero en Control y Automatización Industrial

Director:
Ingeniero José Germán Gutiérrez Rozo

Línea de Ingeniería en Control y Automatización Industrial

Universidad Antonio Nariño
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica
Bogotá D.C, Colombia

2020

La preocupación por el hombre y su destino siempre debe ser el interés primordial de todo esfuerzo técnico. Nunca olvides esto entre tus diagramas y ecuaciones.

Albert Einstein

Agradecimientos

Agradecemos a nuestras familias por el apoyo incondicional, confianza absoluta, por ayudarnos a mantenernos firmes y no decaer durante este gran esfuerzo que comprendió el transcurso de la carrera.

Reconocemos la participación de todos los educadores de la universidad Antonio Nariño por el tiempo y asesoría dedicada a nosotros como estudiantes.

Resumen

Los primeros invernaderos industriales se dieron a conocer a mediados del siglo XVI en Holanda para poder conservar cultivos de uvas, donde la calefacción generada y la cantidad necesaria de luz solar hacían que las plantas crecieran rápidamente. Por esta razón la agricultura que siempre se ha visto desarrollada por cultivos en tierra y mano de obra humana, ha venido desarrollando una transformación progresiva donde ahora con la ayuda de la ciencia, se ejecutan muchos más procesos en tecnología e innovación para introducirlas a la agricultura, con el único fin de obtener productos de mejor calidad a menores costos y reducción de espacios.

Por otra parte, la actual revolución tecnológica implica la digitalización de los procesos y sistemas industriales con la integración de diferentes disciplinas como el control automático, consumo eficiente de la energía, comunicación e instrumentación industrial que buscan optimar recursos, ahorro de tiempo y personalización de servicios.

Con esto, la transformación digital trae cambios relevantes y característicos en cada uno de los sectores donde ha sido aplicada, donde la agricultura y la tecnología dan cabida a lo que se denomina como la agrotecnología que es toda la innovación tecnológica implementada en la agricultura. Y tiene gran implicación en los últimos tiempos debido a la integración de todas las tecnologías que se han desarrollado para ejecutarlas en todas las prácticas agrícolas. Por esto la agricultura no está exenta al efecto de la revolución tecnológica donde cada vez más, los nuevos estudios permiten darle un giro total a este sector primario de cada país y generar un impacto positivo en la sociedad y economía.

Gracias a los avances tecnológicos, la tecnología en la agricultura seguirá en constante crecimiento con la utilización de diferentes tipos de automatización, control de variables, herramienta especializada, entre otros, que lograrán que la agricultura genere una interacción sana con medio ambiente y consiguiendo mejores resultados de productividad y sostenibilidad agrícola.

Palabras clave: (Control, supervisión, automatización, comunicación remota, invernadero)

Abstract

The first industrial greenhouses were unveiled in the mid-16th century in the Netherlands in order to preserve grape crops, where the heating generated, and the necessary amount of sunlight made the plants grow rapidly. For this reason agriculture, which has always been developed by land crops and human labor, has been developing a progressive transformation where now, with the help of science, many more processes in technology and innovation are carried out to introduce them to agriculture. with the sole purpose of obtaining better quality products at lower costs and reduced space.

On the other hand, the current technological revolution involves the digitization of industrial processes and systems with the integration of different disciplines such as automatic control, efficient consumption of energy, communication and industrial instrumentation with the sole purpose of optimizing resources, saving time and service customization.

With this, the digital transformation brings relevant and characteristic changes in each of the sectors where it has been applied, where agriculture and technology accommodate what is called agrotechnology, which is all the technological innovation implemented in agriculture. And it has great involvement in recent times due to the integration of all the technologies that have been developed to execute them in all agricultural practices. For this reason, agriculture is not exempt from the effect of the technological revolution, where more and more new studies allow a total turn to be made to this primary sector in each country and generate a positive impact on society and the economy.

Thanks to technological advances, technology in agriculture will continue to grow with the use of different types of automation, variable control, specialized tool, among others, that will make agriculture generate a healthy interaction with the environment and achieve better results. of agricultural productivity and sustainability.

Keywords: (Control, supervision, automation, remote communication, greenhouse)

Contenido

Introducción	1
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
Planteamiento del problema	4
Justificación	6
Alcance	7
1. Metodología	8
1.1 Elaboración del prototipo del invernadero	9
1.2 Control On-Off para la humedad del suelo	9
1.3 Control PID de temperatura interna	9
1.4 Comunicación con ThingSpeak	10
1.5 Base de datos	10
2. Marco teórico	11
2.1 Invernaderos	11
2.1.1 Materiales para su construcción	12
2.1.2 Materiales para su protección	12
2.1.3 Tipos de invernaderos	13
2.1.4 Sistemas de riego	10
2.1.5 Potencia del sistema de riego	13
2.2 Sistema de control	14
2.2.1 Sistema en lazo abierto	20
2.2.2 Sistema en lazo cerrado	20
2.2.3 Métodos para la regulación	21
2.2.4 Tipos de controladores	21
2.2.5 Selección del tipo de control automático	23
2.3 Comunicaciones electrónicas	25
2.4 Datos e información	22
2.4.1 Análisis de datos	22
2.4.2 Big data	23
2.4.3 Características del Big data	23
2.4.4 Procesamiento de los datos	24
2.4.5 Transformación de los datos	24
3. Implementación física del prototipo de invernadero	30
4. Control On-Off de humedad del suelo	33
4.1 Elementos de control de humedad	33

4.2	Circuito eléctrico de elementos del control de humedad	30
4.3	Disposición de los elementos electrónicos	31
4.4	Consideraciones generales.....	31
4.5	Lazo de control On-Off de humedad	32
5.	Control de temperatura interna	34
5.1	Calentamiento.....	34
5.1.1	Elementos de control de calentamiento.....	34
5.1.2	Circuito eléctrico del control de calentamiento.....	40
5.1.3	Adquisición de datos del calentamiento.....	41
5.1.4	Curva de reacción con los datos de calentamiento.....	43
5.1.5	Importación de datos de calentamiento a Matlab.....	44
5.1.6	Función de transferencia del calentamiento	40
5.1.7	Valores K_p , K_i , y K_d de calentamiento.....	43
5.1.8	Comparación de los controles PID calentamiento	48
5.1.9	Lazo de control PID implementado para el calentamiento	53
5.2	Enfriamiento.....	53
5.2.1	Elementos de control enfriamiento	53
5.2.2	Circuito eléctrico del control de enfriamiento	54
5.2.3	Adquisición de datos de enfriamiento	60
5.2.4	Curva de reacción con los datos de enfriamiento	61
5.2.5	Importación de datos de enfriamiento a Matlab	62
5.2.6	Función de transferencia enfriamiento.....	63
5.2.7	Valores K_p , K_i y K_d de enfriamiento	66
5.2.8	Comparación de controles PID enfriamiento	71
5.2.9	Lazo de control PID implementado para el enfriamiento.....	71
5.3	Control de la temperatura interna y humedad	71
5.3.1	Circuito eléctrico del control de temperatura interna y humedad del suelo	71
5.3.2	Lazo de control de temperatura interna y humedad del suelo.....	72
6.	Comunicación	74
7.	Base de datos en MySQL	77
8.	Conclusiones y recomendaciones.....	80
8.1	Conclusiones	80
8.2	Recomendaciones	81
9.	Bibliografía.....	135

Lista de figuras

Figura 1-1 Diagrama de flujo de la metodología (Anexo Q)	8
Figura 2-1 Invernadero automatizado, Cuevas del Almanzora en Almería - España	11
Figura 2-2 Sistema de riego por goteo	11
Figura 2-3 Sistema de riego por aspersión	12
Figura 2-4 Componentes de un sistema de riego tradicional	14
Figura 2-5 Sistema de control en lazo cerrado	21
Figura 2-6 Control PID clásico	24
Figura 2-7 Diagrama de un sistema de comunicaciones	21
Figura 3-1 Prototipo de invernadero realizado por los autores	31
Figura 3-2 Estructura del prototipo del invernadero (Anexo N)	31
Figura 4-1 Circuito eléctrico de los elementos de control de humedad	30
Figura 4-2 Elementos electrónicos dispuestos en la caja de paso	31
Figura 4-3 Lazo de control de humedad implementado en Simulink	32
Figura 4-4 Humedad configurada en el intervalo de tiempo	33
Figura 5-1 Circuito eléctrico de los elementos de control de calentamiento	41
Figura 5-2 Archivo ejecutable de la adquisición de datos del calentamiento	42
Figura 5-3 Datos de calentamiento en Excel almacenado desde LabVIEW	42
Figura 5-4 Archivo Excel calentamiento, datos almacenados en el Libro2	43
Figura 5-5 Curva de reacción de calentamiento en Excel	43
Figura 5-6 Datos Excel de entrada y salida de calentamiento	39
Figura 5-7 Variables de calentamiento almacenadas en Matlab	39
Figura 5-8 Imagen del System Identification de Matlab	40
Figura 5-9 Valores de constantes de control PID calentamiento en tiempo continuo	44
Figura 5-10 Función de transferencia en lazo abierto del calentamiento	50
Figura 5-11 Caracterización de valores de calentamiento	51
Figura 5-12 Valores K_p , K_i , y K_d del control del calentamiento Ziegler-Nichols	52
Figura 5-13 Valores de constantes de control PID calentamiento en tiempo discreto	53
Figura 5-14 Control PID en tiempo continuo de calentamiento	49
Figura 5-15 Valores constantes de calentamiento en tiempo continuo de Matlab (Temperatura en °C Vs. Tiempo en minutos)	50
Figura 5-16 Control PID de calentamiento por Ziegler-Nichols	50
Figura 5-17 Valores constantes de calentamiento en tiempo continuo de Ziegler-Nichols (Temperatura en °C Vs. Tiempo en minutos)	51
Figura 5-18 Control PID en tiempo discreto de calentamiento	52
Figura 5-19 Valores constantes de calentamiento en tiempo discreto de Matlab (Temperatura en °C Vs. Tiempo en minutos)	52

Figura 5-20 Circuito eléctrico de los elementos de control de enfriamiento	54
Figura 5-21 Archivo ejecutable de la adquisición de datos del enfriamiento	60
Figura 5-22 Datos de enfriamiento en Excel almacenado desde LabVIEW	60
Figura 5-23 Archivo Excel enfriamiento, datos almacenados en el Libro2.....	61
Figura 5-24 Curva de reacción de enfriamiento en Excel.	62
Figura 5-25 Datos Excel de entrada y salida de enfriamiento.....	62
Figura 5-26 Variables de enfriamiento almacenadas en Matlab	63
Figura 5-27 Valores de constantes de control PID enfriamiento en tiempo continuo	62
Figura 5-28 Función de transferencia en lazo abierto del enfriamiento	63
Figura 5-29 Caracterización de valores de enfriamiento	64
Figura 5-30 Valores K_p , K_i , y K_d del control del enfriamiento Ziegler-Nichols	70
Figura 5-31 Valores de constantes de control PID enfriamiento en tiempo discreto	71
Figura 5-32 Control PID en tiempo continuo de enfriamiento	72
Figura 5-33 Valores constantes de enfriamiento en tiempo continuo de Matlab (Temperatura en °C Vs. Tiempo en minutos)	73
Figura 5-34 Control PID de calentamiento por Ziegler-Nichols.....	68
Figura 5-35 Valores constantes de enfriamiento en tiempo continuo, Ziegler-Nichols (Temperatura en °C Vs. Tiempo en minutos)	69
Figura 5-36 Control PID en tiempo discreto de enfriamiento	70
Figura 5-37 Valores constantes de enfriamiento en tiempo discreto de Matlab (Temperatura en °C Vs. Tiempo en minutos)	70
Figura 5-38 Circuito de control de temperatura interna y humedad del prototipo de invernadero	72
Figura 5-39 Integración de los lazos de control de temperatura interna y humedad	73
Figura 6-1 Datos de la temperatura interna en tiempo real	81
Figura 6-2 Datos de temperatura externa en tiempo real	81
Figura 7-1 Modelo de creación de base de datos.....	78
Figura 7-2 Consulta base de datos	79

Lista de tablas

Tabla 4-1 Características técnicas del Arduino.....	34
Tabla 4-2 Características técnicas de la bomba sumergible.....	34
Tabla 4-3 Características técnicas del sensor de humedad YL-69.....	30
Tabla 5-1 Características técnicas del bombillo incandescente.....	40
Tabla 5-2 Características técnicas del sensor LM35.....	40
Tabla 5-3 Tabla de valores elaborada por Ziegler-Nichols.....	50
Tabla 5-4 Características técnicas del ventilador.....	54

Lista de anexos

Anexo A Archivo Excel NCalentamiento	83
Anexo B Archivo Excel NEnfriamiento	91
Anexo C Función de transferencia calentamiento.....	98
Anexo D Función de transferencia enfriamiento	102
Anexo E Valores constantes de calentamiento en tiempo continuo de Matlab	106
Anexo F Valores constantes de enfriamiento en tiempo continuo de Matlab	109
Anexo G Valores constantes de calentamiento en tiempo discreto de Matlab	112
Anexo H Valores constantes de enfriamiento en tiempo discreto de Matlab	115
Anexo I Control de humedad On-Off	118
Anexo J Control Calentamiento	119
Anexo K Control enfriamiento.....	120
Anexo L Control On-Off, Calentamiento y Enfriamiento.....	121
Anexo M Comunicación con ThingSpeak	122
Anexo N Medidas del prototipo de invernadero	127
Anexo O Adquisición de datos calentamiento y enfriamiento por LabVIEW.....	128
Anexo P Creación de base de datos	129
Anexo Q Diagrama de flujo del proyecto	134

Introducción

La obtención de siembras vegetales, frutales y hortalizas bajo invernadero son las técnicas más actuales que se utilizan en la producción agrícola. La característica principal que ofrece el modelo de invernadero con respecto al tradicional de siembra en suelo es que se genera un muro ante los medios internos y externos desde el cultivo. Esta barrera hace que se genere un microclima artificial que permite proteger de la lluvia, radiación solar excesiva, plagas, viento, animales y enfermedades al cultivo.

El sector de la agricultura puede encontrar un lugar importante con el uso de las tecnologías de la información y herramientas de innovación, como las imágenes satelitales, drones e instrumentación, que acceden la predicción de condiciones meteorológicas, mitigación de riesgos fitosanitarios y análisis general del cultivo o ganado (Ávila, 2019).

Si bien es cierto que la agricultura pertenece al sector primario de la economía nacional, esto no es un indicativo de retraso tecnológico y no debería serlo. El proceso de tecnificación del campo no solo representa una inversión en adquisición de tractores, sistemas de riego o mejores materiales de construcción, sino la integración correcta de la tecnología de servicio y tecnología de información que están disponibles en el mercado y la asociación mediante centros de acopio puede implicar el éxito de un agronegocio (Sigie, 2003).

Por otro lado, desde hace mucho tiempo el humano siempre ha tenido la idea de construir dispositivos que le hagan fácil y cómodo su vida cotidiana. Además, siempre se ha tenido el interés en que estos dispositivos ejecuten sus tareas por sí mismos, sin necesidad de la presencia humana, aquí es donde interviene la automatización de procesos. Hoy en día, la mayoría de los dispositivos llevan a cabo tareas tanto sencillas como complejas y observamos que tienen una clase de “pensamiento”, la habilidad de generar tendencias de nuestros deseos, y gran rapidez al tomar decisiones que no se pueden superar fácilmente. La automatización de temperatura en un sistema de invernadero y el sistema de riego son una de las partes fundamentales del funcionamiento implícito que conlleva, ya que todos ellos hacen que la agricultura moderna ejecute procesos en conjunto para obtener en mejor medida cultivos de mayor calidad.

Hoy día la ciencia, la tecnología y la innovación enfocadas al sector agro son realidades que vienen por la cuarta revolución industrial, que modificará en esencia la forma en que interrelacionamos con las demás personas, laboramos, e incluso como vivimos, ya que tiene el potencial de elevar los niveles de ingreso globales y mejorar la calidad de vida de poblaciones enteras incluyendo el sector agroindustrial.

La exploración en investigaciones como la implementación de nuevas tecnologías suelen tener un alto valor monetario, sin embargo, el presente proyecto de prototipo de invernadero se realiza en base a las necesidades que un agricultor debe encarar frente a las variables principales de cualquier cultivo, donde se puede aprender e informar para utilizar la adecuada tecnología presente en el mercado y establecer diferentes estrategias agrícolas. De este modo se toma una estrategia de control de temperatura y un sistema de riego automático para satisfacer los requerimientos necesarios del cultivo.

El desarrollo de un prototipo de invernadero automatizado da pie a generar ideas con mejores características y a mayor escala para que al cultivador se le proporcione una ayuda y genere un incremento de los sembradíos, a través de una revisión interna de algunas variables de interés como el control de humedad del suelo y temperatura interna del invernadero, cosa que no se puede obtener en un sistema tradicional en tierra o en invernaderos con ninguna implementación tecnológica. Además de métodos de control automático que harán que el proyecto sea un modelo para futuras ejecuciones a gran escala y con recursos mínimos. Dando por hecho que se pueden sembrar plantas fuera de temporada sin temor a que ningún cultivo se dé por perdido, o inclusive intercambiar cosechas en diferentes épocas del año.

Objetivo general

Implementar control PID para temperatura y un control On-Off para la humedad en un prototipo a escala de un invernadero, adicionando supervisión a través de ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL.

Objetivos específicos

- Elaborar el prototipo del invernadero.
- Implementar control On-Off para la humedad a través de Matlab.
- Calcular la función de transferencia de la planta mediante su curva característica.
- Implementar control PID de temperatura a través de Matlab.
- Transmitir las mediciones de las variables de control a ThingSpeak
- Desarrollar base de datos en MySQL, a través de la información suministrada por el invernadero mediante ThingSpeak.

Planteamiento del problema

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) es el encargado de generar reportes correspondientes al cambio de temperatura del país y expertos afirman que, para el año 2030 en zonas determinadas del país no se podrá sobrellevar los cambios significativos en lo que al cambio del clima se refiere, estos factores podrían alterar los cultivos generando pérdidas para los agricultores. Lo que nos impulsa a buscar una solución para la regulación de esos factores climáticos y a los procesos de cultivo.

En los últimos años, los sistemas de control se han introducido cada vez más en el desarrollo y avance de la tecnología. Y ahora cada uno de los aspectos de nuestra vida cotidiana viene afectada con algún sistema de control. Los sistemas de control se encuentran en gran cantidad en todos los sectores de la industria, tales como control de calidad de los productos manufacturados, líneas de ensamble, tecnología espacial y muchos otros (Kuo, 1996).

El clima generado al interior de un invernadero debe ser estable y hermético. Los valores medidos en el invernadero son variables que pueden ser complejas al momento de su análisis, como lo son la temperatura y humedad, ya que son rutinarias o demoradas durante el crecimiento del sembrío, por este motivo las tecnologías aplicadas como el control automático juegan un papel importante durante el proceso de siembra. Algunas problemáticas que perjudican a la población dedicada a cultivar día a día dentro de los invernaderos es disminuir los errores de temperaturas que han hecho que la productividad de los cultivos disminuye su calidad.

El control de temperatura de algunos invernaderos observados en la población rural, se dan a través de persianas de apertura y cierre (manuales) que hace que ingrese aire del exterior por un periodo de tiempo al invernadero y en otros casos la ventilación mecánica (ventiladores o extractores) hace que ingrese demasiado aire o no lo suficiente haciendo que no se refresque el cultivo. Para corregir este defecto se plantea la implementación de la técnica de control automático existente para el control PID que gracias a sus ganancias

el cultivo de determinada planta se vuelva más estable para la germinación, crecimiento y floración.

Dadas las distintas condiciones ambientales dentro de un invernadero, es importante enfocar una monitorización y supervisión continua de las variables a controlar para que sea más eficiente su análisis teniendo o no la presencia del cultivador dentro del invernadero, sin dejar de lado a los mecanismos y dispositivos que van de la mano del control que hacen que se ejecuten las acciones de encendido y apagado de forma sencilla sin que ningún operario tenga la necesidad de estar presente y se tenga así un continuo y sólido proceso de sembrado.

Justificación

La ingeniería de control debe diseñar e implementar sistemas que sean capaces de conseguir que el rendimiento potencial del cultivo sea máximo. Esta práctica consiste en la implantación de equipos de control climático autónomo para su proceso. (Diaz, 2004)

Un sistema de control automático de temperatura, humedad relativa, acidez del suelo, CO₂ y entre otras variables de un invernadero puede requerir un control para satisfacer los requerimientos y cambios de estas en el futuro debido al cambio climático presente desde años atrás. Estos controles automáticos aumentan la precisión y permiten un mejor control del tiempo de respuesta, optimizando así su proceso de cultivo. Todos los controles automatizados para los invernaderos son sistemas a un costo medio-alto, pero con un beneficio elevado en cuanto a las ventajas evidentes que les puede generar como, mejorar niveles de calidad, producción flexible, seguridad en el personal, reducción de la intermediación de la mano de obra humana y como principal ventaja del sistema de automatización es la implementación continua 7 días de la semana a las 24 horas del día a todo el invernadero, haciendo que en cada instante se tengan las condiciones ideales y óptimas para el sembradío, mejorando indudablemente los tiempos de cosecha dada la eficiencia y confiabilidad de los procesos automatizados.

Por otro lado, el IOT (Internet of Things) hace que más dispositivos estén conectados y enviando datos en todo momento. Dicha información puede ser almacenada, transformada y analizada para su interpretación adecuada, en cuanto a pronósticos, tendencias o predicciones y así tomar decisiones de acuerdo con lo establecido. La integración de los datos del invernadero en una base de datos es un complemento donde podemos determinar tendencias; tipos de usuarios, gustos alimenticios, alimentos de temporada, entre otros. Permitiendo así el cruce de datos y anticipándonos a los requerimientos del cliente y determinar soluciones para cada una de ellas.

Alcance

Este modelo de un invernadero a pequeña escala será el encargado de satisfacer los automatismos básicos en primera medida, que pueden compensar las necesidades primordiales de una siembra. Por este motivo la temperatura es un factor muy importante para que cualquier agricultor pueda ser eficiente en sus siembras.

Este proyecto será el punto inicial con un nivel tecnológico innovador para comenzar a desarrollar proyectos de control automático de invernaderos con mejores prestaciones ya que cualquier empresa dedicada a cultivar podría plantear expandir sus cultivos con mejores características como un sistema de riego automático, alimentación energética a través de sistema fotovoltaico, entre otras.

La limitación principal del proyecto será el obligatorio acceso a banda ancha y por ende la conexión eléctrica que suministra la red debe ser estable para el prototipo de invernadero, ya que el sistema estará diseñado para que el control, adquisición y transmisión de datos, y su visualización sea a través de una plataforma en la web.

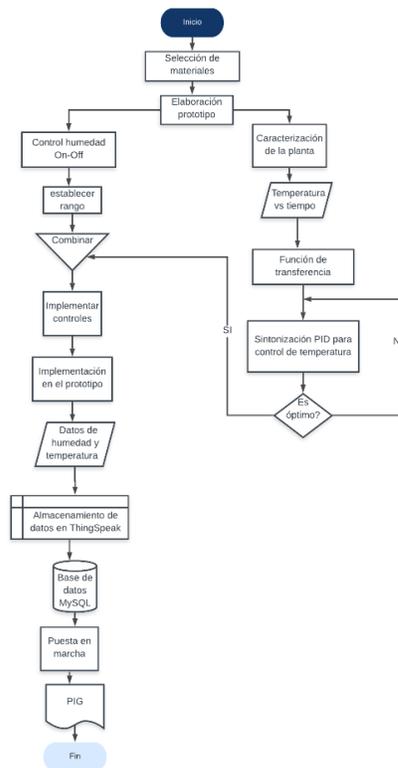
La energía eléctrica de alimentación a los equipos conectados en el modelo será continua y suministrada por el operador de red, debido a que el control de temperatura será en tiempo real. Por todo esto el sistema en su totalidad deberá tener una instalación eléctrica para todos los dispositivos y equipos del proyecto.

- 8 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

1. Metodología

La Figura 1-1 muestra el diagrama de flujo y de manera simplificada los pasos de ejecución para el diseño de un prototipo de invernadero automatizado con la implementación de estrategias de control PID de temperatura y un control On-Off para el control de humedad, todo esto siendo supervisado por medio de la plataforma ThingSpeak y posteriormente un almacenamiento de los datos adquiridos de los controles anteriormente mencionados en MySQL.

Figura 1-1 Diagrama de flujo de la metodología (Anexo Q)



Fuente:

Imagen de autores

1.1 Elaboración del prototipo del invernadero

Como primer paso se elabora el prototipo del invernadero con una estructura en PVC y plástico traslucido para su observación y hermeticidad de las variables a controlar. A continuación, se instalan en el interior y se conectan los sensores de temperatura (LM-35) y humedad (YL-69) que son los encargados de tomar las magnitudes físicas de temperatura y humedad respectivamente. Los ventiladores y los bombillos incandescentes son los actuadores del sistema de control de temperatura y la bomba sumergible que es el actuador del control On-Off de humedad del suelo, estos están conectados a la placa de adquisición de datos Arduino, que a su vez se controlan mediante las salidas PWM.

1.2 Control On-Off para la humedad del suelo

El control On-Off para el riego se desarrolla teniendo en cuenta el ciclo de hidratación de las plantas. Esta acción de humectación se lleva a cabo mediante la medición de humedad del terreno con un sensor YL-69 y de acuerdo con un rango establecido, un relé conectado que cuando se activa energiza la bomba (KED SUM) que suministra el agua al terreno del invernadero, cuando la humedad disminuya lo suficiente para humectar el cultivo. La humedad necesaria y correcta para cualquier cultivo crezca adecuadamente se da a través de un rango de humedad del 40-80%, que es una condición donde nunca estará seco, pero tampoco estará completamente mojado.

1.3 Control PID de temperatura interna

El desarrollo de la curva característica se lleva a cabo mediante las mediciones de temperatura con respecto al tiempo, donde se da una entrada de referencia (voltaje) a la planta y se registran los valores de salida (temperatura) mediante el sensor LM-35. La adquisición de todos estos datos se da mediante una programación en LabVIEW con un tiempo de muestreo de 1.5 segundos y almacenamiento de datos en un archivo Excel. Con esta información se permite determinar de forma eficiente la función de transferencia de la planta llevando los datos de entrada y de salida a la aplicación de Matlab - System Identification, que es una aplicación que por el método de mínimos cuadrados estima la función de transferencia. Teniendo en cuenta que se debe hacer este proceso para un sistema de calentamiento y el siguiente de enfriamiento para así, después generar una

- 10 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

sintonización adecuada por medio de tres métodos de sintonía diferente para cada proceso y determinar las ganancias del controlador PID para que la temperatura logre satisfacer las necesidades como su bajo error y su estabilidad de temperatura requerida, para finalmente programar los controles en Simulink de Matlab.

1.4 Comunicación con ThingSpeak

Por otro lado, la plataforma ThingSpeak permite visualizar las variables de temperatura y humedad ejecutadas por los controles PID. La plataforma crea una comunicación con Simulink a través de Arduino, con una serie de parámetros configurados en los bloques de Simulink que hacen que sea una comunicación unidireccional al canal configurado para observar de mejor manera la temperatura y humedad. Los datos de salida de los controles de las variables de interés se transmiten hacia ThingSpeak y es allí donde en tiempo real se puede observar de manera más intuitiva las mediciones realizadas y garantizar una supervisión continua del cultivo y su crecimiento en el prototipo del invernadero.

1.5 Base de datos

Para finalizar, la plataforma ThingSpeak almacena los datos transmitidos desde Simulink, estos datos se descargan desde la plataforma para posteriormente cargarlos al motor de base de datos MySQL, es aquí donde a los datos en un tiempo determinado se logrará hacer análisis sobre el clima en diferentes temporadas del año, el tiempo transcurrido de crecimiento y su posterior cosecha del cultivo, mejor manejo de recursos y materia prima o una paridad con los diferentes tipos de cultivo. Este es el punto en donde se dará pie a una continuidad al manejo de datos a través de las nuevas tecnologías de información (predicción de datos).

2. Marco teórico

Las estructuras que permiten que las condiciones climáticas del exterior se aislen de los cultivos se les denomina invernaderos. Otorgan la habilidad de manejar la temperatura y humedad del ambiente interior pudiendo acelerar cosechas distintas especies con mayor rendimiento en el uso del agua y una gran calidad de producto final (Figura 2-1). Existen diferentes formas de invernaderos dadas las diferentes estructuras que las componen, mediante sus materiales de construcción, o el grado de protección a la intemperie, todo esto se determina teniendo en cuenta dada la inversión inicial, los costos de operación, personal especializado y equipos instalados.

2.1 Invernaderos

En la Figura 2-1 se muestra uno de los invernaderos más avanzados de Europa donde se cultiva y cosecha alrededor de tres millones de lechuga Batavia por hectárea en Cuevas del Almanzora en Almería – España.

Figura 2-1 Invernadero automatizado, Cuevas del Almanzora en Almería - España



Fuente: <http://www.historiasdeluz.es/historia-del-dia/sostenibilidad/noticias-andalucia-agricultura-invernadero-inteligente>

- 12 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

2.1.1 Materiales para su construcción

- El PVC se utiliza para invernaderos domésticos u hogares reducidos donde se implementan invernaderos para decoración, y sus cosechas mínimas de cada sembrío. Su costo menor a comparación de otros materiales lo hacen atractivo para diferentes tipos de construcción, pero su fragilidad en construcciones grandes lo hace su desventaja principal.
- La utilización de la madera se da por la facilidad para su construcción y manejo, y hallarlo en diferentes establecimientos especializados en madera o grandes cadenas industriales. Invernaderos contruidos con este tipo de material se pueden observar en sitios rurales donde los campesinos pueden tener cultivos propios para sus familias debido a que sus hogares poseen grandes extensiones de tierras.
- El aluminio se utiliza en gran cantidad de invernaderos para sus construcciones, ya que se adquiere en cualquier tienda de ferretería. Su resistencia mecánica, peso y su costo moderado lo hacen el principal material para las construcciones de este tipo.
- Las construcciones en hierro se utilizan para invernaderos industriales con una cantidad considerable de terreno y cultivos, gran volumen final al momento de cosechar y con condiciones climáticas serias.

2.1.2 Materiales para su protección

- Los materiales flexibles son los más versátiles para su manipulación, instalación y transporte. Son materiales de tipo sintético o termoplástico, y en algunas ocasiones se le adhiere minerales, aditivos o pequeñas fibras orgánicas (aíslan una serie de bacterias que degradan el polietileno al contacto de un compuesto orgánico). El índice de fluidez, densidad, y distribución del peso son las características principales que deben tener los plásticos para que su implementación sea óptima para los invernaderos, y también por su costo relativamente económico

dependiendo de las características del plástico. El proceso de elaboración se da mediante una maquina extrusora que administra calor a una presión constante que hace fundirla y posteriormente pasarla por un dado extrusor de determinadas dimensiones, como lo es el policloruro de vinilo (PVC) y copolímero de etileno y acetato de vinilo (EVA).

- Los materiales rígidos fueron los primeros materiales utilizados antes que aparecieran los materiales plásticos. Son estructuras sólidas y firmes que soportan pesos mayores y su punto de fractura es mayor a la de los materiales flexibles. La resistencia mecánica dada su mayor densidad, las permutaciones de aire y humedad de la atmosfera exterior los hacen ser materiales de rendimiento mayor, cuando los invernaderos poseen cubiertas de este tipo los hace crear un efecto acumulativo que hace elevar su temperatura por la absorción parcial o total de la radiación solar, así la impermeabilización que se crea hace que no haya un cambio significativo de temperatura sino por el contrario su temperatura permanece estable. Sus desventajas son el costo frente a los materiales flexibles, el transporte y el cuidado en su instalación.

2.1.3 Tipos de invernaderos

Asegurando el adecuado material de construcción y su cubierta de protección final se puede determinar la forma del invernadero a desarrollar. Existen diferentes configuraciones que hacen que se puedan cambiar muchas de las variables de interés cuando se tiene un determinado cultivo como lo son la humedad relativa del aire, temperatura interior, cantidad de riego suministrado, ventilación, entre otras. Para todo esto se pueden identificar de esta manera:

- Las estructuras tipo capilla son estructuras con ángulos en forma de triángulo en su altura máxima que da forma de capilla antigua. Sus características son muy parecidas a la estructura tipo túnel en cuanto a su entrada de luz solar. Las pendientes que se emplean en esta forma poseen un rango entre 15° a 35° y su largo y ancho dependen del espacio de construcción y cultivo. Su ventaja es la baja complejidad de construcción y la utilización de materiales económicos. Ya que esta estructura amerita más número de elementos en su altura debido al triangulo que

14 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

se construye sobre la mitad del invernadero refleja más sombra sobre el cultivo, este supone su mayor desventaja.

- Los invernaderos tipo capilla modificados son estructuras que suponen una semejanza adecuada a la de una capilla antigua y reducida. Su uso es para lugares con poco espacio como el jardín de un hogar y para cosechas de cantidad reducida que también vendría siendo una desventaja. Las personas que utilizan este tipo de estructuras son las que están empezando con la idea de cultivar sus propios alimentos.
- Invernaderos tipo túnel, como su nombre lo indica tiene forma de túnel, más largo que ancho principalmente también variando su altura de acuerdo con la necesidad y espacio. Se presenta diferentes ideas al respecto del cómo se puede construir de forma correcta a este tipo de invernadero el cual los clasifica como estructuras donde varía su volumen con respecto a su superficie. Sus ventajas son la gran facilidad de instalación por su curvatura elevada, su alta transmisión de radiación solar al ingresar al invernadero y que son idóneos para la instalación de materiales tanto flexibles como rígidos. Su principal desventaja es que entre más volumen de aire se tenga menos cantidad de calor puede tener en dicho espacio.
- Las estructuras tipo diente de sierra se dan en los lugares donde la baja precipitación de lluvias, velocidades bajas de viento y altos niveles de luz solar son los adecuados para este tipo de estructuras. El modelo diente de sierra es una variación especial entre la estructura de capilla y la de túnel, agregándole un espacio en el cual ingresa una cantidad moderada de aire denominada zona cenital. Esta área cenital se considera que es una ventaja y desventaja a la vez, debido a que ingresa aire para refrescar el cultivo, pero por la cantidad de elementos para construir esta área genera una gran cantidad de sombra sobre el mismo.
- El tipo techumbre curva industrialmente hablando, son los más aplicados para gran cantidad de cultivos y su numerosa cantidad de cosechas. Son contruidos con

materiales metálicos por su rigidez y son similares a los de forma de túnel, pero con la diferencia que se construyen de forma adyacente (sumando varios en forma de túnel lateralmente) haciendo que su espacio se incremente de manera adecuada conforme a la profundidad del invernadero. La gran limitación que posee este tipo de invernadero es la construcción lateral de cada una de las estructuras para el acoplamiento del invernadero a gran escala. Su ventaja es el espacio final libre para el desplazamiento, transporte de la cosecha, y en dado caso equipos automatizados para laborar dentro del mismo.

- El invernadero tipo holandés se caracterizan por su protección rígida, en su mayoría vidrio. Su construcción esta adecuada para soportar climas extremadamente fríos (nieve) o lluvioso. Posee canales entre las secciones de vidrio que hace que facilite el recorrido del agua lluvia o el derretimiento de la nieve. También está diseñado para que no exista ningún tipo de ventilación frente a las temperaturas bajas de la intemperie. Su ventaja frente a otros invernaderos es el comportamiento térmico que posee y el alto grado de control de las variables ambientales por el material utilizado para su protección. El alto costo por el tipo de construcción es la gran desventaja que posee dado que la estructura debe soportar el peso del material rígido.

2.1.4 Sistemas de riego

El momento más adecuado para regar la cantidad necesaria de agua es cuando la humedad del suelo o planta lo requieran y es a principios del día o inclusive en la noche. El agua es el fluido esencial para las formas de vida en el mundo, por este motivo la necesidad del agua en las plantas es uno de los factores más importantes a la hora de hacer siembra, sin el agua las plantas y sus frutos no crecerían de la mejor forma.

La circulación del agua en las plantas inicia cuando las raíces absorben este líquido y lo llevan hasta sus frutos. La actividad que consiste en suministrar al suelo y a las plantas, el agua para favorecer la alimentación y su crecimiento es el riego. Por lo tanto, los alimentos que se consumen dependen de los macronutrientes y micronutrientes que se le incorporan al agua en el momento de su suministro, ya que por esta razón no tendrían un

16 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

desarrollo adecuado en su ciclo de vida. Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente, todos los sistemas de riego se pueden dividir en dos grupos teniendo en cuenta las acciones que se observan, como es el tipo de suministro de agua y la potencia para llevar este líquido al sembradío:

- Riego por goteo: Sistema de riego gota a gota. Se caracteriza por implementar tuberías flexibles donde el fluido en el interior posee una presión baja y de esta manera el líquido cae por gotas de acuerdo con el tiempo determinado (Figura 2-2). Este método es el más utilizado por los dada la eficiencia en el consumo del agua, debido a que el agua cae sobre la raíz directamente en el cultivo sin malgastarlo. Su desventaja es el costo, ya que es elevado en su punto inicial, pero también a su vez el gran ahorro de agua hace que este sistema sea el más indicado en invernaderos para su posterior ahorro a largo plazo.

Figura 2-2 Sistema de riego por goteo



Fuente: <https://agriculturers.com/5-sistemas-riego-innovadores-ahorro-agua-debes-conocer/>

- Riego por aspersión: Consiste en proporcionarle una presión adecuada a la tubería de la red hídrica, acoplándola a un aspersor que toma el agua presurizada y la convierte en una llovizna (Figura 2-3). Esta llovizna dependiendo del ángulo de

inclinación y presión puede cubrir gran parte de la superficie a humedecer. Este sistema dosifica de manera precisa y es utilizado para grandes extensiones de terrenos como fincas. Un inconveniente presente es la humedad que genera su riego, ya que éste hace que se presenten hongos en los componentes del aspersor.

Figura 2-3 Sistema de riego por aspersión



Fuente: <https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/material-de-riego/aspersion.aspx>

- Riego por surcos: Algunos de los grandes productores de alimentos que tienen plantaciones en el campo al aire libre y cultivan por surcos, utilizan este método por la gran utilidad de las pendientes que ofrecen la gran mayoría de terrenos. A grandes rasgos este sistema lo que hace es dejar correr el agua entre los surcos para que cada uno de ellos absorba una cantidad determinada de agua y debido a la inclinación que presenta el terreno ayuda a que todo el surco se humedezca. Una ventaja de este sistema es la manera rápida y la facilidad con la que se hace el riego, pero presenta algunas desventajas. No se puede administrar de manera ordenada y correcta el volumen de agua en el riego o no se puede saber si las plantas o raíces de cada alimento se humectaron.
- Riego por inundación: Este sistema de riego se aplica principalmente a todos los cultivos de arroz. Son muy pocos los lugares donde se aplica este método de riego.

- 18 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

Como su nombre lo indica, inundar todo el cultivo es la manera más práctica de humedecer el terreno independiente del tipo de cultivo y terreno. Exceptuando el cultivo de arroz, este método no tiene ninguna ventaja, todo lo aplicado tiene fallas que hace que se desperdicie el agua. La extrema humedad del suelo hace que la compactación no sea la adecuada. No posee filtración del agua haciendo que muchas de las plantas se “ahoguen” y mueran sin ni siquiera alcanzar a madurar.

2.1.5 Potencia del sistema de riego

Entre todos los componentes que podemos encontrar en un sistema de riego esta la bomba o electrobomba que es una maquina hidráulica que permite transformar energía eléctrica en energía cinética, es decir, un motor eléctrico o motor a combustión convierte la energía interna en movimiento, en este caso el desplazamiento del fluido deseado de un punto A, a un punto B (Figura 2-4). La rotación de una serie de paletas encerradas al interior de una caja o denominada cárter crea una presión atribuible a la acción centrífuga que ésta genera. Sus distintas ejecuciones son en sistemas de llenados de tanques, sistemas de riego, sistemas de desplazamiento de aceites, emulsiones entre otras y se puede clasificar:

Donde depende de la trayectoria de entrada o succión al giro de los impulsores:

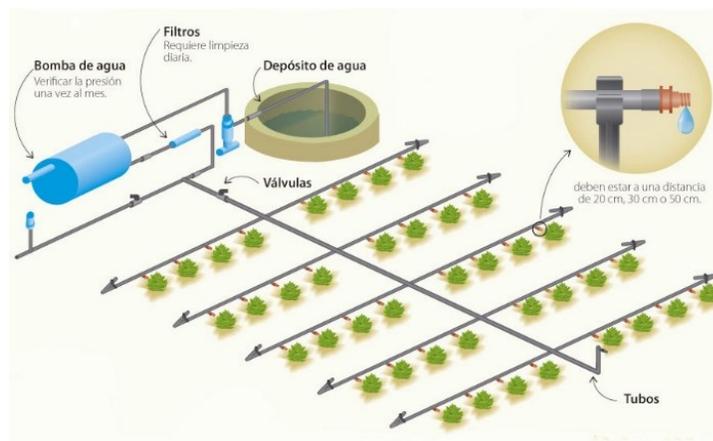
- Radiales: Se utilizan para cargas elevadas, caudales pequeños y con impulsores generalmente angostos. El líquido entra la dirección paralela al eje de giro y se expulsa en la dirección perpendicular.
- Axiales: Se utilizan para cargas menores, caudales grandes y con impulsores tipo propela. Su construcción es semejante a una superficie cilíndrica donde el flujo ingresa en la misma dirección de su salida.
- Helicocentrífugas: También denominada diagonal, se utilizan para cargas y caudales intermedias, en las que el flujo ingresa en la dirección axial y radial,

denominándolo flujo mixto. Por tal motivo, al líquido se le proporciona cierta energía que por la acción centrífuga genera un impulso a los álabes.

Las bombas de desplazamiento positivo generan una determinada succión y por consiguiente una descarga, haciendo que el líquido se desplace. El espacio se llena y vacía consecuentemente halando y empujando mediante un movimiento:

- Rotativas: Utilizan una caja fija hueca donde los engranes o rodetes ajustados trabajan rodando, y se les utiliza en su mayoría para líquidos abrasivos. Sus principales características son la descarga del flujo continuo, manejan casi cualquier líquido y son de alta eficiencia y presión.
- Reciprocantes: La contracción (ingreso del fluido) y expansión (salida del fluido) que manejan hacen que el fluido se mueva dependiendo de sus ciclos, como por ejemplo el diafragma mediante su distancia de carrera. Se basan en los principios de alta presión y eficiencia, autocebado y baja velocidad de rotación.

Figura 2-4 Componentes de un sistema de riego tradicional



Fuente: <https://www.gestiriego.com/pe/componentes-instalacion-riego-por-goteo/>

2.2 Sistema de control

Los sistemas permiten variar de forma controlada una variable de interés, que puede ser un sistema físico, matemático u económico donde se pueda ingresar entradas y obtener salidas.

20 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

Cuando se habla de un sistema de control, se habla de una interconexión de componentes, quiere decir que se tiene un sistema que a la vez tiene pequeños subsistemas predeterminados que proveen una respuesta deseada a una entrada determinada.

Un sistema de control de velocidad es un claro ejemplo, donde la entrada es el voltaje y la salida la velocidad esperada.

2.2.1 Sistema en lazo abierto

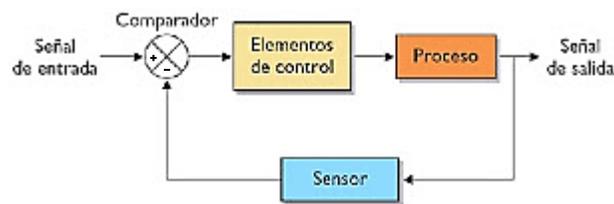
En los sistemas de lazo abierto, el controlador se coloca en serie con el proceso, esto con el fin de manejarlo adecuadamente e intentar llevarlo a la zona de operación deseada, pero con la necesidad de censarlo en el estado actual de las variables.

Es decir, son sistemas en los cuales no podemos hacer comparaciones con la entrada de referencia o set point, así a cada valor de entrada le corresponde un valor de operación fija en su salida. Como ventaja son sistemas de control sencillos, económicos y su facilidad de implementación, pero con la desventaja que no corrigen las alteraciones que puede presentar la planta, ni tampoco las perturbaciones externas que ingresan a ella.

2.2.2 Sistema en lazo cerrado

Estos sistemas de control son denominados sistemas con retroalimentación o Feedback (Figura 2-5). En los sistemas de control retroalimentados o lazo cerrado, se suministra al controlador con la señal del error (diferencia entre señal de salida y señal referencia), que puede ser la misma señal de salida, todo esto con el fin de reducir el error. En este modelo se puede colocar un medidor de la variable a registrar, que realimente el sistema hacia el controlador y conserve de esa forma la variable en su valor requerido. Este valor se conoce como el Setpoint.

Figura 2-5 Sistema de control en lazo cerrado



Fuente: <http://tecnologiagama2000seda.blogspot.com/2016/04/tipos-de-sistemas-de-control.html>

2.2.3 Métodos para la regulación

La regulación manual no se utiliza para procesos robustos como el sistema de calefacción central de la caldera o para un control de velocidad, pero todavía se utiliza para la ventilación y humidificación, donde son variables sencillas de controlar a través de aperturas o cierres. Las desventajas de la regulación manual son:

- No es posible lograr su objetivo sin la supervisión de un operador.
- Si no tiene instrumentos de medición su control es complejo.
- Los interruptores manuales vienen determinados por dos condiciones; un Si o un No, dados estos parámetros no se pueden generar valores intermedios.

La regulación automática puede ser una regulación electromecánica o electrónica. Donde en la regulación electrónica, el parámetro actual se puede regular en función de los valores de uno o varios parámetros anteriores.

Así mismo, la regulación electromecánica, el parámetro en cuestión se regula en función del valor de ajustado del parámetro.

2.2.4 Tipos de controladores

Los controladores se clasifican según su regulación. Existen dos tipos de regulaciones: los controladores no progresivos que se dedican a regular los puntos fijos del dispositivo a controlar y los controladores progresivos que controlan cualquier posición del dispositivo.

22 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

- Los controladores no progresivos como el tipo On-Off, son el tipo de control que sólo puede tomar dos posiciones: un encendido o un apagado (1 o 0). Una desventaja del modo de encendido-apagado es el Start y Stop habituales o repetitivas alrededor del valor del punto de Setpoint. Existen tres formas de evitar que esto suceda:
 - El uso del retardo en el tiempo es el caso cuando el equipo se enciende, no puede detenerse hasta que haya pasado un tiempo. Como ejemplo, se utiliza en la calefacción de aire donde se tiene una temperatura con un ajuste fijo de 15°C, una vez que el equipo se inicia y si está por debajo del punto (14°C) tiene que funcionar durante 2 minutos antes de detenerse, observamos que el punto de ajuste se alcanza antes de que finalice este período de tiempo. Por ende, la temperatura del aire estará excedida el valor de ajuste, retardando el siguiente ciclo.
 - El uso de la zona muerta es un rango que se crea alrededor del valor de ajuste. Teniendo en cuenta que el equipo está diseñado para un valor constante, esta zona inicia cuando se llega a un valor detrás del punto de referencia y se contiene cuando lo supera (o un rango más grande). Con este método se impiden los arranques y los paros sean repetitivos y repetitivos.
 - El uso de valores medios es el tipo de controlador no progresivo para aquellos valores que pueden cambiar mucho a través del tiempo, como la velocidad del viento. Se toman una serie de valores preliminares que se utilizan para obtener un valor medio y posteriormente como punto de ajuste. La velocidad del viento son ráfagas y por esto oscilan mucho sus valores al hacer sus mediciones, y debido a esto se utiliza el promedio de sus valores en un tiempo determinado en lugar de la medición ajustada de la velocidad del aire.

- Los controladores progresivos manejan la marcha del equipo para perfeccionar y mantener el valor de referencia que se manipulará para su control dentro del rango de valores obtenidos. Los controladores progresivos más comunes son el control proporcional (P), el control proporcional e integral (PI) y el control proporcional, integral y derivativo (PID).

2.2.5 Selección del tipo de control automático

- **Control On-Off:** Funciona con los dos únicos elementos de actuación. Tanto su funcionamiento como su construcción es fácil y rentable hablando de costos, por esta razón es muy utilizada en la industria y dependiendo del proceso.
 - Ventajas: Tipo de control sencillo, económico con fácil instalación y poco mantenimiento.
 - Desventajas: Actuadores con mucho deterioro y no tienen mucha fidelidad.
- **Control Proporcional:** Consiste en amplificar la señal del error mucho antes de ejecutarla al proceso. El aumento de la ganancia proporcional aumenta su velocidad y hace que disminuya el error.
 - Ventajas: Responde rápido y por ende proporciona una buena estabilidad.
 - Desventajas: Controlador sensible al ruido y puede generar oscilaciones en la salida.
- **Control Integral:** Su función principal es disminuir y tender a eliminar el error en estado estable debido al modo proporcional. Pero generan oscilaciones en el sistema que hace que el sistema se ralentice.
 - Ventaja: Elimina el error en estado estable.
 - Desventaja: Se muestra una respuesta en ocasiones lenta y oscilatoria.
- **Control Derivativo:** Este control permite mantener el error lo más cercano a cero, corrigiéndolo a la velocidad semejante con la que se produce este error agregándole un amortiguamiento al sistema.
 - Ventaja: Pronostica el valor del error del estado.
 - Desventaja: En presencia del ruido es poco útil implementarlo.

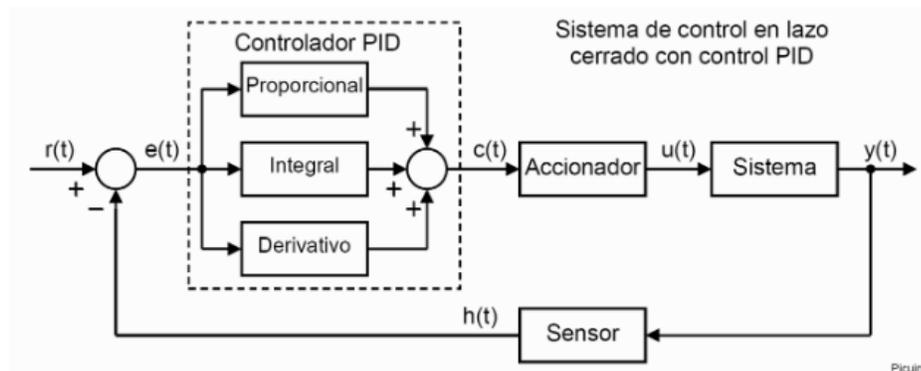
24 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

- **Control Proporcional e Integral:** Su funcionamiento se basa en aumentar el sobre impulso y el tiempo de estabilización, pero disminuir el tiempo de subida. Llega a ser una respuesta oscilatoria decreciente y lenta.
 - Ventaja: Elimina el error en estado estable.
 - Desventaja: Empeora la respuesta del sistema.

- **Control Proporcional Derivativo:** Este control actúa cuando la magnitud de la salida del dispositivo controlador es directamente proporcional a la velocidad del cambio del error. Reduce el sobre impulso y el tiempo de estabilización, pero aumenta la respuesta del sistema.
 - Ventaja: La estabilidad del sistema y la respuesta del sistema mejora.
 - Desventaja: Las señales de ruido se pueden amplificar presentando problemas en el actuador.

- **Control Proporcional, Integral y Derivativo:** Este control combina las ventajas de los controles P, I y D; aumentando la velocidad de respuesta, su precisión y la estabilidad. Llegando a ser un sistema de control de ajuste y predicción automático (Figura 2-6).
 - Ventaja: Los controles PID tiene incorporadas todas las ventajas de cada una de las tres acciones de control que la conforman.
 - Desventaja: En algunos casos pueden llevar al sistema a oscilar.

Figura 2-6 Control PID clásico



Fuente: <https://www.picuiino.com/es/arduprog/control-pid.html>

En conclusión, la regulación de los sistemas de procesos puede ser manuales o automáticos. Dependiendo de cómo se pueda calcular la corrección a ejecutar, los controladores pueden ser progresivos o no progresivos. En los controladores no progresivos, solo existe una opción disponible, el control On-Off. En cambio, los controladores progresivos se pueden encontrar: el control proporcional (P), el control integrado proporcional (PI) y el control proporcional, integral y derivativo (PID), teniendo en cuenta el tipo de acción en el equipo que esté regulando.

Así mismo, los sistemas de control automáticos en los invernaderos implementan los diferentes tipos de reguladores mencionados. El control actúa por retroalimentación, sólo actúa en respuesta a los valores medidos. En cualquier caso, en el control de un proceso ambos pueden intervenir.

Por tal razón, los diferentes tipos de modelos son representaciones simplificadas de un sistema. En invernaderos, podemos distinguir dos tipos de modelos: los modelos físicos, relacionados con las variables del microclima del invernadero dependiendo del clima exterior; y los modelos fisiológicos, que se centralizan en las plantas y la interacción con el microclima del invernadero.

2.3 Comunicaciones electrónicas

El principal objetivo de un sistema electrónico en las telecomunicaciones es transferir información de un lugar a otro. Por consiguiente, se puede decir que las comunicaciones electrónicas son la transmisión, recepción y procesamiento de información entre dos o más lugares, mediante circuitos electrónicos. (Tomasi, 2013)

Un clásico procedimiento de telecomunicaciones tiene elementos básicos como un transmisor y un receptor, los cuales son conectados a través de un medio de comunicación brindando un flujo de información entre ambas vías donde puede ser el flujo unidireccional o ser bidireccional (Figura 2-7).

La fuente utiliza un transductor en su entrada para posteriormente enviar la información a un transmisor, este transmisor se incorpora al sistema para ejecutar su transmisión, el receptor la obtiene a través de un transductor de salida, y se adapta a quién va a ser

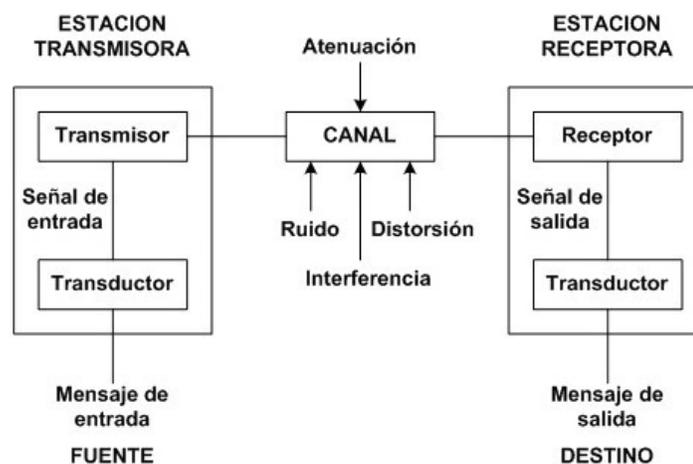
- 26 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

nuestro destino. Este es el sistema fundamental de un sistema de comunicaciones.

Sin embargo, para que haya comunicación eficiente se hace una disminución al elemento que hace que la comunicación se afecte (ruido), que inhibe la comunicación y sea de calidad.

Los medios de transmisión se incapacitan cuando presentan ruidos que hacen que se distorsione la señal para su comunicación, pero la ingeniería y las ciencias computacionales juegan un papel importante para hacer que estas alteraciones sean reguladas lo mejor posible para tener una comunicación excelente.

Figura 2-7 Diagrama de un sistema de comunicaciones



Fuente: <https://sites.google.com/site/tele01com/1-1-elementos-de-un-sistema-de-telecomunicaciones>

Desarrollo de la tecnología y la sociedad

El cambio tecnológico en estos momentos de la cuarta revolución industrial es tan importante que las telecomunicaciones se están digitalizando, es decir las ciencias

computacionales y la programación afectan el primer orden a las telecomunicaciones para hacer una virtualización en donde los estudios y el manejo de grandes cantidades de información (Big Data), combinado con lo que es el internet de las cosas (IoT), la instrumentación y las comunicaciones móviles ofrecen un entorno que no se había presentado en ninguna ocasión, que se denomina un entorno de hiperconectividad.

Un medio en el cual las diferentes tecnologías, innovaciones y caminos tengan una condición de autosostenibilidad y que sean puestos para el adelanto y el bienestar humano incluyendo el medio ambiente se le denomina hiperconectividad.

Sin embargo, se debe tener un especial cuidado y observar que todo este agrupamiento de las tecnologías es un vehículo para el bienestar social, es decir la aparición de nuevos modelos de negocio, regulatorios y tecnológicos están afectando a generar nuevos modelos de comportamiento ya que las telecomunicaciones están actuando en el desarrollo humano como en los ámbitos sociales y personales.

2.4 Datos e información

2.4.1 Análisis de datos

El análisis de datos se le denomina como la ciencia que explora en general conjuntos de diversos datos desde varias fuentes con la intención de incrementar los conocimientos sobre diversas acciones, tomar conclusiones y decisiones sobre la información para luego ejecutarlas.

El desarrollo y el análisis de datos reside en proveer distintas y variadas operaciones realizadas mediante algoritmos, estos algoritmos a su vez logran obtener ideas o conclusiones concisas que posteriormente se interpretan, al realizar dicha interpretación pueden definirse realmente análisis de datos porque no pueden presentar irregularidades.

Actualmente, existen muchas industrias y entidades que utilizan el análisis de datos para tomar acciones y determinar conclusiones para su implementación, donde la tecnología y la ciencia utilizan estudios de datos para demostrar modelos matemáticos o teóricas en base a números. Se define como el gran volumen de datos de variadas recopilaciones,

- 28 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

2.4.2 Big data

Se define como el gran volumen de datos de variadas recopilaciones, esta no debe pertenecer a una sola fuente, obligatoriamente deben de llegar información de otras estructuras. Toda esta gran cantidad de información llega a una velocidad inimaginable, comparándolo como si realmente ingresara una gran ola de información y que es extremadamente complejo de procesar y analizar al mismo tiempo, incluso teniendo con los sistemas de cómputo presentes en el mercado actual, es decir se requiere una gran fuerza de cómputo. El Big data también se puede hacer con diferentes herramientas, pero actualmente la tendencia es ir a la nube porque nos da más poder, a menor costo.

2.4.3 Características del Big data

- La gran cantidad de información difícil de procesar con los medios tradicionales se denomina **Volumen**.
- La **Variabilidad** de los datos, si todos los datos son de una misma base no tiene mucho reto y simplemente se analiza con un motor de base de datos tradicionales y cuando viene de diversas fuentes, ya se habla de Big Data.
- La **Velocidad** es importante, es decir con qué velocidad cambian estos datos ya que nunca dejan de llegar nuevos. Por ejemplo, el teléfono celular rastrea el movimiento por donde se mueve siempre. Siempre está generando nueva información, aunque el usuario no lo sabe.
- También se tiene la **Veracidad**, significa saber qué datos son fiables y qué datos no.
- El **Valor**, conocer qué tan pertinente es esta información para los objetivos que se buscan. Por ejemplo, si una empresa que hace pan y desea mejorar las ventas con Big data, los datos de la edad de los clientes no son datos de valor para este análisis.

2.4.4 Procesamiento de los datos

ETL (Extract, Transform, Load) es el proceso de análisis de los datos que vienen de muchísimos lugares como si fueran una sola fuente.

La primera fase es la de extracción, que es cuando se capturan los datos de todas las fuentes y se centralizan.

La segunda fase es la de transformación, los datos vienen de diferentes lugares o fuentes para incorporarle un modelo el cual se denomina como Data Cleaning, que es la limpieza de los datos para que parezcan de una sola fuente. Se debe crear un algoritmo para limpiar esos datos, donde también el Machine Learning puede ayudar en esta etapa.

La tercera fase es la de carga de información, es decir primero se extraen los datos, se organizan y ahora se cargan o guardan en un data Warehouse para su posterior análisis.

2.4.5 Transformación de los datos

La evolución de los datos en dinero se le conoce como el ciclo de vida de los datos. En primer lugar, se necesita capturar estos datos, después está el almacenamiento donde ya están limpios y estandarizados, ahora se debe encontrar patrones.

Estos patrones pueden ser encontrados a través de los algoritmos con el aprendizaje autónomo donde ni siquiera se imagina que existen. La última parte es la exploración y visualización, donde se tiene toda la información y debe ser mostrada para que sea interpretada y así tomar decisiones. Presidentes de grandes multinacionales, gerentes de bancos, grandes superficies de supermercados, entre otros, ya toman sus propias conclusiones y posteriormente sus decisiones con la información ya procesada, debido a que muestran patrones, estándares, tendencias que predicen el futuro en los usuarios dependiendo por ejemplo de sus gustos o compras. Con las tendencias se pueden saber si las ventas tienden a subir o van a bajar o qué tipo de usuarios van a comprar cierto producto, aquí es donde las empresas crean modelos de económica en base a predicciones. El Big data permite encontrar alternativas a inconvenientes comunes para las empresas, negocios o para la ciudadanía en general a través del análisis de gran cantidad de información usando capacidad de cómputo principalmente con almacenamiento en la nube y con el aprendizaje autónomo programado.

- 30 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

3. Implementación física del prototipo de invernadero

El prototipo de invernadero se elabora con los siguientes materiales:

- El material elegido para la estructura del invernadero a escala es la tubería en PVC, ya que este material posee dentro de sus características una alta resistencia al impacto, flexibilidad y resistencia a la corrosión. Internamente se le adiciona arena para proporcionarle firmeza, estabilidad a la estructura y soporte para su protección.
- El plástico traslúcido para invernaderos nos asegura observación continua en el interior, una protección adecuada ante los diferentes cambios de clima presentados y una mayor transmisión de luz, difusión, y menos distorsión de temperatura con el exterior.
- Para el cultivo de las plantas se aplica sobre el fondo del prototipo del invernadero tierra abonada con cascarilla de arroz sobre una cubierta de plástico delgada y perforada para darle respiración a las raíces.

El prototipo de invernadero se puede observar de mejor manera con los materiales anteriormente mencionados en la Figura 3-1.

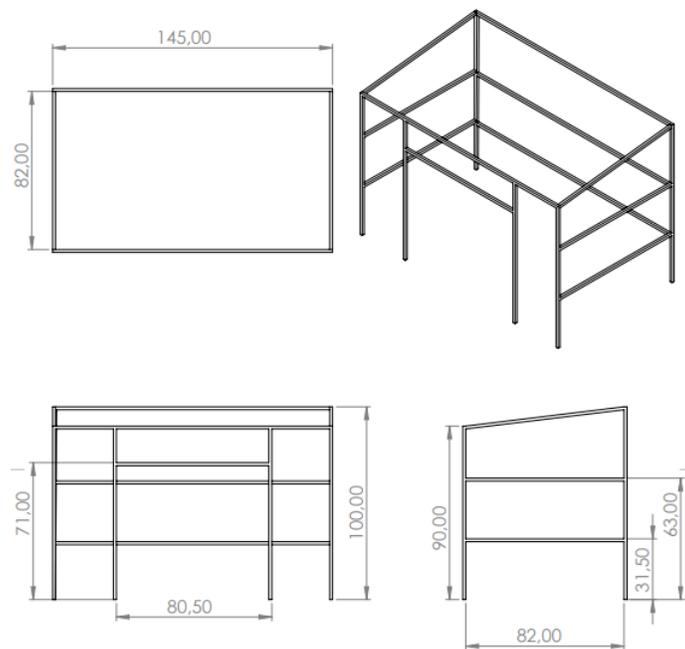
Figura 3-1 Prototipo de invernadero realizado por los autores



Fuente: Fotografía de autores

Las medidas del prototipo del invernadero están dadas en centímetros y se pueden observar en la Figura 3-2.

Figura 3-2 Estructura del prototipo del invernadero (Anexo N)



Fuente: Imagen de autores

32 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

Ahora, los implementos controladores como el Arduino Mega, los módulos de atenuación, relés de paso de corriente y sensores de humedad (YL-69) se organizan sobre una caja de paso dispuesta para su protección (Figura 4-2).

La alimentación de estos dispositivos electrónicos es suministrada por un cargador de 5 VDC. Los implementos actuadores como los bombillos y los ventiladores fueron puestos directamente en el prototipo ya que estos son los encargados de controlar la temperatura interna.

La alimentación de los dispositivos eléctricos es suministrada directamente de la red teniendo en cuenta que los módulos de atenuación son encargados de regular su voltaje.

4. Control On-Off de humedad del suelo

El control de humedad del suelo es uno de los puntos cruciales en un invernadero, ya que depende de la humectación necesaria de agua que se les inyecta a las raíces de los cultivos de manera que deba ser la medida justa para su continuo crecimiento. De acuerdo con esto el módulo Arduino (Controlador) es el que proporciona a través de su microcontrolador y memoria programable, el almacenamiento de instrucciones a manera de algoritmos que permiten una función lógica.

Por consiguiente, para el control de humedad, una bomba sumergible para peceras (Actuador) es la encargada de desplazar el agua hacia la tierra abonada para la facilidad de crecimiento de la planta. El sensor utilizado es el YL-69 que determina la humedad del suelo, de acuerdo con los valores de rango de humectación necesarios para el crecimiento del sembrío. El relé será el encargado de proporcionar el flujo de corriente para energizar la bomba.

4.1 Elementos de control de humedad

El módulo Arduino Mega (Tabla 4-1) tiene las características necesarias para llevar a cabo este proyecto de prototipo de invernadero, como lo son sus salidas PWM y su sencilla comunicación con Simulink.

- 34 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

Tabla 4-1 Características técnicas del Arduino

	Voltaje operativo	5 VDC
	Voltaje de entrada	7-12 VDC
	Pines In/Out Digital	14 (6 salidas PWM)
	Pines In análogas	16
	Memoria flash	256 kB de los cuales 8 kB es usado por el Bootloader
	SRAM	8 kB
	EEPROM	4 kB
	Frecuencia del reloj	16 MHz

Fuente: Tabla de autores

El actuador que suministra el agua necesaria para la humectación de la tierra es una bomba sumergible de pecera marca KED SUM (Tabla 4-2). Dado que el volumen de la tierra es de aproximadamente 0.12 m³, las características de la bomba son más que suficientes para el sistema de riego.

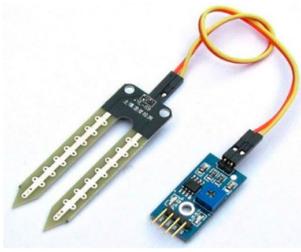
Tabla 4-2 Características técnicas de la bomba sumergible

	Marca	KED SUM
	Tamaño	(9x9x14) cm
	Caudal	100 gal/h
	Corriente	0,1 A
	Potencia	8 W
	Frecuencia	60 Hz

Fuente: Tabla de autores

El sensor de humedad (Tabla 4-3) es el encargado de verificar la cantidad de humectación al interior de la tierra, de acuerdo con los parámetros establecidos del suelo entre 80% y 40% de humedad.

Tabla 4-3 Características técnicas del sensor de humedad YL-69

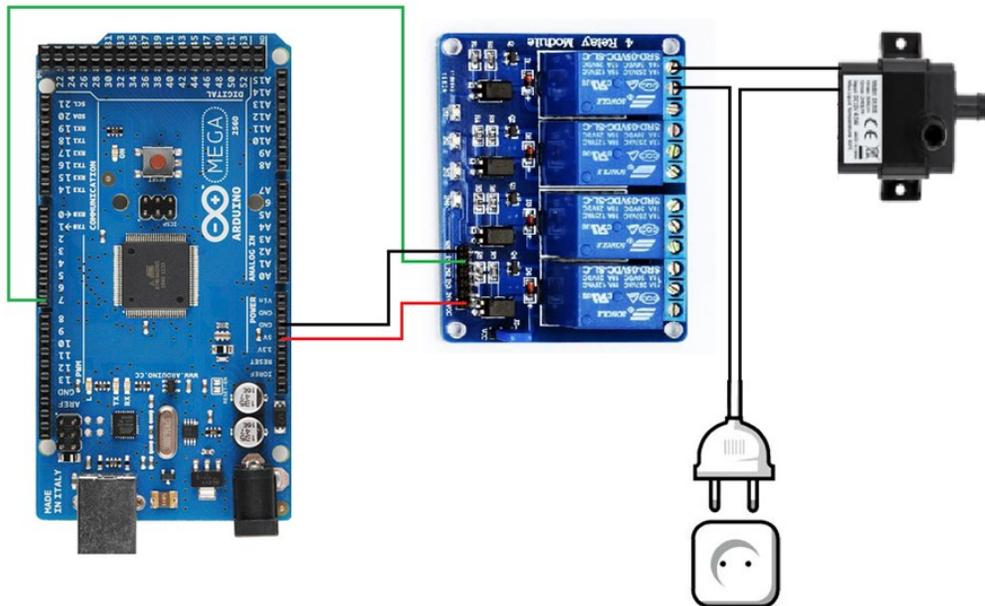
	Voltaje operativo	3,3 - 5 VDC
	Voltaje de salida	0 - 4,2 VDC
	Tipo de medición	Salida analógica y digital
	Pines	GND, VCC y Salida
	Corriente	35 mA
	Módulo	Acondicionador de señal LM393

Fuente: Tabla de autores

4.2 Circuito eléctrico de elementos del control de humedad

El circuito eléctrico implementado con todos los elementos conectados para el control de humedad se muestra en la figura 4-1.

Figura 4-1 Circuito eléctrico de los elementos de control de humedad



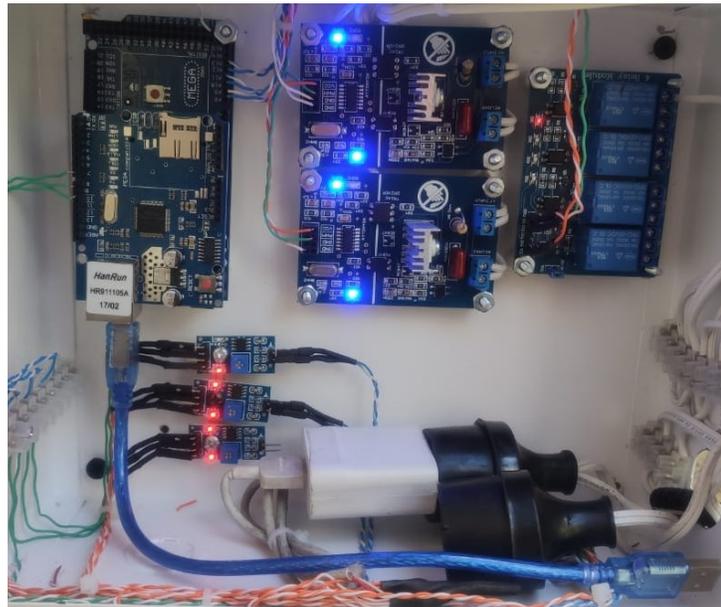
Fuente: Imagen de autores

- 36 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

4.3 Disposición de los elementos electrónicos

La disposición de los elementos electrónicos se organiza en una caja de paso que posee unas medidas 20x25x10 centímetros que ayuda a la protección mecánica y a cubrir los dispositivos de todo el sistema frente a las condiciones climáticas del día (Figura 4-2).

Figura 4-2 Elementos electrónicos dispuestos en la caja de paso



Fuente: Fotografía de autores

4.4 Consideraciones generales

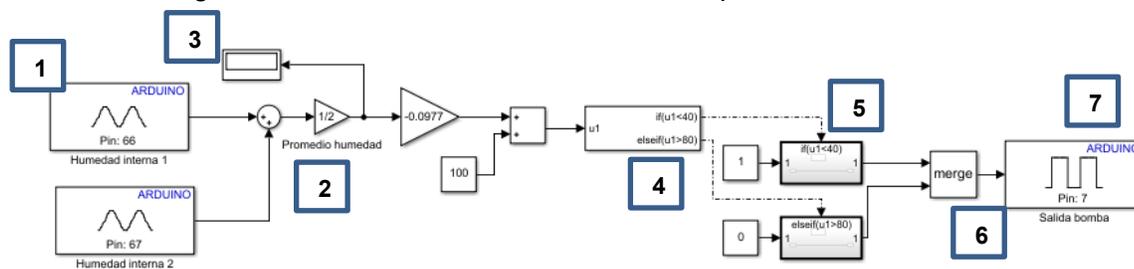
El volumen de tierra es de aproximadamente 0.12 m^3 , tomando valores de largo, ancho y profundo de las medidas del prototipo de invernadero sobre la tierra dispuesta en su interior (Anexo N).

Los valores configurados para este tipo de invernadero están en un rango de (80 – 40) % de humectación (configurable). Esto quiere decir, que dentro del rango de humedad únicamente la humectación se activará por debajo del 40% de humedad y dejando un 80% para el mantenimiento de invernadero, mantenimiento de equipos y cambio de tierra para las cosechas.

4.5 Lazo de control On-Off de humedad

El lazo de control On-Off se implementa con dos sensores de humedad conectados y promediados para determinar la humedad total del prototipo, ubicados de forma central y equidistantes incrustados en la tierra. Acoplados a su vez al bloque condicional *IF*, para hacer la determinación del rango de valores de humedad general. Para finalmente tener salida al pin 9 del Arduino que es la encargada de energizar la bomba mediante el módulo relé (Anexo I).

Figura 4-3 Lazo de control de humedad implementado en Simulink.



Fuente: Programación de autores.

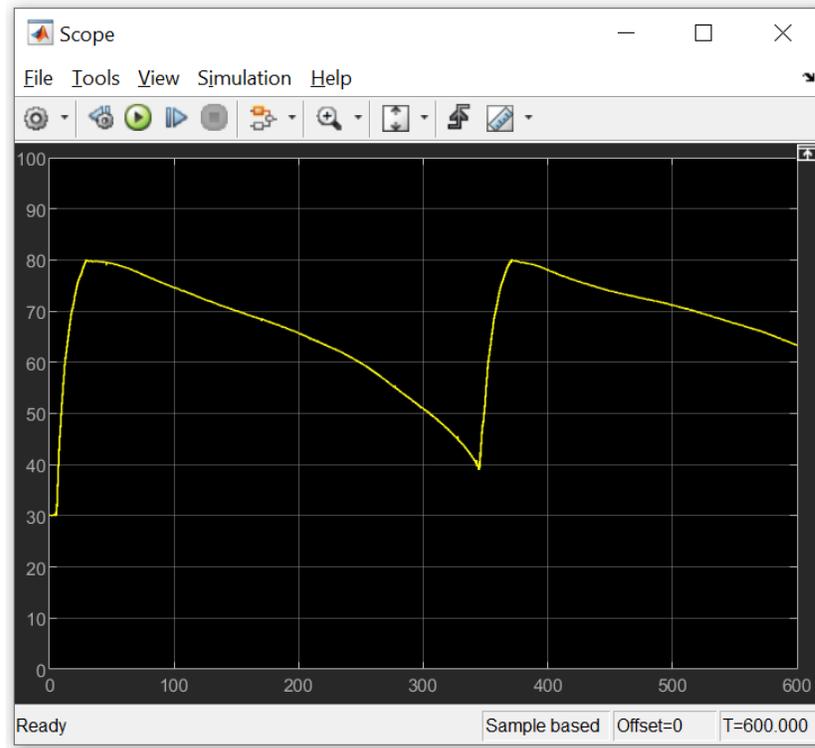
El control On-Off implementado se elabora en lazo abierto con diferentes disposiciones de los bloques de Simulink mostrando su rango de humectación para las plantas (Figura 4-3). Cada bloque se muestra explicado con su respectiva numeración.

1. Pines de entrada del Arduino, dos sensores de humedad YL-69
2. Media de valores de humedad
3. Display de humedad
4. Bloque condicional
5. Configuración del rango de humedad para el suelo
6. Condicional activa
7. Salida de alimentación de la bomba

En la Figura 4-4 se muestran los resultados del control de humedad en un intervalo de tiempo de 10 horas (600 minutos) en el rango de humedad configurado entre 40-80% de humectación sobre el sustrato del prototipo del invernadero.

38 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

Figura 4-4 Humedad configurada en el intervalo de tiempo (Humedad en % Vs. Tiempo en minutos)



Fuente: Imagen de autores

Se debe tener en cuenta que el tiempo de implementación del control On-Off se produjo durante las horas del día, por esta razón como se puede observar en la Figura 4-4 aproximadamente a la sexta hora (350 minutos) la bomba suministra el agua suficiente sobre el suelo del invernadero. Dando por hecho que el control ejecutado es efectivo para su sistema de riego.

5. Control de temperatura interna

Teniendo el modelo previsto en el capítulo 4 del control On-Off de humedad, se remite ahora al control e implementación del control de temperatura. Este control es el encargado de establecer mediante dos lazos de control (calentamiento y ventilación) la temperatura deseada en el interior del prototipo del invernadero para que el cultivo tenga un crecimiento óptimo.

Dejando un lazo de control de calentamiento para su elevación y un lazo de control de enfriamiento para la disminución de temperatura interna, cuando en el interior del invernadero el valor de temperatura programado este por debajo o por encima del Set Point respectivamente.

5.1 Calentamiento

5.1.1 Elementos de control de calentamiento

El controlador Arduino tiene las características necesarias para llevar a cabo este proyecto de prototipo de invernadero, como como lo son sus salidas PWM y su sencilla comunicación con Simulink (Tabla 4-1).

El actuador correspondiente al calentamiento es el bombillo incandescente (Tabla 5-1), sus características de calentamiento al encenderse y la hermeticidad del invernadero estarán de la mano para que la elevación de temperatura se lleve a cabo y se conserve estable.

- 40 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

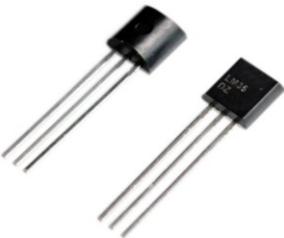
Tabla 5-1 Características técnicas del bombillo incandescente

	Voltaje operativo	110 Vac
	Potencia	100 W
	Vida útil	2000 horas
	Funcionamiento	Termoradiación
	Eficiencia luminosa	10 - 20 Lm/W
	Corriente	≈ 1 A
	Encendido	Instantáneo

Fuente: Tabla de autores

Los dos sensores LM-35 (Tabla 5-2) están ubicados al interior y centro del invernadero, de esta manera la información de temperatura puede ser promediada y cercana al valor real de temperatura, teniendo en cuenta que se le proporciona un filtro pasa bajos para mitigar las perturbaciones existentes.

Tabla 5-2 Características técnicas del sensor LM-35

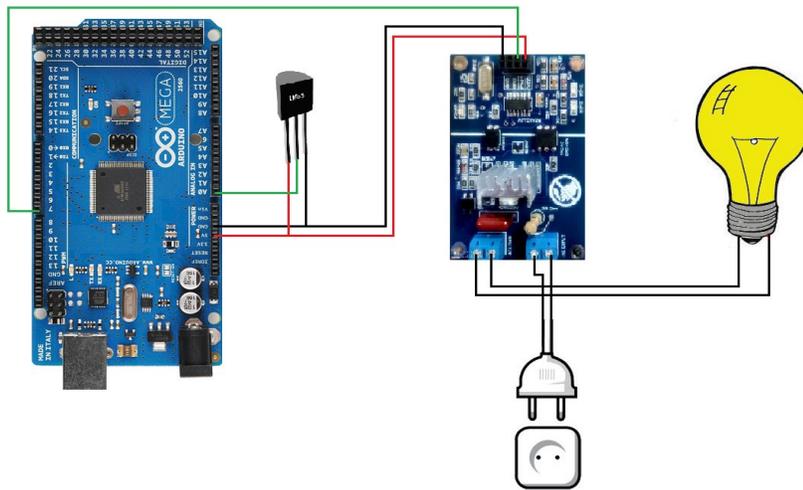
	Voltaje operativo	4 - 20 Vdc
	Resolución	10 mV / °C
	Tipo de medición	Salida analógica
	Pines	GND, VCC y Salida
	Precisión	± 1/4 °C
	Corriente	60 mA
	Calibración	Grados celsius

Fuente: Tabla de autores

5.1.2 Circuito eléctrico del control de calentamiento

El pin de salida del Arduino para el actuador se configura como un PWM, que se encarga de regular por medio de pulsos el voltaje AC del módulo de atenuación de los cuatro bombillos incandescentes en el interior del invernadero. En la figura 5-1 se puede observar el circuito eléctrico para el control de calentamiento.

Figura 5-1 Circuito eléctrico de los elementos de control de calentamiento



Fuente: Imagen de autores

5.1.3 Adquisición de datos del calentamiento

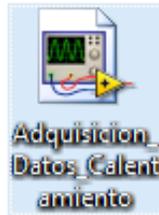
LabVIEW es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas con un lenguaje de programación visual gráfica. Tiene diferentes aplicaciones para sistemas de pruebas, control, adquisición, medición en tiempo real, entre otros. La instalación del software VI Package Manager proporciona módulos virtuales complementarios como el Digilent LINX,

Report Generation Toolkit o el Web Publishing Tool que lo hace aún más versátil para sus diferentes aplicaciones. También la compatibilidad con el sistema operativo Windows y las tarjetas de desarrollo Arduino lo hacen la herramienta ideal para la adquisición de datos en este proyecto.

El programa para la adquisición de medición de temperatura se denomina, *Adquisicion_Datos_Calentamiento* (Figura 5-2) y es el encargado de tomar datos de la temperatura cuando los actuadores de calentamiento están activados (bombillos incandescentes) y hacen la elevación de temperatura al interior del invernadero hasta llegar a un valor de temperatura estable.

- 42 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

Figura 5-2 Archivo ejecutable de la adquisición de datos del calentamiento

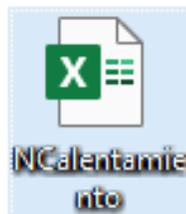


Fuente: Imagen de autores.

La configuración prevista para este programa está dada por una toma de datos cada 1.5 segundos durante un periodo de 32 minutos (configurable), para un total de 1294 datos de temperatura recibida, la programación y la interfaz del programa se puede observar a detalle en el Anexo O.

Finalizando la adquisición de los datos, el programa guarda el archivo en un formato Excel con el nombre *NCalentamiento* para poder observar los datos de temperatura (Figura 5-3).

Figura 5-3 Datos de calentamiento en Excel almacenado desde LabVIEW



Fuente: Imagen de autores

Este archivo Excel guarda dos libros internos, uno con las características básicas de los datos almacenados del calentamiento y el segundo con los valores medidos de temperatura ascendentemente sobre las columnas predeterminadas con tiempo, dato y temperatura (Figura 5-4).

Figura 5-4 Archivo Excel calentamiento, datos almacenados en el Libro2

Time	Untitled_Time*	Untitled
03/06/2020 08:44:49,904 PM	1	16,6015625
03/06/2020 08:44:51,407 PM	2	16,6015625
03/06/2020 08:44:52,911 PM	3	16,6015625
03/06/2020 08:44:54,410 PM	4	16,6015625
03/06/2020 08:44:55,908 PM	5	16,6015625
03/06/2020 08:44:57,407 PM	6	16,6015625
03/06/2020 08:44:58,911 PM	7	16,6015625
03/06/2020 08:45:00,410 PM	8	16,6015625
03/06/2020 08:45:01,904 PM	9	16,6015625
03/06/2020 08:45:03,408 PM	10	16,6015625
03/06/2020 08:45:04,911 PM	11	17,08984375
03/06/2020 08:45:06,410 PM	12	17,08984375
03/06/2020 08:45:07,909 PM	13	16,6015625
03/06/2020 08:45:09,413 PM	14	17,08984375
03/06/2020 08:45:10,910 PM	15	17,08984375

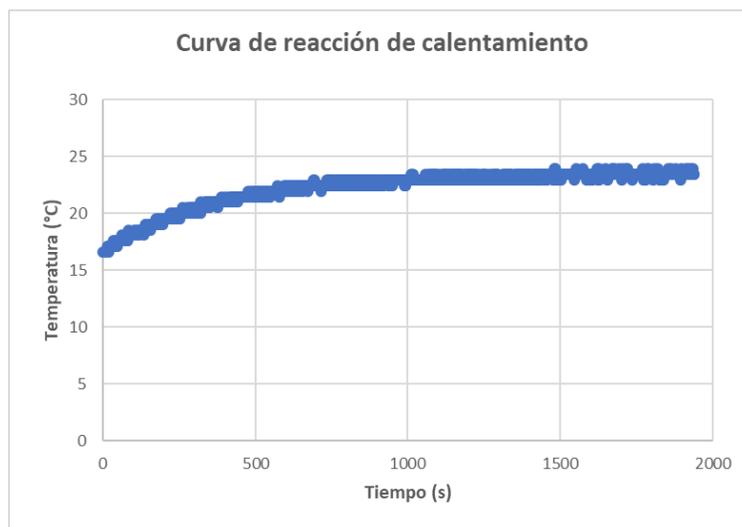
Fuente: Imagen de autores

La totalidad de los datos generados se pueden observar en el Anexo A, para comprobar la veracidad de la información.

5.1.4 Curva de reacción con los datos de calentamiento

Para corroborar la veracidad de los datos obtenidos, se grafica la curva de reacción en Excel (Figura 5-5).

Figura 5-5 Curva de reacción de calentamiento en Excel.



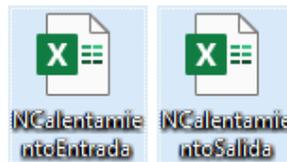
Fuente: Imagen de autores.

- 44 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

5.1.5 Importación de datos de calentamiento a Matlab

El primer paso para importar los datos a Matlab es hacerle un tratamiento al archivo Excel donde ubicaremos de forma manual los valores de *ENTRADA* y de *SALIDA* de nuestra planta (Figura 5-6), esto con el fin de que Matlab obtenga los valores de calentamiento, los analice y arroje una función de transferencia deseada para el invernadero.

Figura 5-6 Datos Excel de entrada y salida de calentamiento



Fuente: Imagen de autores

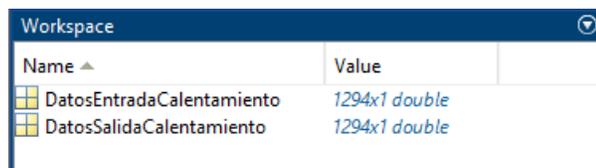
El segundo paso, es escribir el código para que Matlab agregue los archivos necesarios e identifique los valores de temperatura ascendente con su respectiva entrada.

```
DatosEntradaCalentamiento = xlsread('NCalentamientoEntrada'); %  
Acceso al archivo Excel de datos de entrada de calentamiento  
DatosSalidaCalentamiento = xlsread('NCalentamientoSalida'); %  
Acceso al archivo Excel de datos de salida de calentamiento
```

Fuente: Programación de autores

Por último, se observa en el *Workspace* que hayan sido guardados los archivos necesarios (Figura 5-7), tomando en cuenta que los valores se hayan almacenado como variables *Double* y sabiendo que la información debe tener la misma cantidad de datos.

Figura 5-7 Variables de calentamiento almacenadas en Matlab



Fuente: Imagen de autores

5.1.6 Función de transferencia del calentamiento

En el proyecto de prototipo de invernadero y en cualquier otro, la función de transferencia es el modelo matemático que relaciona la entrada con la salida. En este caso se determina que la entrada es la excitación a los bombillos incandescentes para que eleven la temperatura al interior del invernadero y su salida son los valores de temperatura ascendente y su posterior estabilidad en el tiempo.

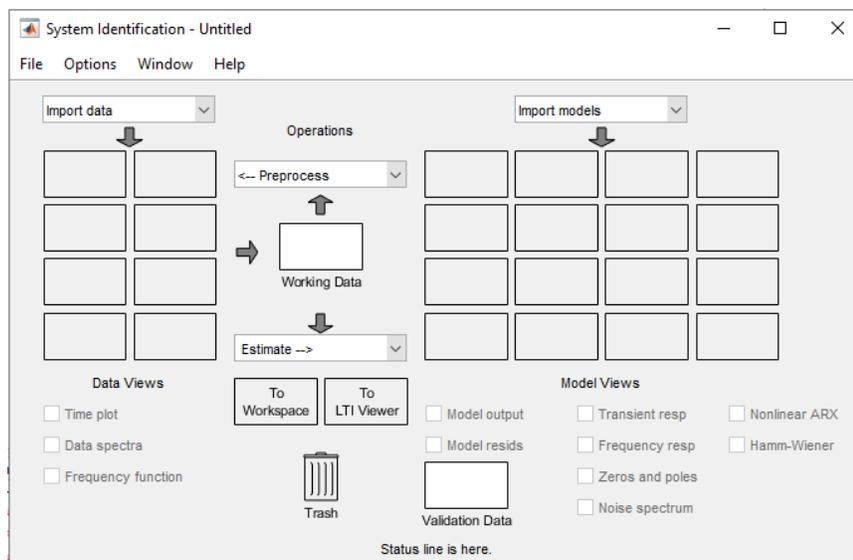
Para determinar de manera correcta la función de transferencia, optamos por utilizar el toolbox llamado *System Identification*, escrito de esta manera en el *Comand Window* de Matlab para realizar la apertura de la aplicación.

```
systemIdentification % Comando para la apertura del Toolbox
```

Fuente: Programación de autores

Cuando el programa se ejecuta se observa una ventana emergente (Figura 5-8).

Figura 5-8 Imagen del System Identification de Matlab



Fuente: Imagen de autores

Ahora se deben agregar los datos obtenidos de Entrada y Salida del calentamiento. Todos los pasos se pueden observar de manera visual en el Anexo C.

46 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

1. Se escoge la opción de importación los datos en el dominio del tiempo.
2. Se abre una ventana de opciones para ingresar los archivos de entrada y salida.
3. *Input*, nombre del archivo ingresado al momento de importar los datos de entrada.
`DatosEntradaCalentamiento` (nombre de la variable de entrada)
4. *Output*, nombre del archivo ingresado al momento de importar los datos de salida.
`DatosSalidaCalentamiento` (nombre de la variable de salida)
5. *Data Name*, Nombre de nuestra nueva función de transferencia como `ControlCalentamiento` (nombre de la función de transferencia)
6. *Starting Time*, tiempo en el que se inicializan los datos, tiempo cero.
7. *Sample Time*, tiempo de muestreo en el que se tomaron los datos previamente.
8. Clic en *Import*.

Una vez se hayan cargado los datos, sobre la ventana principal la opción *Time Plot* ayuda a observar su curva característica. Se procede a estimar la función de transferencia en la opción *Process Models* del menú desplegable *Estimate*, donde se escoge la opción *Estimar*.

Con la información suministrada la aplicación almacena un icono llamado **P1D** que es la función de transferencia del modelo del calentamiento del invernadero.

La opción *Model Output* indica la coincidencia del modelo experimental contra el teórico hallado en Matlab, para llegar a un valor de 87.65% de coincidencia, valor sobresaliente y cercano para realizar el control de calentamiento.

Volviendo al *Comand Window*, se observa la variable P1D almacenada en el *Workspace* junto con los datos de entrada y salida del calentamiento. Así mismo, esta variable necesita una transformación para entenderla de mejor manera con un simple código, teniendo en cuenta que las unidades de la función de transferencia son temperatura/voltaje ($^{\circ}\text{C}/\text{V}$):

```
FuncionTransferenciaCalentamientoContinua = tf(P1D); % Cambio de
variable y muestra la función de transferencia en el dominio del
tiempo
```

```
>> FuncionTransferenciaCalentamientoContinua
FuncionTransferenciaCalentamientoContinua =
  From input "u1" to output "y1":
      1.067
  exp(-0.741*s) * -----
                  372.7 s + 1
Name: P1D
Continuous-time transfer function.
```

Con una sencilla observación se determina que es un sistema de primer orden ya que por su relación entrada-salida su máximo orden del denominador es uno. Con el siguiente código se puede determinar la función de transferencia en el dominio de la frecuencia, con base a la variable P1D que se determina en los pasos anteriores:

```
FuncionTransferenciaCalentamientoDiscreta = c2d(tf(P1D),1.5); %
Cambio de variable y muestra la función de transferencia en el
dominio de la frecuencia, con un tiempo de muestreo de 1.5 seg
Fuente: Programación de autores
```

Para finalmente obtener:

```
>> FuncionTransferenciaCalentamientoDiscreta
FuncionTransferenciaCalentamientoDiscreta =
  From input "u1" to output "y1":
      0.002171 z + 0.002115
  z^(-1) * -----
              z - 0.996
Sample time: 1.5 seconds
Discrete-time transfer function.
```

- 48 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

5.1.7 Valores Kp, Ki, y Kd de calentamiento

Se realiza distintos procedimientos para determinar cuál es el mejor control para su implementación.

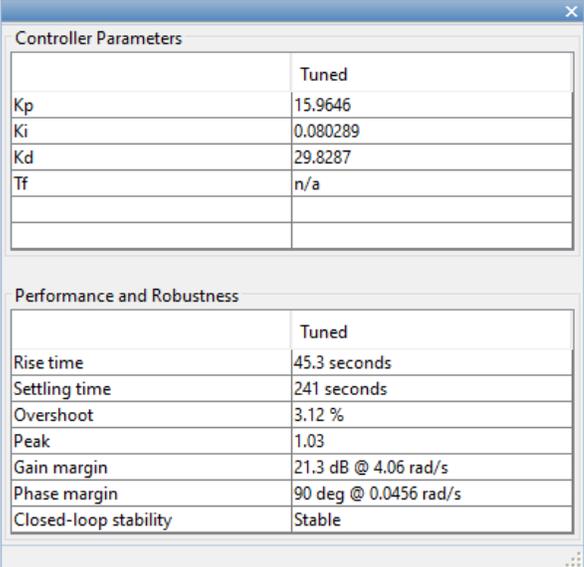
- **Procedimiento en Matlab en tiempo continuo**

El procedimiento en Matlab se basa en su sintonizador interno, que ayuda a visualizar en tiempo real los parámetros que se quieren configurar dependiendo de los distintos requerimientos a determinar (Anexo E).

1. En el Comand Window se digita el código *pidTuner*, que es la opción de apertura de su aplicación PID Tuner – Step Plot.
2. En la parte superior izquierda, el menú desplegable *Plant* arroja la opción de importar la función de transferencia guardada anteriormente en tiempo continuo, `FuncionTransferenciaCalentamientoContinua`
3. La siguiente opción es *Type*, donde se escoge el tipo de controlador que se desea implementar, en este caso un controlador PID continuo.
4. El icono mostrado al lado derecho de la pantalla es *Show Parameters*, que calcula las constantes que se desean para el controlador dependiendo de la configuración requerida para el sistema.
5. Como alternativa si se quiere un control sea más rápido o lento, robusto o agresivo; con las barras de desplazamiento se puede ubicar de mejor manera las características adecuadas para el sistema.

Al final de este procedimiento se obtienen los siguientes valores de las constantes para el controlador PID de control de calentamiento en tiempo continuo (Figura 5-9).

Figura 5-9 Valores de constantes de control PID calentamiento en tiempo continuo



Controller Parameters	
	Tuned
Kp	15.9646
Ki	0.080289
Kd	29.8287
Tf	n/a
Performance and Robustness	
	Tuned
Rise time	45.3 seconds
Settling time	241 seconds
Overshoot	3.12 %
Peak	1.03
Gain margin	21.3 dB @ 4.06 rad/s
Phase margin	90 deg @ 0.0456 rad/s
Closed-loop stability	Stable

Fuente: Imagen tomada de Matlab

▪ Método Ziegler-Nichols

El método de Ziegler-Nichols son tablas de sintonía desarrollada por los autores Ziegler y Nichols en el año de 1942, donde por *experimentaciones en diferentes plantas* lograron al final obtener una serie de cálculos y estimar los parámetros del controlador. Dicha tabla se popularizó tanto que hasta este día se sigue utilizando. Este tipo de sintonía es especialmente utilizada cuando *no se conoce el modelo matemático*, porque únicamente se basa en la respuesta del sistema ante una determinada entrada.

La sintonía primero que todo se debe realizar en lazo abierto, para inyectarle una señal tipo escalón unitario al proceso. La salida de esta respuesta debe arrojar una dinámica de tipo integradora, oscilatoria o sigmoial (Figura 5-10). Si la respuesta arroja una dinámica integradora u oscilatoria no se puede realizar este tipo de sintonía.

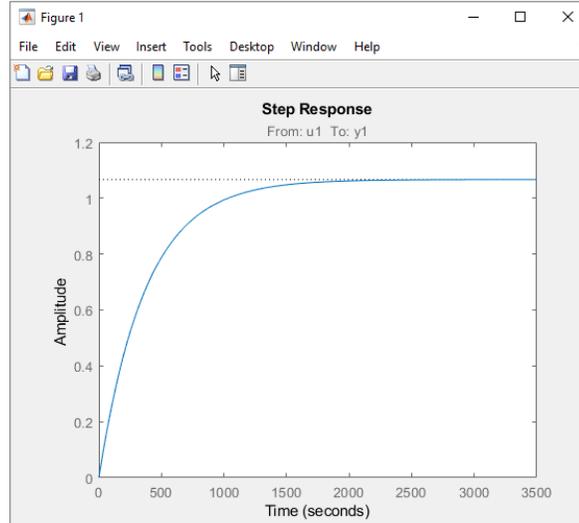
La señal tipo escalón unitario se realiza por código en Matlab.

```
>> step(FuncionTransferenciaCalentamientoContinua)
```

Fuente: Programación de autores

50 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

Figura 5-10 Función de transferencia en lazo abierto del calentamiento



Fuente: Imagen tomada del software de Matlab

La respuesta arroja una señal tipo sigmoïdal y se puede efectuar la sintonía a través de Ziegler-Nichols. En la Tabla 5-3 muestra cómo se efectúa la sintonía y las variables que se debe conocer antes de continuar y además establecer las constantes requeridas para el control PID.

Tabla 5-3 Tabla de valores elaborada por Ziegler-Nichols

Tipo de controlador	K_p	T_i	T_d
P	$\frac{T}{L}$	∞	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

Fuente: Libro ingeniería de control moderna, Ogata 2010

L = Retardo del sistema (tiempo desde el instante inicial hasta en punto de corte tangente o punto de inflexión y corta el eje del tiempo).

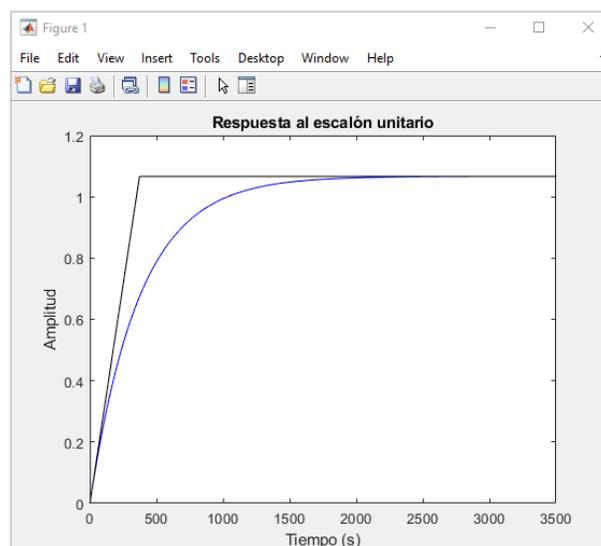
T = Constante de tiempo (tiempo desde el corte del eje de tiempo de la tangente o punto de inflexión hasta el corte de la línea prolongada de la máxima amplitud del sistema).

Para determinar las variables requeridas se utiliza el siguiente código de Matlab que por la programación se facilita, grafica (Figura 5-11) e indica los valores de las constantes del controlador PID necesarios.

```
dt = 0.005;
t = 0:dt:3500; %Vector de tiempo
y = step(FuncionTransferenciaCalentamientoContinua,t); %Respuesta
al escalón
dy = diff(y)/dt; %Derivada de la curva en el tiempo
[m,p] = max(dy); %Vector del punto de inflexión
yi = y(p); %Posición del punto de inflexión en la amplitud
ti = t(p); %Posición del punto de inflexión en el tiempo
k = y(end); %Ganancia del sistema
L = ti-yi/m; %Retardo
tau = (y(end)-yi)/m+ti-L; %Constante de tiempo
plot(t,y,'b',[0 L L+tau t(end)], [0 0 y(end) y(end)], 'k');
title('Respuesta al escalón unitario')
ylabel('Amplitud')
xlabel('Tiempo (s)')
Kp = 1.2*tau/L; %Valor Kp sintonía Ziegler-Nichols
Ti = 2*L; %Valor Ti sintonía Ziegler-Nichols
Td = 0.5*L; %Valor Td sintonía Ziegler-Nichols
Ki = Kp/Ti; %Constante Ki del controlador
Kd = Kp*Td; %Constante Kd del controlador
```

Fuente: Programación de autores

Figura 5-11 Caracterización de valores de calentamiento



Fuente: Imagen tomada del software de Matlab

- 52 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

Una vez graficado el sistema como se muestra en la Figura 5-10, se obtiene fácilmente las constantes K_p , K_i , y K_d del modelo de calentamiento que se observan en la Figura 5-12.

Figura 5-12 Valores K_p , K_i , y K_d del control del calentamiento Ziegler-Nichols

```
>> Kp      >> Ki      >> Kd
Kp =      Ki =      Kd =
603.4515  407.1873  223.5788
```

Fuente: Imagen de autores.

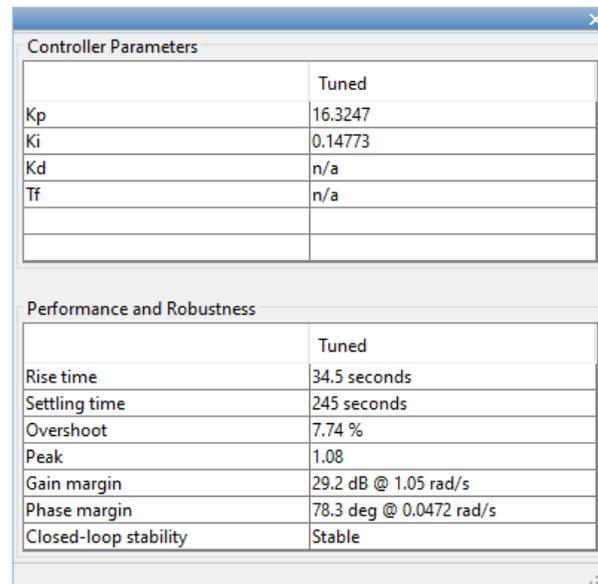
▪ Procedimiento en Matlab en tiempo discreto

El procedimiento en Matlab se basa en su sintonizador interno, que ayuda a visualizar en tiempo real los parámetros que se quieren configurar dependiendo de los distintos requerimientos a determinar (Anexo G).

1. En el *Command Window* se digita el código *pidTuner*, que es la opción de apertura de su aplicación PID Tuner – Step Plot.
2. En la parte superior izquierda, el menú desplegable *Plant* arroja la opción de importar la función de transferencia guardada anteriormente en tiempo discreto, `FuncionTransferenciaCalentamientoDiscreta`
3. La siguiente opción es *Type*, donde se escoge el tipo de controlador que se desea implementar, en este caso un controlador PID discreto.
4. Se escoge la opción de *Domain*, en *Frequency*.
5. El icono mostrado al lado derecho de la pantalla es *Show Parameters*, que calcula las constantes que se desean para el controlador.
6. Como alternativa si se quiere un control sea más rápido o lento, robusto o agresivo; con las barras de desplazamiento se puede ubicar de mejor manera las características adecuadas para el sistema.

Al final de este procedimiento se obtienen los siguientes valores de las constantes para el controlador PID de control de calentamiento en tiempo discreto (Figura 5-13).

Figura 5-13 Valores de constantes de control PID calentamiento en tiempo discreto



Controller Parameters	
	Tuned
Kp	16.3247
Ki	0.14773
Kd	n/a
Tf	n/a

Performance and Robustness	
	Tuned
Rise time	34.5 seconds
Settling time	245 seconds
Overshoot	7.74 %
Peak	1.08
Gain margin	29.2 dB @ 1.05 rad/s
Phase margin	78.3 deg @ 0.0472 rad/s
Closed-loop stability	Stable

Fuente: Imagen tomada del software de Matlab

5.1.8 Comparación de los controles PID calentamiento

Los valores de constantes obtenidos de los tres métodos anteriormente vistos son implementados en los controles PID de calentamiento por separado (Anexo J). Teniendo en cuenta que cada método es diferente es necesario observar las características de cada uno. Para el control PID de calentamiento se determina un valor de Set Point con valor de 24°C, que es un valor para establecer de temperatura adecuada frente al cultivo.

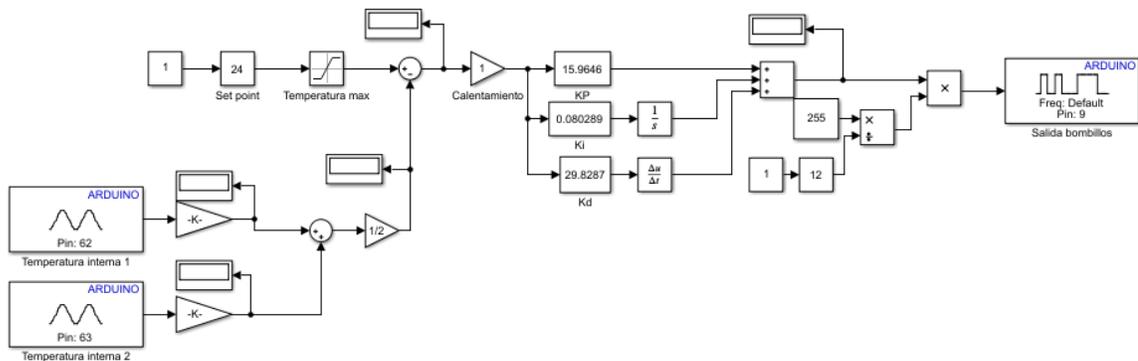
Para determinar mejor las características de cada control implementado se deja el prototipo de invernadero encendido con cada control implementado de calentamiento durante aproximadamente 20 minutos con el valor de Set Point en 24°C.

Al momento de escoger el control a implementar, las características adecuadas de este tipo de control térmico se deciden a través del error en estado estacionario, tiempo de establecimiento, tiempo de respuesta y overshoot de la curva.

54 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

- De esta manera se implementa el primer método con los valores de las constantes del control PID de calentamiento en tiempo continuo tomados del software de Matlab para corroborar que las ganancias halladas sean adecuadas en su ejecución. El control se implementa en Simulink (Figura 5-14) y se lleva a cabo con los parámetros anteriormente mencionados

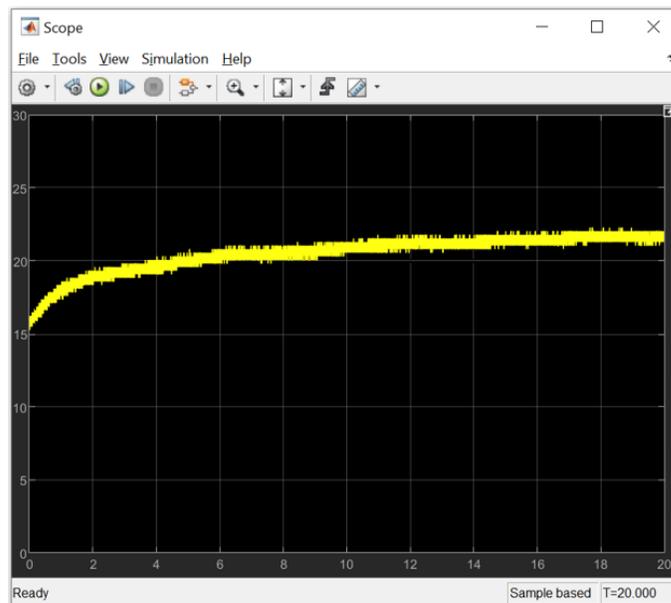
Figura 5-14 Control PID en tiempo continuo de calentamiento



Fuente: Imagen de autores

Se puede observar en la Figura 5-15, que el control tiene una proximidad al valor de Set Point, pero no tiene estabilización alguna dado el tiempo configurado, dando un error en estado estacionario de aproximadamente un 2.5°C, overshoot no presenta ya que es un sistema térmico y por ende un sistema lento, los actuadores no son robustos para que el sistema pueda tener una elevación brusca de temperatura, y el tiempo de establecimiento se encuentra alrededor de los 18 minutos y no llegando a su set point.

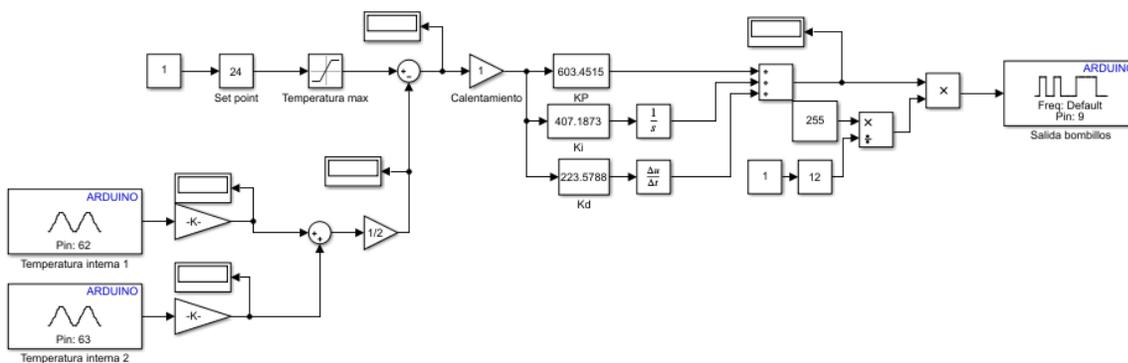
Figura 5-15 Valores constantes de calentamiento en tiempo continuo de Matlab (Temperatura en °C Vs. Tiempo en minutos)



Fuente: Figura obtenida del scope de Simulink

- El segundo método, se establecen los valores de las constantes PID en tiempo continuo de la tabla de Ziegler-Nichols para corroborar que las ganancias halladas sean adecuadas en su ejecución. El control se implementa en Simulink (Figura 5-16) y se lleva a cabo con los parámetros anteriormente mencionados.

Figura 5-16 Control PID de calentamiento por Ziegler-Nichols

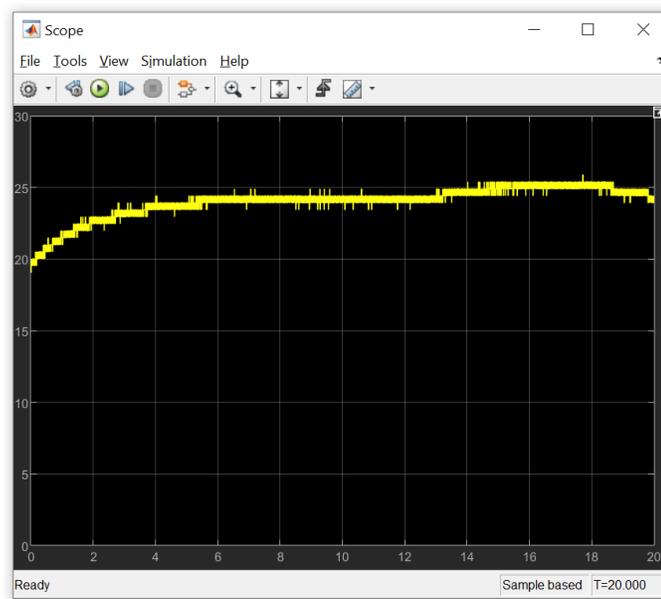


Fuente: Imagen de autores

56 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

Podemos observar en la Figura 5-17, el control tiene una pequeña elevación de temperatura con respecto al valor de Set Point después los 13 minutos dejándolo con una estabilización precaria dando un error en estado estacionario de aproximadamente un 1.5°C , overshoot no presenta ya que es un sistema térmico y los actuadores no son robustos para que el sistema pueda tener una elevación brusca de temperatura, y el tiempo de establecimiento no se puede determinar de forma concreta ya que tiene una elevación significativa y posterior una disminución en menos de 7 minutos.

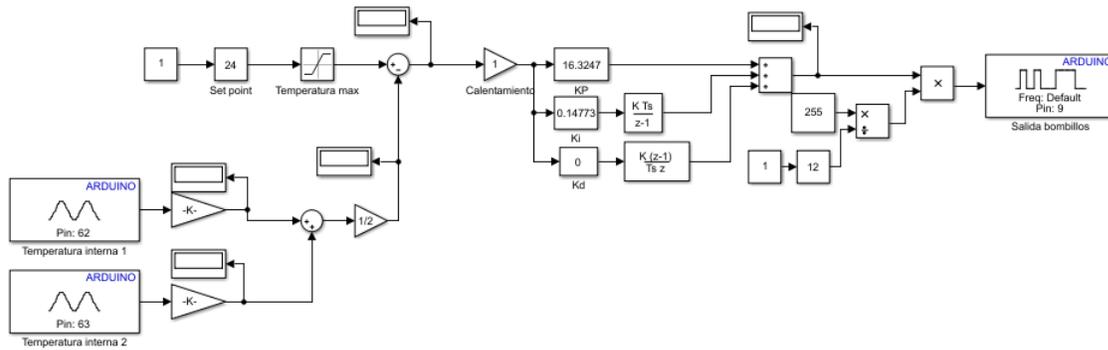
Figura 5-17 Valores constantes de calentamiento en tiempo continuo de Ziegler-Nichols (Temperatura en $^{\circ}\text{C}$ Vs. Tiempo en minutos)



Fuente: Figura obtenida del scope de Simulink

- Por último, se implementa el tercer método con los valores de las constantes del control PID de calentamiento en tiempo discreto tomados del software de Matlab para corroborar que las ganancias halladas sean adecuadas en su ejecución. El control se implementa en Simulink (Figura 5-18) y se lleva a cabo con los parámetros anteriormente mencionados.

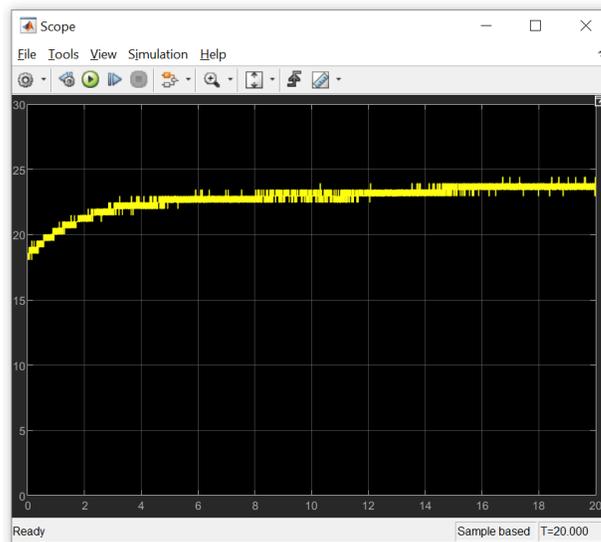
Figura 5-18 Control PID en tiempo discreto de calentamiento



Fuente: Imagen de autores

Para finalizar en la Figura 5-19, overshoot no presenta ya que es un sistema térmico y los actuadores no son robustos para que el sistema tenga un sobre pico, el valor de Set Point tiene un ligero error de estado estacionario alrededor de 0.7°C, y el tiempo de establecimiento determina en un valor de 12 minutos.

Figura 5-19 Valores constantes de calentamiento en tiempo discreto de Matlab (Temperatura en °C Vs. Tiempo en minutos)



Fuente: Figura obtenida del scope de Simulink

- 58 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

5.1.9 Lazo de control PID implementado para el calentamiento

Las características que ofrece el control PID de calentamiento en tiempo discreto son los adecuados frente al sistema, debido a su bajo error en estado estacionario para este tipo de control climático dejándolo como el método de implementación en el control de calentamiento para el prototipo del invernadero.

La implementación del control PID para el calentamiento (Figura 5-18) se efectúa con los valores de las constantes proporcionadas por Matlab en tiempo discreto, ya que estos valores fueron los que más se aproximaron a los requerimientos del sistema.

El control se realiza con los bloques de Simulink y se puede detallar de mejor manera en el Anexo J como *Control PID tiempo discreto de calentamiento mediante constantes hallados en Matlab*.

5.2 Enfriamiento

El control de enfriamiento se establece para obtener un mejor control de temperatura interna en caso de que el valor de temperatura interna exceda los valores de referencia de temperatura deseados al interior del prototipo del invernadero y por ende pueda reducir su valor por medio de su ventilación.

5.2.1 Elementos de control enfriamiento

El controlador Arduino tiene las características necesarias para llevar a cabo este proyecto de prototipo de invernadero, como por ejemplo sus salidas PWM y su sencilla comunicación con Simulink (Tabla 4-1).

El actuador correspondiente a la disminución de temperatura es el ventilador (Tabla 5-4), sus características de disipación lo hacen el dispositivo ideal para extraer la temperatura del invernadero desde su interior.

Tabla 5-4 Características técnicas del ventilador

	Marca	TOP SPEC
	Tamaño	(8x8x2) cm
	Corriente	0,47 A
	Velocidad	2500 RPM
	Voltaje	110 VAC
	Frecuencia	60 Hz

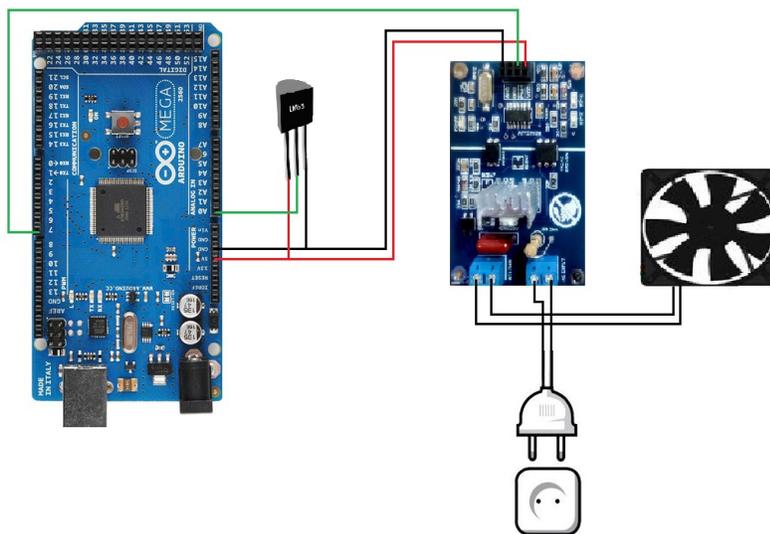
Fuente: Tabla de autores

Los dos sensores LM-35 (Tabla 5-2) están ubicados al interior y centro del invernadero, de esta manera la información de temperatura puede ser promediada y cercana al valor real de temperatura, teniendo en cuenta que se le proporciona un filtro pasa bajos para mitigar las perturbaciones existentes.

5.2.2 Circuito eléctrico del control de enfriamiento

El pin de salida del Arduino para el actuador se configura como un PWM, que se encarga de regular por medio de pulsos el voltaje AC del módulo de atenuación de los dos ventiladores en el interior del invernadero. En la figura 5-20 se puede observar el circuito eléctrico para el control de calentamiento.

Figura 5-20 Circuito eléctrico de los elementos de control de enfriamiento



Fuente: Imagen de autores

5.2.3 Adquisición de datos de enfriamiento

Para la adquisición de los datos de enfriamiento se utilizó la misma herramienta del programa LabVIEW con su respectivo módulo *Digilent LINX*. El programa para la adquisición de medición de temperatura para su disminución se denomina, *Adquisicion_Datos_Enfriamiento* (Figura 5-21) y es el encargado de tomar datos de la temperatura cuando los actuadores de enfriamiento están activados (extractores) y hacen la disminución de temperatura al interior del invernadero hasta llegar a un valor de temperatura estable.

Figura 5-21 Archivo ejecutable de la adquisición de datos del enfriamiento



Fuente: Imagen de autores

La configuración prevista para este programa está dada por una toma de datos cada 1.5 segundos durante un periodo de 35 minutos (configurable), para un total de 1273 datos de temperatura recibida, la programación y la interfaz del programa se puede observar a detalle en el Anexo O. Finalizando la adquisición de los datos, el programa guarda el archivo en un formato Excel con el nombre *NEnfriamiento* para poder observar los datos de temperatura (Figura 5-22).

Figura 5-22 Datos de enfriamiento en Excel almacenado desde LabVIEW



Fuente: Imagen de autores

Este archivo Excel guarda dos libros internos, uno con las características básicas de los datos almacenados del enfriamiento y el segundo libro con los valores medidos de temperatura descendientemente sobre las columnas predeterminadas con tiempo, dato, temperatura (Figura 5-23).

Figura 5-23 Archivo Excel enfriamiento, datos almacenados en el Libro2

Time	Untitled_Time*	Untitled
05/06/2020 04:13:43,695 PM	0	28,3203125
05/06/2020 04:13:45,198 PM	1	28,3203125
05/06/2020 04:13:46,697 PM	2	28,3203125
05/06/2020 04:13:48,200 PM	3	28,3203125
05/06/2020 04:13:49,695 PM	4	28,80859375
05/06/2020 04:13:51,199 PM	5	28,3203125
05/06/2020 04:13:52,702 PM	6	28,3203125
05/06/2020 04:13:54,201 PM	7	28,3203125
05/06/2020 04:13:55,699 PM	8	27,83203125
05/06/2020 04:13:57,198 PM	9	28,3203125
05/06/2020 04:13:58,702 PM	10	27,83203125
05/06/2020 04:14:00,201 PM	11	28,3203125
05/06/2020 04:14:01,700 PM	12	27,83203125
05/06/2020 04:14:03,199 PM	13	28,3203125
05/06/2020 04:14:04,702 PM	14	28,3203125
05/06/2020 04:14:06,197 PM	15	28,3203125

Fuente: Imagen de autores

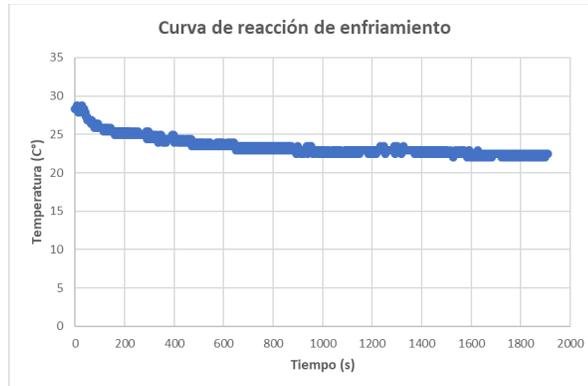
La totalidad de los datos generados se pueden observar en el Anexo B, para comprobar la veracidad de la información.

5.2.4 Curva de reacción con los datos de enfriamiento

Para corroborar la veracidad de los datos obtenidos, se grafica la curva de reacción en Excel (Figura 5-24).

- 62 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

Figura 5-24 Curva de reacción de enfriamiento en Excel.

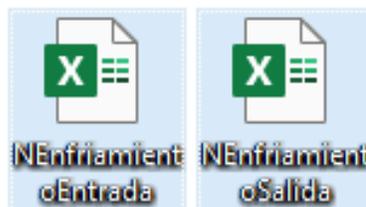


Fuente: Imagen de autores.

5.2.5 Importación de datos de enfriamiento a Matlab

El primer paso para importar los datos a Matlab es hacerle un tratamiento al archivo Excel donde ubicaremos de forma manual los valores de *ENTRADA* y de *SALIDA* de nuestra planta (Figura 5-25), esto con el fin de que Matlab obtenga los valores de enfriamiento, los analice y arroje una función de transferencia deseada para el invernadero.

Figura 5-25 Datos Excel de entrada y salida de enfriamiento



Fuente: Imagen de autores

El segundo paso, es escribir el código para que Matlab agregue los archivos necesarios e identifique los valores de temperatura descendientes con su entrada.

```
DatosEntradaEnfriamiento = xlsread('NEnfriamientoEntrada'); %  
Acceso al archivo Excel de datos de entrada de enfriamiento  
DatosSalidaEnfriamiento = xlsread('NEnfriamientoSalida'); % Acceso  
al archivo Excel de datos de salida de enfriamiento
```

Fuente: Programación de autores

Por último, se observa en el *Workspace* que hayan sido guardados los archivos necesarios (Figura 5-26), tomando en cuenta que los valores se hayan almacenado como variables *Double* y sabiendo que la información debe tener la misma cantidad de datos.

Figura 5-26 Variables de enfriamiento almacenadas en Matlab



Fuente: Imagen de autores

5.2.6 Función de transferencia enfriamiento

La función de transferencia es el modelo matemático que relaciona la entrada con la salida. En este caso se determina que la entrada es la excitación de los extractores para que remuevan el exceso de temperatura al interior del invernadero y su salida son los valores de temperatura descendiente y su posterior estabilidad en el tiempo.

Para determinar de manera correcta la función de transferencia, optamos por utilizar el toolbox llamado *System Identification*, escrito de esta manera en el Comand Window de Matlab para realizar su apertura de la aplicación.

```
systemIdentification % Comando para la apertura del Toolbox
```

Fuente: Programación de autores

Cuando el programa se ejecuta se observa una ventana emergente (Figura 5-8).

Ahora se deben agregar los datos obtenidos de Entrada y Salida del calentamiento. Todos los pasos se pueden observar de manera visual en el Anexo D.

1. Se escoge la opción de importación los datos en el dominio del tiempo.
2. Se abre una ventana de opciones para ingresar los archivos de entrada y salida.
3. *Input*, nombre del archivo ingresado al momento de importar los datos de entrada.

`DatosEntradaEnfriamiento` (nombre de la variable de entrada)

64 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

4. *Output*, nombre del archivo ingresado al momento de importar los datos de salida. `DatosSalidaEnfriamiento` (nombre de la variable de salida)
5. *Data Name*, Nombre de nuestra nueva función de transferencia como `ControlEnfriamiento` (nombre de la función de transferencia).
6. *Starting Time*, tiempo en el que se inicializan los datos, tiempo cero.
7. *Sample Time*, tiempo de muestreo en el que se tomaron los datos previamente.
8. Clic en *Import*.

Una vez se hayan cargado los datos, sobre la ventana principal la opción *Time Plot* ayuda a observar su curva característica. Se procede a estimar la función de transferencia en la opción *Process Models* del menú desplegable *Estimate*, donde se escoge la opción *Estimar*.

Con la información suministrada la aplicación almacena un icono llamado **P1D** que es la función de transferencia del modelo del enfriamiento del invernadero.

La opción *Model Output* indica la coincidencia del modelo experimental contra el teórico hallado en Matlab, para llegar a un valor de 77.29% de coincidencia, valor aceptable para realizar el control de enfriamiento.

Volviendo al *Command Window*, se observa la variable P1D almacenada en el *Workspace* junto con los datos de entrada y salida del enfriamiento. Así mismo, esta variable necesita una transformación para entenderla de mejor manera con un simple código, teniendo en cuenta que las unidades de la función de transferencia son temperatura/voltaje (°C/V):

```
FuncionTransferenciaEnfriamientoContinua = tf(P1D); % Cambio de
variable y muestra nuestra función de transferencia en el dominio
del tiempo
```

```
>> FuncionTransferenciaEnfriamientoContinua
FuncionTransferenciaEnfriamientoContinua =
  From input "u1" to output "y1":
          1.016
  exp(-45*s) * -----
          460 s + 1
Name: P1D
Continuous-time transfer function.
Fuente:      Programación de autores.
```

Nota: Tomando en cuenta que su curva es descendente, Matlab toma la función de transferencia positiva para efectos prácticos, sin olvidar que debe tener un signo negativo. Con una sencilla observación se determina que es un sistema de primer orden ya que por su relación entrada-salida su máximo orden del denominador es orden uno.

Con el siguiente código podemos determinar la función de transferencia en el dominio de la frecuencia, con base a la variable P1D que se determina en los pasos anteriores:

```
FuncionTransferenciaEnfriamientoDiscreta = c2d(tf(P1D),1.5); %
Cambio de variable y muestra nuestra función de transferencia en el
dominio de la frecuencia, con un tiempo de muestreo de 1.5 seg
Fuente:      Programación de autores.
```

Para finalmente obtener:

```
>> FuncionTransferenciaEnfriamientoDiscreta
FuncionTransferenciaEnfriamientoDiscreta =
  From input "u1" to output "y1":
          0.003308
  z^(-30) * -----
          z - 0.9967
Sample time: 1.5 seconds
Discrete-time transfer function.
```

5.2.7 Valores Kp, Ki y Kd de enfriamiento

Se realizan distintos procedimientos para determinar cuál es el mejor control para su implementación.

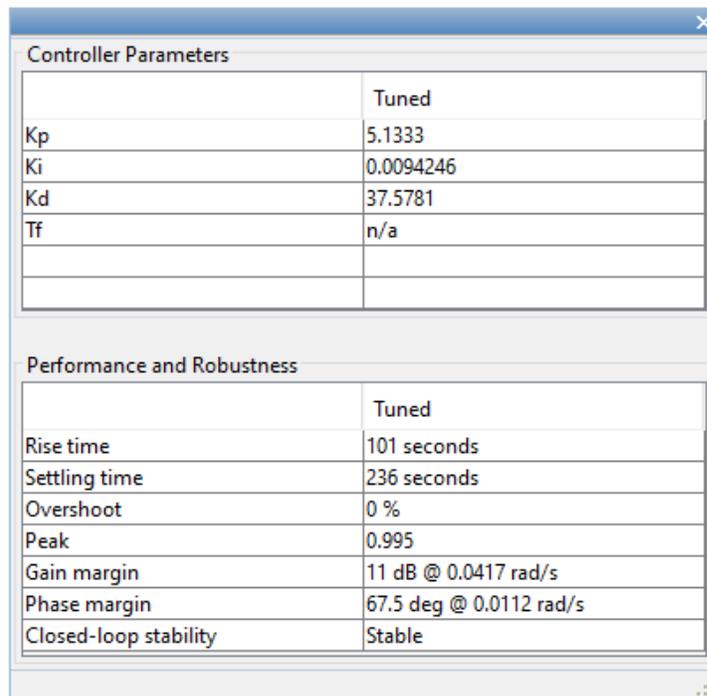
▪ Procedimiento en MatLab en tiempo continuo

El procedimiento en Matlab se basa en su sintonizador interno, que ayuda a visualizar en tiempo real los parámetros que se quieren configurar dependiendo de los distintos requerimientos a determinar (Anexo F).

1. En el Comand Window se digita el código *pidTuner*, que es la opción de apertura de su aplicación PID Tuner – Step Plot.
2. En la parte superior izquierda, el menú desplegable *Plant* arroja la opción de importar la función de transferencia guardada anteriormente, `FuncionTransferenciaEnfriamientoContinua`
3. La siguiente opción será *Type*, donde se escoge el tipo de controlador que se desea implementar, en este caso un controlador PID continuo.
4. El icono mostrado al lado derecho de la pantalla es *Show Parameters*, que calcula las constantes que se desean para el controlador dependiendo de la configuración requerida para el sistema.
5. Como alternativa si se quiere un control sea más rápido o lento, robusto o agresivo; con las barras de desplazamiento se puede ubicar de mejor manera las características adecuadas para el sistema.

Al final de este procedimiento obtenemos estos siguientes valores de constantes para nuestro controlador PID de control de enfriamiento (Figura 5-27).

Figura 5-27 Valores de constantes de control PID enfriamiento en tiempo continuo



Controller Parameters	
	Tuned
Kp	5.1333
Ki	0.0094246
Kd	37.5781
Tf	n/a

Performance and Robustness	
	Tuned
Rise time	101 seconds
Settling time	236 seconds
Overshoot	0 %
Peak	0.995
Gain margin	11 dB @ 0.0417 rad/s
Phase margin	67.5 deg @ 0.0112 rad/s
Closed-loop stability	Stable

Fuente: Imagen de autores

▪ Método de Ziegler-Nichols

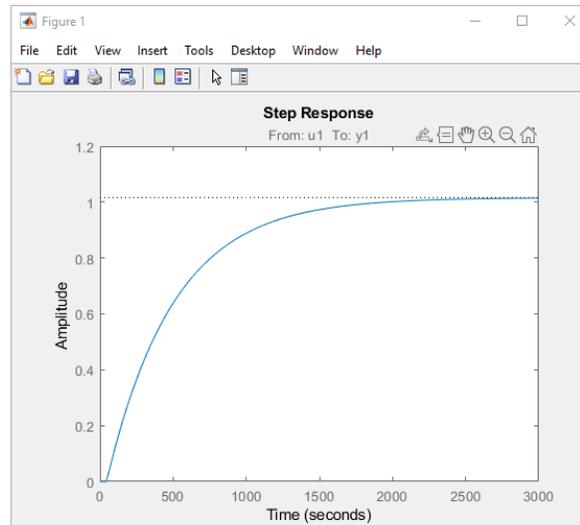
La sintonía primero que todo lo debemos realizar en lazo abierto, para inyectarle una señal tipo escalón unitario al proceso. La salida de esta respuesta debe arrojar una dinámica de tipo integradora, oscilatoria o sigmoïdal (Figura 5-28). Si la respuesta arroja una dinámica integradora u oscilatoria no se puede realizar este tipo de sintonía.

La señal tipo escalón unitario la realizaremos por código en Matlab.

```
>> step(FuncionTransferenciaEnfriamientoContinua)
```

Fuente: Programación de autores

Figura 5-28 Función de transferencia en lazo abierto del enfriamiento



Fuente: Imagen tomada del software de Matlab

La respuesta arroja una señal tipo sigmoïdal y se puede efectuar la sintonía a través de Ziegler-Nichols. En la Tabla 5-3 muestra cómo se efectúa la sintonía y las variables que se debe conocer antes de continuar y además establecer las constantes requeridas para el control PID.

L = Retardo del sistema (tiempo desde el instante inicial hasta en punto de corte tangente o punto de inflexión y corta el eje del tiempo).

T = Constante de tiempo (tiempo desde el corte del eje de tiempo de la tangente o punto de inflexión hasta el corte de la línea prolongada de la máxima amplitud del sistema)

Para para determinar las variables requeridas se utiliza el siguiente código de Matlab que por la programación se facilita, grafica (Figura 5-29) e indica los valores de las constantes del controlador PID necesarios.

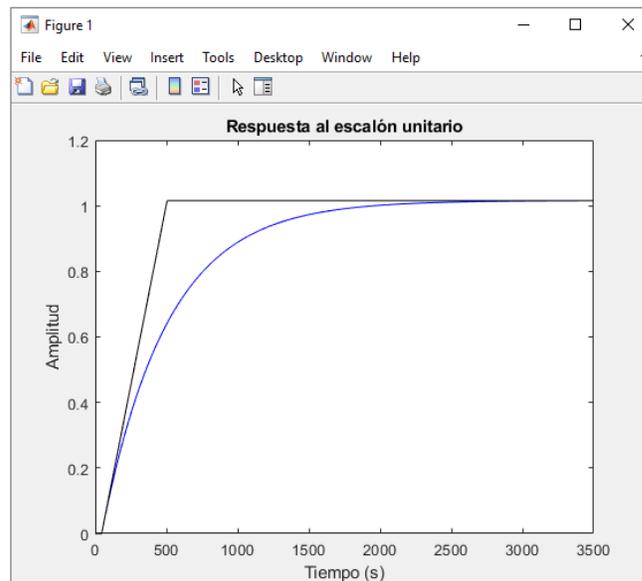
```

dt = 0.005;
t = 0:dt:3500; %Vector de tiempo
y = step(FuncionTransferenciaEnfriamientoContinua,t); %Respuesta al
escalón
dy = diff(y)/dt; %Derivada de la curva en el tiempo
[m,p] = max(dy); %Vector del punto de inflexión
yi = y(p); %Posición del punto de inflexión en la amplitud
ti = t(p); %Posición del punto de inflexión en el tiempo
k = y(end); %Ganancia del sistema
L = ti-yi/m; %Retardo
tau = (y(end)-yi)/m+ti-L; %Constante de tiempo
plot(t,y,'b',[0 L L+tau t(end)], [0 0 y(end) y(end)], 'k');
title('Respuesta al escalón unitario')
ylabel('Amplitud')
xlabel('Tiempo (s)')
Kp = 1.2*tau/L; %Valor Kp sintonía Ziegler-Nichols
Ti = 2*L; %Valor Ti sintonía Ziegler-Nichols
Td = 0.5*L; %Valor Td sintonía Ziegler-Nichols
Ki = Kp/Ti; %Constante Ki del controlador
Kd = Kp*Td; %Constante Kd del controlador

```

Fuente: Programación de autores

Figura 5-29 Caracterización de valores de enfriamiento



Fuente: Imagen tomada del software de Matlab

Una vez graficado el sistema como se muestra en la Figura 5-28, se obtiene fácilmente las constantes K_p , K_i , y K_d del modelo de enfriamiento que se observan en la Figura 5-30.

- 70 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

Figura 5-30 Valores K_p , K_i , y K_d del control del enfriamiento Ziegler-Nichols

```
>> Kp      >> Ki      >> Kd
Kp =      Ki =      Kd =
12.2598   0.1362   275.8461
```

Fuente: Imagen de autores

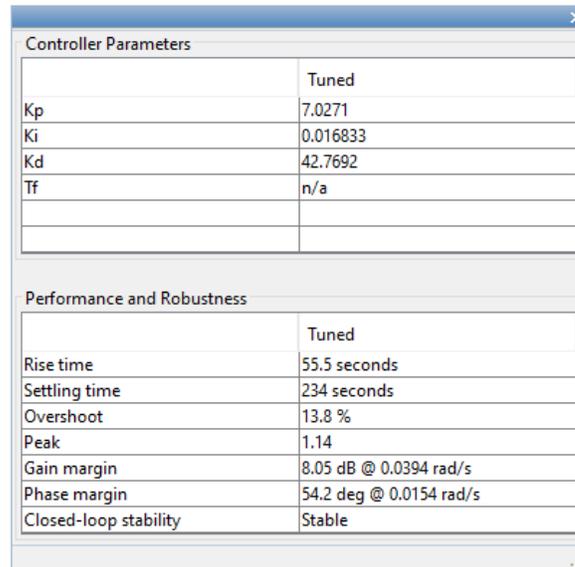
▪ Procedimiento en Matlab en tiempo discreto

El procedimiento en Matlab se basa en su sintonizador interno, que ayuda a visualizar en tiempo real los parámetros que se quieren configurar dependiendo de los distintos requerimientos a determinar (Anexo H).

1. En el *Command Window* se digita el código *pidTuner*, que es la opción de apertura de su aplicación PID Tuner – Step Plot.
2. En la parte superior izquierda, el menú desplegable *Plant* arroja la opción de importar la función de transferencia guardada anteriormente, `FuncionTransferenciaEnfriamientoDiscreta`
3. La siguiente opción es *Type*, donde se escoge el tipo de controlador que se desea implementar, en este caso un controlador PID discreto.
4. Se escoge la opción de *Domain*, en *Frequency*.
5. El icono mostrado al lado derecho de la pantalla es *Show Parameters*, que calcula las constantes que se desean para el controlador.
6. Como alternativa si queremos que nuestro control sea más rápido o lento, robusto o agresivo; con las barras de desplazamiento podemos ubicar de mejor manera nuestras características del sistema.

Al final de este procedimiento se obtienen los siguientes valores de las constantes para el controlador PID de control de enfriamiento en tiempo discreto (Figura 5-31).

Figura 5-31 Valores de constantes de control PID enfriamiento en tiempo discreto



The screenshot shows a window titled 'Controller Parameters' with two sections. The first section, 'Controller Parameters', lists the following values:

	Tuned
Kp	7.0271
Ki	0.016833
Kd	42.7692
Tf	n/a

The second section, 'Performance and Robustness', lists the following values:

	Tuned
Rise time	55.5 seconds
Settling time	234 seconds
Overshoot	13.8 %
Peak	1.14
Gain margin	8.05 dB @ 0.0394 rad/s
Phase margin	54.2 deg @ 0.0154 rad/s
Closed-loop stability	Stable

Fuente: Imagen tomada del software de Matlab

5.2.8 Comparación de controles PID enfriamiento

Los valores de constantes obtenidos de los tres métodos anteriormente vistos son implementados en los controles PID de enfriamiento por separado (Anexo K). Teniendo en cuenta que cada método es diferente es necesario observar las características de cada uno. Para el control PID de enfriamiento se determina un valor de Set Point con valor de 22°C, que es un valor para establecer de temperatura adecuada frente al cultivo.

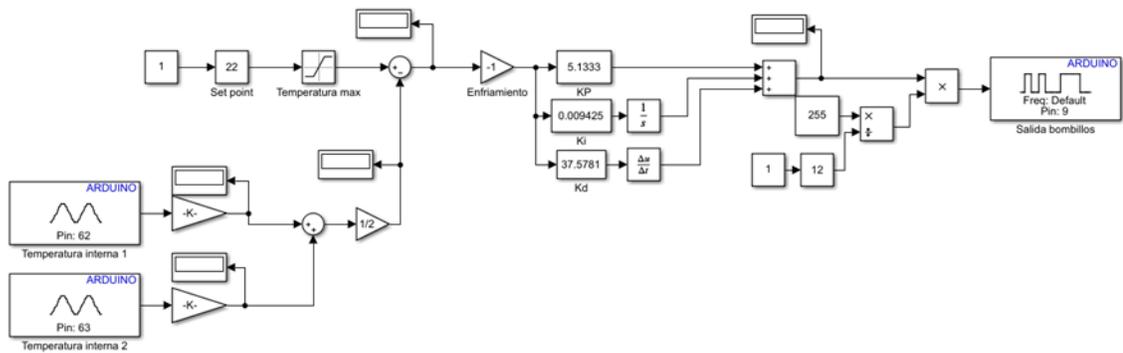
Para determinar mejor las características de cada control implementado se deja el prototipo de invernadero encendido con cada control implementado de enfriamiento durante aproximadamente 20 minutos con el valor de Set Point en 22°C.

Al momento de escoger el control a implementar, las características adecuadas de este tipo de control térmico se decidirán a través del error en estado estacionario, tiempo de establecimiento y overshoot de la curva.

72 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

- De esta manera se implementa el primer método con los valores de las constantes del control PID de enfriamiento en tiempo continuo tomados del software de Matlab para corroborar que las ganancias halladas sean adecuadas en su ejecución. El control se implementa en Simulink (Figura 5-32) y se lleva a cabo con los parámetros anteriormente mencionados.

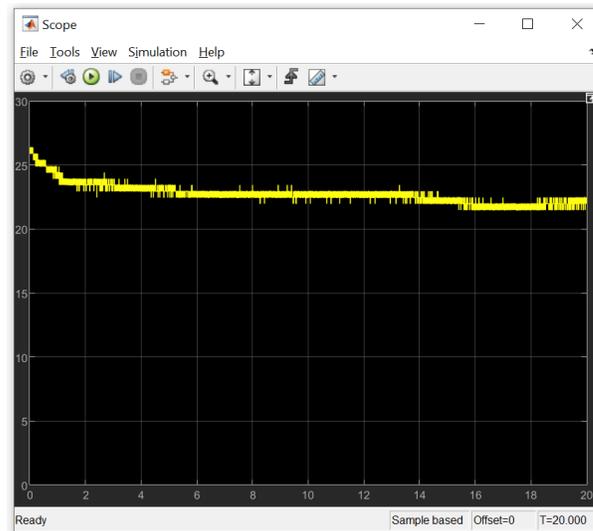
Figura 5-32 Control PID en tiempo continuo de enfriamiento



Fuente: Imagen de autores

Se puede observar en la Figura 5-33, que el control tiene una proximidad al valor de Set Point adecuada, pero con algunas variaciones evidentes durante su enfriamiento, el error en estado estacionario de alrededor de $1,5^{\circ}\text{C}$ se puede observar durante todo su ciclo de disminución de temperatura, y el tiempo de establecimiento no se puede determinar eficientemente ya que posee una alta variación en el transcurso de la prueba.

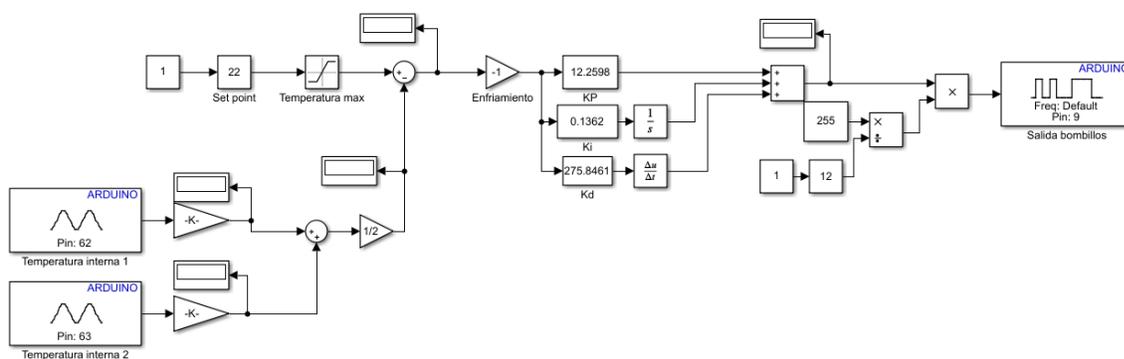
Figura 5-33 Valores constantes de enfriamiento en tiempo continuo de Matlab (Temperatura en °C Vs. Tiempo en minutos)



Fuente: Figura obtenida del scope de Simulink

- El segundo método, se establecen los valores de las constantes PID de enfriamiento en tiempo continuo de la tabla de Ziegler-Nichols para corroborar que las ganancias halladas sean adecuadas en su ejecución. El control se implementa en Simulink (Figura 5-34) y se lleva a cabo con los parámetros anteriormente mencionados.

Figura 5-34 Control PID de calentamiento por Ziegler-Nichols

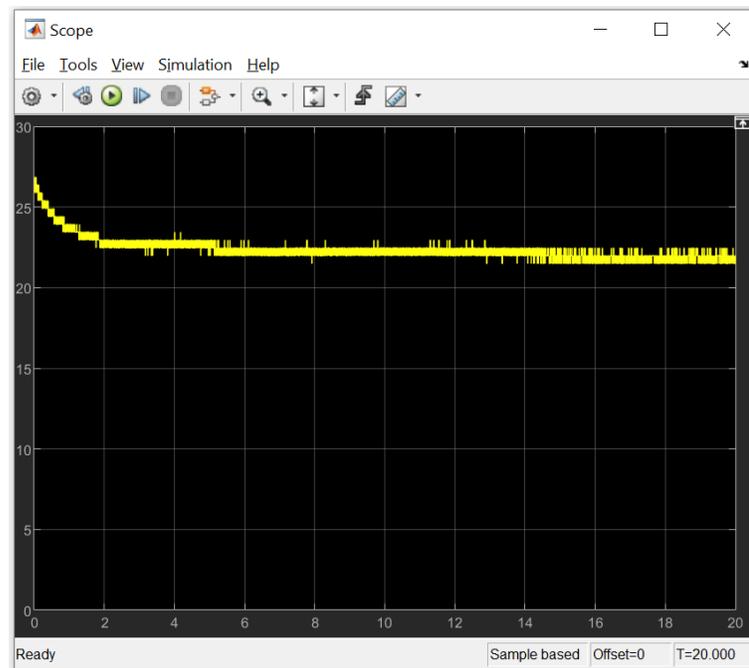


Fuente: Imagen de autores

- 74 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

En la Figura 5-35, el control tiene una buena proximidad al valor de Set Point, pero ligeras variaciones cuando presenta su establecimiento, dando un error en estado estacionario de aproximadamente un 1°C, y el tiempo de establecimiento se encuentra alrededor de los 6 minutos, teniendo en cuenta que después de unos minutos de estabilidad muestra una serie de distorsiones.

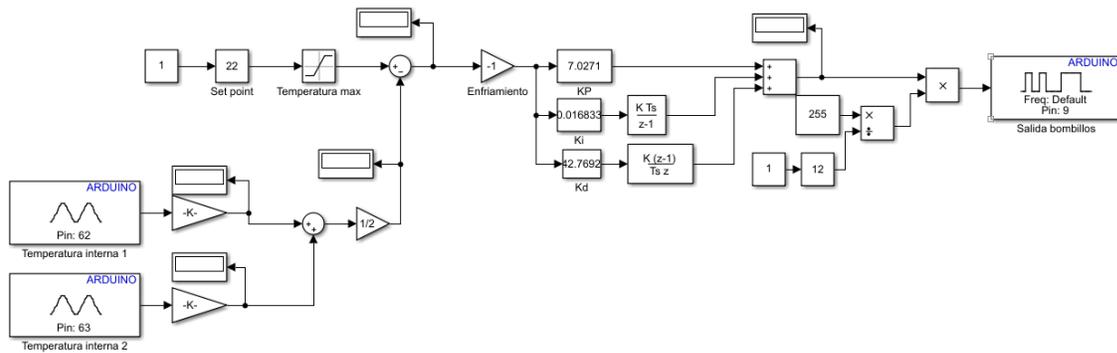
Figura 5-35 Valores constantes de enfriamiento en tiempo continuo, Ziegler-Nichols (Temperatura en °C Vs. Tiempo en minutos)



Fuente: Figura obtenida del scope de Simulink

- Por último, se implementa el tercer método con los valores de las constantes del control PID de enfriamiento en tiempo discreto tomados del software de Matlab para corroborar que las ganancias halladas sean adecuadas en su ejecución. El control se implementa en Simulink (Figura 5-36) y se lleva a cabo con los parámetros anteriormente mencionados.

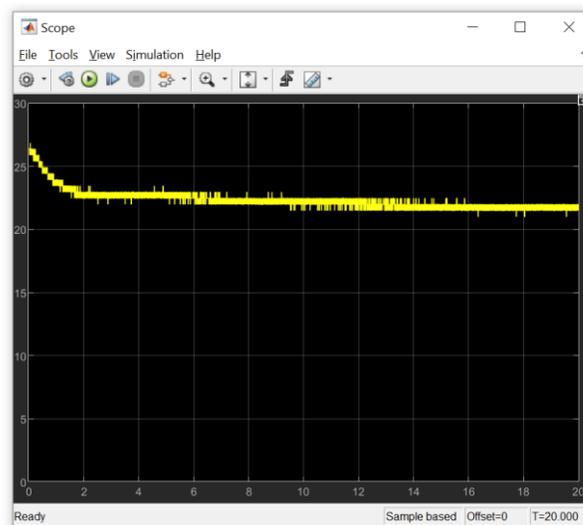
Figura 5-36 Control PID en tiempo discreto de enfriamiento



Fuente: Imagen de autores

Podemos observar en la Figura 5-37, el tiempo de establecimiento se encuentra alrededor de los 6 minutos y con un valor de proximidad al valor de Set Point ajustada y siendo adecuada, dando un error en estado estacionario de aproximadamente un 0.5°C en su momento de estabilidad, overshoot no presenta ya que es un sistema en refrigeración y tiene un tiempo medianamente largo para que se establezca.

Figura 5-37 Valores constantes de enfriamiento en tiempo discreto de Matlab (Temperatura en °C Vs. Tiempo en minutos)



Fuente: Figura obtenida del scope de Simulink

- 76 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

5.2.9 Lazo de control PID implementado para el enfriamiento

Teniendo en cuenta los controles de enfriamiento anteriormente vistos, se determina la implementación del control discreto, dadas sus características con un mejor tiempo de establecimiento y su tiempo de respuesta.

La implementación del control PID para el enfriamiento se efectúa con los valores de las constantes proporcionadas por Matlab en tiempo discreto, ya que estos valores son los adecuados observando las características que fueron las más aproximadas a los requerimientos del sistema (Figura 5-37), tomando en cuenta también el signo negativo de la función de transferencia debido a su decaimiento de temperatura.

El control se realiza con los bloques de Simulink y se puede detallar de mejor manera en el Anexo k.

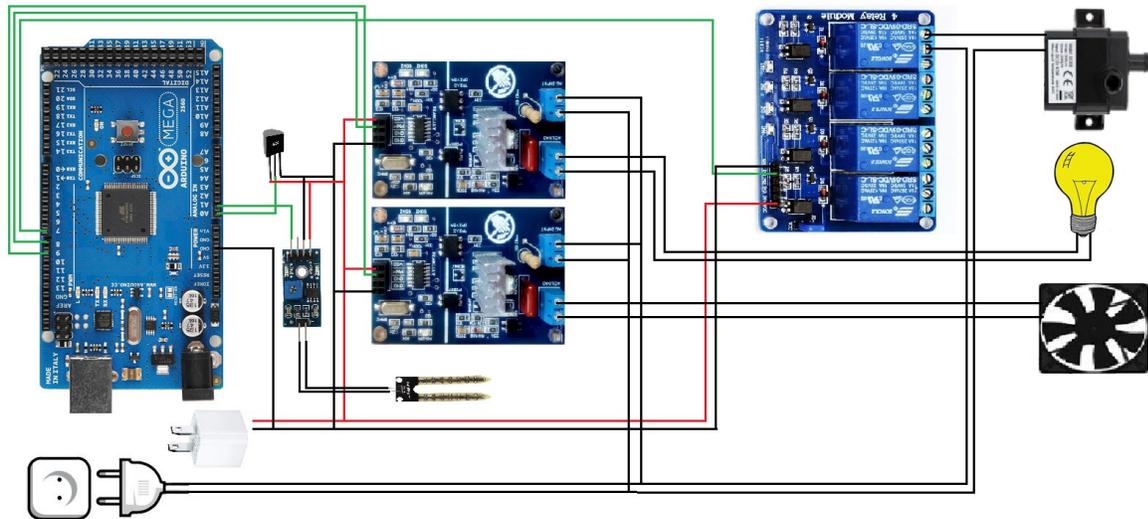
5.3 Control de la temperatura interna y humedad

Por último, se implementan los elementos de los lazos de control de temperatura interna (calentamiento y enfriamiento con un valor de Set Point de 22 °C) como se muestra en la Figura 5-17 y en la Figura 5-33 en la caja de paso para su protección (Figura 4-2) y se ubica en un lugar adyacente al prototipo del invernadero con el fin de observar todos los equipos electrónicos en caso de algún fallo o sus posteriores mantenimientos.

5.3.1 Circuito eléctrico del control de temperatura interna y humedad del suelo

En la Figura 5-38 se muestra de manera didáctica e intuitiva el circuito de control de temperatura interna y a su vez el control de humedad incorporados de manera tal que pueda ser fácil su acceso a posteriores mantenimientos o reparaciones.

Figura 5-38 Circuito de control de temperatura y humedad del prototipo de invernadero



Fuente: Imagen de autores

En la Figura 5-38 se observa el circuito eléctrico de la implementación de los dispositivos eléctricos y electrónicos para el control de humedad y temperatura interna.

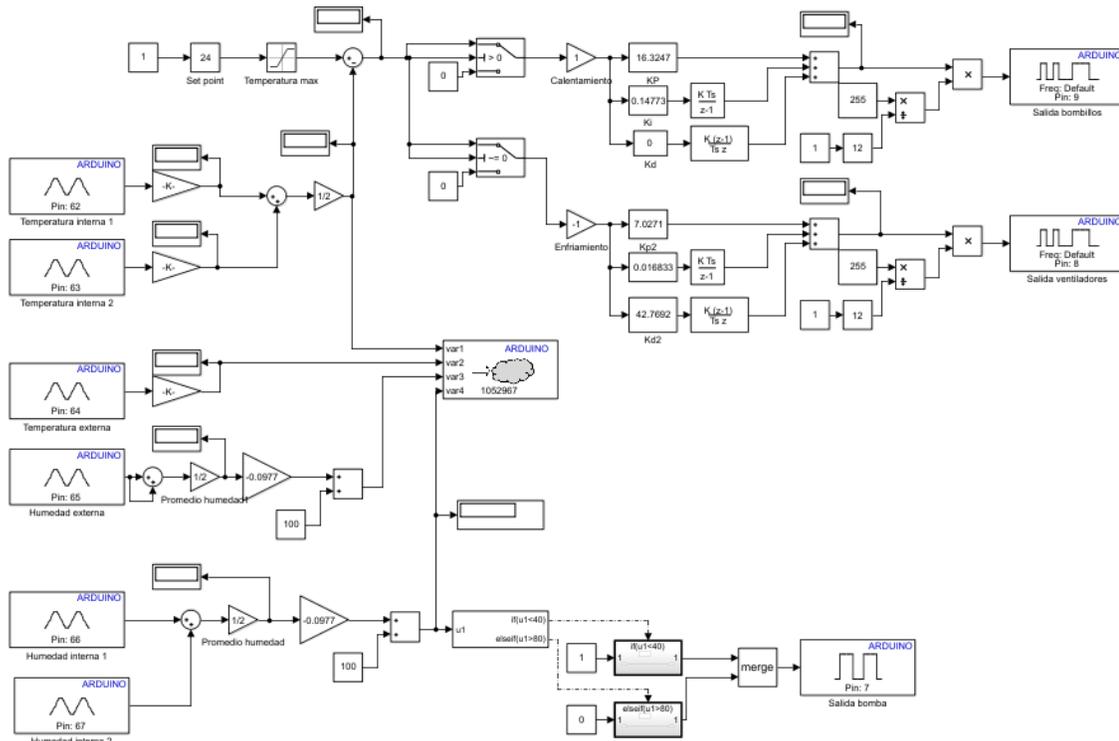
5.3.2 Lazo de control de temperatura interna y humedad del suelo

La integración de los controles de temperatura interna y humedad del suelo, los elementos accionadores y el controlador Arduino, es uno de los resultados obtenidos para el diseño e implementación del prototipo de invernadero automatizado que se ejecuta para el proyecto.

De esta manera se puede observar la combinación de los lazos de control en uno solo para su interpretación en la Figura 5-39.

78 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

Figura 5-39 Integración de los lazos de control de temperatura interna y humedad



Fuente: Imagen tomada de Simulink

El control se realiza con los bloques de Simulink y se puede detallar de mejor manera en el Anexo L.

6. Comunicación

ThingSpeak es una herramienta tecnológica versátil que trabaja con datos, ésta es su gran particularidad. Es una API abierta (permite que sus productos y servicios interactúen con otros, sin la necesidad de saber cómo están efectuados) para el Internet de las Cosas donde permite seleccionar, acumular, estudiar, y actuar sobre la información recogida en sensores y dispositivos de hardware de código abierto como Arduino, con lenguajes de programación como MATLAB.

ThingSpeak funciona a través de canales principales, estos canales a su vez contienen los campos de interés de la recopilación de datos con sus respectivas opciones de gráfico llamados *Fields*, con estas características podemos comunicarnos para ver detalladamente la serie de datos almacenados en la nube y posteriormente operarlos.

Como estudiantes de la Universidad Antonio Nariño, tenemos la licencia educativa de Matlab con nuestro correo institucional. Incluyendo así con todas sus aplicaciones, Simulink y la posibilidad del manejo de la plataforma ThingSpeak.

Aquí el paso a paso de la activación del canal, las gráficas dispuestas para el proyecto y la comunicación con Arduino (Anexo M):

1. El ingreso a la página <https://thingspeak.com> es el primer paso para efectuar la comunicación con la plataforma.
2. Ingresar con el correo institucional de la Universidad Antonio Nariño.
3. Ingresar a pestaña *Channels* y *My Channels*.
4. Nombre del nuevo canal.

80 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

5. Ingresar datos necesarios como nombre, descripción, ubicación y cantidad de campos.
6. La página se remite a los campos preestablecidos con los nombres y sus características.
7. Cada *Field*, posee unas características propias que se pueden editar como los títulos, tiempos, promedios, entre otras.
8. Para realizar una visualización más didáctica e interactiva se puede agregar y seleccionar *Widgets* de agrado como los manómetros, incluyendo también características propias configurables.
9. Una vez finalizada la configuración del canal, se configura la comunicación con Simulink de Matlab ingresando en *Claves API*.
10. Se identifica la llave de la clave API y el ID del canal
11. Una vez seleccionada la clave API se introduce la información a Simulink en el bloque de *ThingSpeak Write*.
12. Se pulsa dos veces sobre el bloque para entrar a la configuración de este, se llenan los parámetros con datos tomados del canal de ThingSpeak y para finalizar se pulsa *OK*.

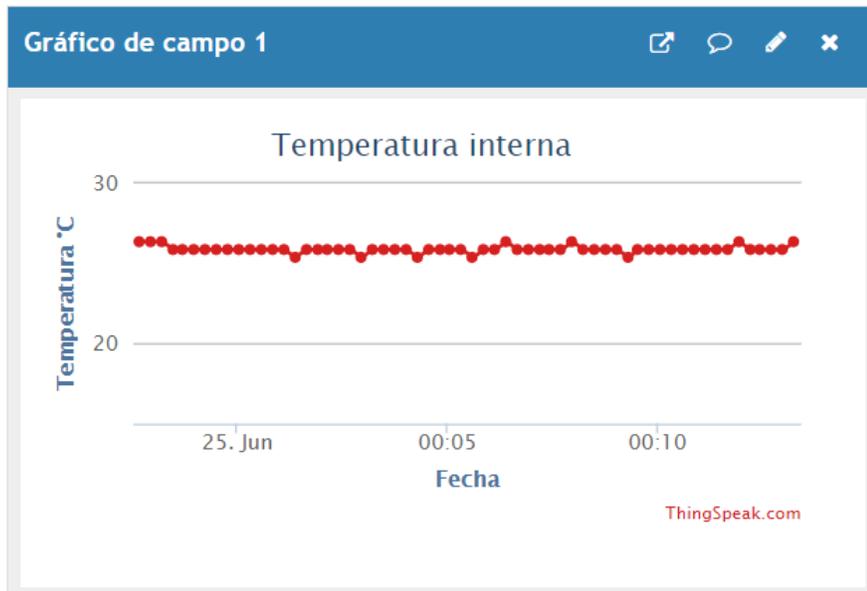
Nota: Para que se pueda realizar una comunicación exitosa con la plataforma ThingSpeak, se debe cargar el programa en la tarjeta Arduino, ya que no se transmite datos al realizar una simulación en tiempo real.

La apertura del canal público se puede observar en el siguiente enlace: <https://thingspeak.com/channels/public?username=bvargas83>

Por medio de la plataforma y el anterior enlace y se puede observar de manera continua que ocurre a cada instante con la temperatura configurada, cada cuanto se está humectando el suelo y la temperatura fuera del invernadero.

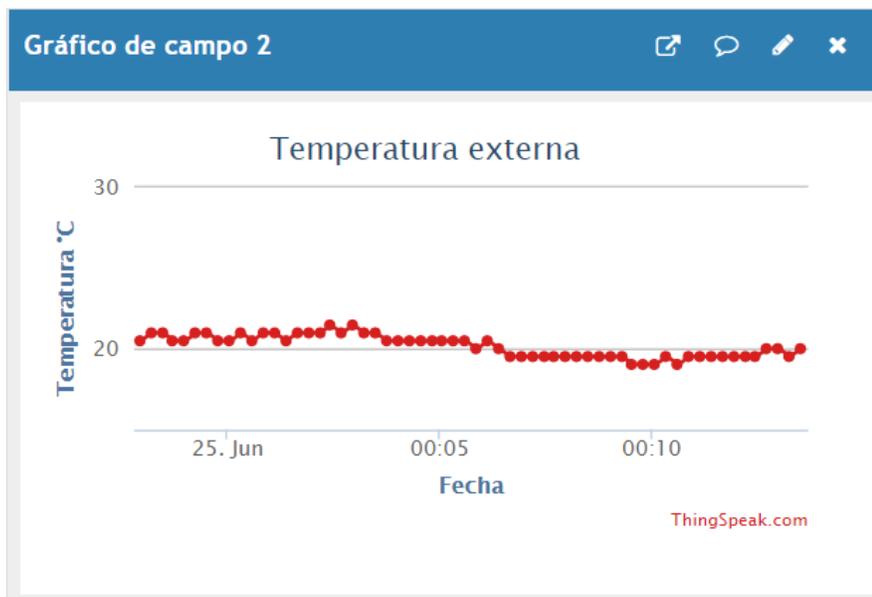
A continuación, unos ejemplos de la comunicación realizada en tiempo real desde el prototipo de invernadero con los datos de temperatura y humedad interna en la plataforma ThingSpeak, Figura 6-1 y Figura 6-2.

Figura 6-1 Datos de la temperatura interna en tiempo real



Fuente: Imagen obtenida por ThingSpeak

Figura 6-2 Datos de temperatura externa en tiempo real



Fuente: Imagen obtenida por ThingSpeak

7.Base de datos en MySQL

Una base de datos es un conjunto de información almacenada y consultada sistemáticamente. Con los sistemas gestores de bases de datos (SGBD) llevamos la información tradicional y la trasladamos a una base datos digital controlada por software y podemos crear estructuras, escribir información, consultarlas y controlar su acceso mediante un sistema de seguridad. Estas bases de datos tienen relaciones donde podemos crear entidades que mantienen cierta estructura para así relacionarla con otro tipo de información con sus respectivos registros, denominada Tabla (Nombre, Apellido, teléfono, Etc.).

Todo este proceso de relacionamiento frente a toda la información diferente se lleva a cabo mediante un modelo Entidad – Relación, donde en cada tabla y registro existente se relaciona con otra y así se empieza a diseñar una base de datos.

SQL (Structured Query Language) es un lenguaje donde permite consultar y escribir información, todo este amoldamiento de información digital se puede definir en tres grandes campos de todo SGBD donde define estructuras; llena, lee, actualiza y borra datos; y por último controla el acceso a la base de datos.

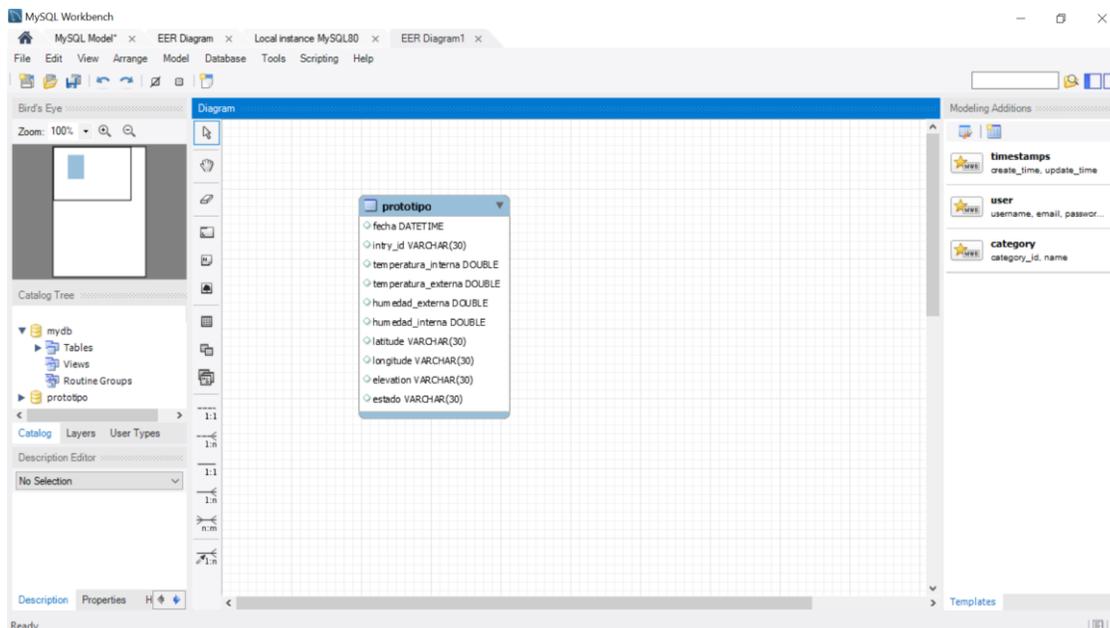
La creación de base de datos en MySQL se lleva a cabo mediante la siguiente serie de pasos:

1. Iniciar servidor pulsando clic derecho sobre *Local Instance* y se pulsa *Open Connection*.

2. Ingresar contraseña **root**, teniendo en cuenta que el usuario tiene el mismo nombre.
3. Crear base de datos.
4. Crear una tabla donde se almacena la información.
5. Exportar datos desde ThingSpeak, pulsar sobre Importación/Exportación, seguido en la sección de exportar pulsar sobre Descargar, descargando un archivo con nombre *Feeds*.
6. Por medio de la cláusula *Load Data Infile* se importa a MySQL la base de datos que se exportó anteriormente de ThingSpeak.
7. Por medio de *Select * From Prototipo* se visualiza la información previamente cargada.

El paso a paso en imágenes de la creación de la base de datos en MySQL se puede observar en el Anexo P. La Figura 7-1 se observa el modelo de creación de la base de datos elaborado con los pasos anteriormente vistos.

Figura 7-1 Modelo de creación de base de datos

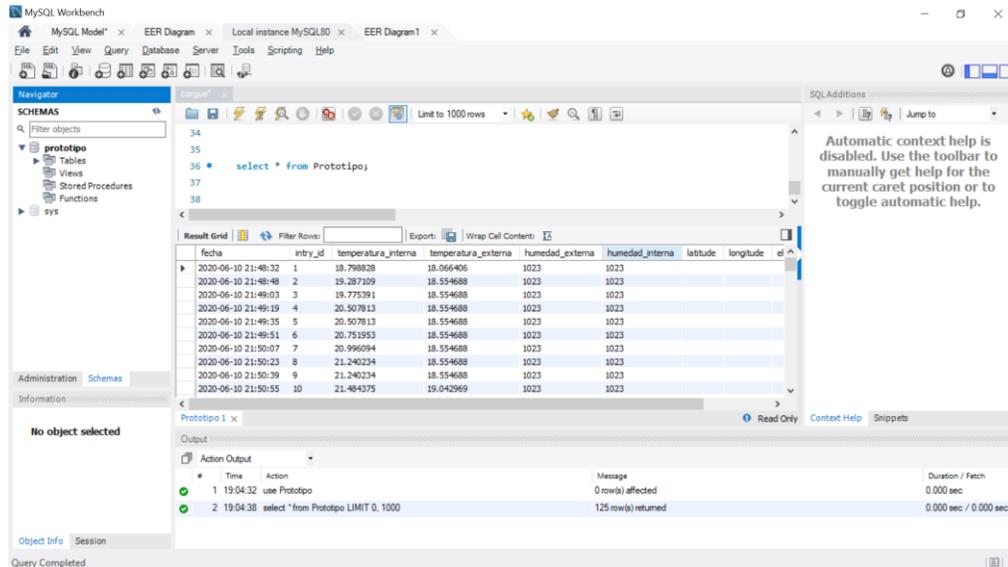


Fuente: Imagen tomada de MySQL

La Figura 7-2 muestra la consulta de base de datos después de crearla y configurarla para continuar cargando los posteriores datos de temperatura y humedad del prototipo de invernadero.

- 84 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

Figura 7-2 Consulta base de datos



Fuente: Imagen tomada de MySQL

La base de datos se registra en un computador propiedad de los autores para actualizar los datos diariamente, y tiene como fin no solo almacenar los datos obtenidos de las temperaturas estables del prototipo del invernadero, sino dar pie a que, con la continuidad de información generada con el proceso de cultivo, tiempo de crecimiento, cosecha, tipo de plantación, clima externo, entre otras variables y características del sistema. Se obtengan a mediano plazo una serie de datos que darán información acerca de predicciones o tendencias generadas con base a la información suministrada en el prototipo del invernadero, que a simple vista no se pueden obtener pero que una base de datos robusta las puede determinar fácilmente.

8. Conclusiones y recomendaciones

8.1 Conclusiones

La construcción del prototipo de invernadero se ejecutó teniendo en cuenta las distintas características de los invernaderos con estructura en PVC, donde se construyó una estructura tipo capilla modificado con una abertura lateral para su observación interna. Su protección es un plástico dedicado a invernaderos que ayudó a que las diferentes condiciones climáticas no excedan su degradación con el tiempo. Por todo esto se puede afirmar que la implementación de los invernaderos es muy versátil dependiendo del cultivo, y la incorporación de distintos dispositivos tecnológicos que lleven al invernadero a una posterior automatización para que así se obtenga una mejor productividad y eficiencia de este.

En cuanto al control de humedad On-Off, se implementó el sistema de riego por goteo para el suelo y por ende a las raíces de las plantas, que se ejecuta con un rango de humectación para el tipo de cultivo plantado. Teniendo en cuenta que este rango es configurable en el lazo de control programado en Simulink, la reducción en el gasto del agua se incrementa en un valor aproximado del 80%, siendo este un control adecuado de sistema de riego y muy eficiente para la humectación de las plantas durante su crecimiento.

El cálculo del modelo matemático del prototipo del invernadero mediante su curva característica se desarrolla primero con la adquisición de datos de la planta frente a una entrada de voltaje dependiendo del control implementado (calentamiento y enfriamiento) y diferenciado también por el tipo de actuador. Esta información es agregada a la aplicación System Identification que internamente ejecuta algoritmos matemáticos y estadísticos que garantiza una coincidencia cercana al modelo experimental realizado.

Existen diferentes tipos de sintonías para ejecutar controles y diversos métodos de control de sistemas donde se puede garantizar la estabilidad y fiabilidad de un proceso. De acuerdo con las sintonías presentadas en este documento se ejecutan los controles PID en tiempo discreto ya que son los controles que se adaptaron a los requerimientos (tiempo de estabilización y error en estado estacionario) del sistema en cuestión de acuerdo con su simulación y con un mejor desempeño comparándolos con los controles continuos, para finalmente ejecutarlos de manera constante en el prototipo del invernadero controlando el valor de temperatura interna y humedad del suelo demostrando su efectividad.

Los datos de los controles ejecutados de calentamiento y enfriamiento son medidos por la programación en Simulink y a su vez transmitidos hacia la plataforma de ThingSpeak, donde se pudo observar una velocidad de respuesta rápida y sin ruido en tiempo real de las diferentes variables que se están controlando en el prototipo del invernadero como su calentamiento, enfriamiento, humedad del suelo y también registrando una comparación con la temperatura climática externa.

El desarrollo de la base de datos se da a través de la información almacenada en ThingSpeak, que es descargada directamente de esta plataforma. La base de datos en MySQL es el punto donde se determinan los procesos de germinación, crecimiento y cosecha de la planta cultivada. Dejando esta información como precedente para posteriores cultivos y determinar las condiciones climáticas presentadas para así tomar decisiones en cuanto a los ahorros del proceso, calidad y producción de las cosechas.

8.2 Recomendaciones

- Al modelar un sistema, lo que se pretende es determinar un modelo matemático lo más cercano posible a su valor real. Por esta razón los sensores deben tener unas características óptimas al momento de sus lecturas. Por otro lado, un filtro pasa bajos ayuda enormemente a filtrar los disturbios generados, obteniendo los valores

correctos del sistema. Finalmente, el tiempo de muestreo de un sistema es un punto que favorecerá a incrementar la coincidencia del modelo, (variando el sistema a identificar) pero entre más valores tomemos mejor será el modelo matemático.

- El invernadero puede ser controlado 24/7 en tiempo real. Pero también, esto hace que sus controladores y actuadores estén en un continuo consumo de energía eléctrica, haciendo que se eleve el costo del servicio. La implementación de un sistema fotovoltaico es el paso para la independización del consumo energético y sobre todo un sistema limpio, sostenible y con poco mantenimiento.
- Utilizando la información registrada y registrando el crecimiento en cada cierto tiempo al cultivo se puede determinar cuándo se puede cosechar, y hacer un pronóstico adecuado de los tiempos de crecimiento. Todo esto implementado también con bases de datos y machine learning.
- Si se quiere llegar a una profundización en cultivo de plantas bajo el modelo de invernadero, se pueden también implementar equipos y control automatizado sobre variables como humedad relativa del aire, acidez y conductividad eléctrica del suelo entre otras. Todo esto para incrementar la calidad de las cosechas y eficiencia al controlar las materias primas.

88 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

Anexo A Archivo Excel NCalentamiento

Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled
03/06/2020 08:44:49,904 PM	1	16,6015625	03/06/2020 08:46:24,424 PM	64	18,06640625	03/06/2020 08:47:58,942 PM	127	19,04296875
03/06/2020 08:44:51,407 PM	2	16,6015625	03/06/2020 08:46:25,925 PM	65	18,06640625	03/06/2020 08:48:00,440 PM	128	19,53125
03/06/2020 08:44:52,911 PM	3	16,6015625	03/06/2020 08:46:27,428 PM	66	18,06640625	03/06/2020 08:48:01,940 PM	129	19,53125
03/06/2020 08:44:54,410 PM	4	16,6015625	03/06/2020 08:46:28,927 PM	67	18,06640625	03/06/2020 08:48:03,443 PM	130	19,53125
03/06/2020 08:44:55,908 PM	5	16,6015625	03/06/2020 08:46:30,425 PM	68	18,06640625	03/06/2020 08:48:04,941 PM	131	19,53125
03/06/2020 08:44:57,407 PM	6	16,6015625	03/06/2020 08:46:31,928 PM	69	18,06640625	03/06/2020 08:48:06,441 PM	132	19,04296875
03/06/2020 08:44:58,911 PM	7	16,6015625	03/06/2020 08:46:33,428 PM	70	18,5546875	03/06/2020 08:48:07,941 PM	133	19,53125
03/06/2020 08:45:00,410 PM	8	16,6015625	03/06/2020 08:46:34,930 PM	71	18,06640625	03/06/2020 08:48:09,443 PM	134	19,53125
03/06/2020 08:45:01,904 PM	9	16,6015625	03/06/2020 08:46:36,429 PM	72	18,06640625	03/06/2020 08:48:10,942 PM	135	19,53125
03/06/2020 08:45:03,408 PM	10	16,6015625	03/06/2020 08:46:37,929 PM	73	18,5546875	03/06/2020 08:48:12,445 PM	136	19,53125
03/06/2020 08:45:04,911 PM	11	17,08984375	03/06/2020 08:46:39,427 PM	74	18,06640625	03/06/2020 08:48:13,941 PM	137	19,53125
03/06/2020 08:45:06,410 PM	12	17,08984375	03/06/2020 08:46:40,923 PM	75	18,06640625	03/06/2020 08:48:15,444 PM	138	19,53125
03/06/2020 08:45:07,909 PM	13	16,6015625	03/06/2020 08:46:42,431 PM	76	18,06640625	03/06/2020 08:48:16,939 PM	139	19,53125
03/06/2020 08:45:09,413 PM	14	17,08984375	03/06/2020 08:46:43,929 PM	77	18,06640625	03/06/2020 08:48:18,445 PM	140	19,53125
03/06/2020 08:45:10,910 PM	15	17,08984375	03/06/2020 08:46:45,428 PM	78	18,06640625	03/06/2020 08:48:19,944 PM	141	19,53125
03/06/2020 08:45:12,410 PM	16	17,08984375	03/06/2020 08:46:46,931 PM	79	18,5546875	03/06/2020 08:48:21,443 PM	142	19,53125
03/06/2020 08:45:13,914 PM	17	17,08984375	03/06/2020 08:46:48,429 PM	80	18,5546875	03/06/2020 08:48:22,944 PM	143	19,53125
03/06/2020 08:45:15,411 PM	18	17,08984375	03/06/2020 08:46:49,929 PM	81	18,5546875	03/06/2020 08:48:24,447 PM	144	19,53125
03/06/2020 08:45:16,915 PM	19	17,08984375	03/06/2020 08:46:51,428 PM	82	18,5546875	03/06/2020 08:48:25,945 PM	145	19,53125
03/06/2020 08:45:18,415 PM	20	17,08984375	03/06/2020 08:46:52,927 PM	83	18,5546875	03/06/2020 08:48:27,445 PM	146	19,53125
03/06/2020 08:45:19,915 PM	21	17,08984375	03/06/2020 08:46:54,430 PM	84	18,5546875	03/06/2020 08:48:28,944 PM	147	19,53125
03/06/2020 08:45:21,412 PM	22	17,08984375	03/06/2020 08:46:55,930 PM	85	18,5546875	03/06/2020 08:48:30,443 PM	148	20,1953125
03/06/2020 08:45:22,916 PM	23	17,08984375	03/06/2020 08:46:57,424 PM	86	18,5546875	03/06/2020 08:48:31,946 PM	149	19,53125
03/06/2020 08:45:24,414 PM	24	17,578125	03/06/2020 08:46:58,923 PM	87	18,5546875	03/06/2020 08:48:33,448 PM	150	19,53125
03/06/2020 08:45:25,913 PM	25	17,08984375	03/06/2020 08:47:00,427 PM	88	18,5546875	03/06/2020 08:48:34,947 PM	151	20,1953125
03/06/2020 08:45:27,416 PM	26	17,578125	03/06/2020 08:47:01,929 PM	89	18,5546875	03/06/2020 08:48:36,446 PM	152	19,53125
03/06/2020 08:45:28,917 PM	27	17,08984375	03/06/2020 08:47:03,429 PM	90	18,06640625	03/06/2020 08:48:37,949 PM	153	19,53125
03/06/2020 08:45:30,416 PM	28	17,08984375	03/06/2020 08:47:04,927 PM	91	18,5546875	03/06/2020 08:48:39,448 PM	154	20,1953125
03/06/2020 08:45:31,918 PM	29	17,08984375	03/06/2020 08:47:06,432 PM	92	18,5546875	03/06/2020 08:48:40,947 PM	155	20,1953125
03/06/2020 08:45:33,417 PM	30	17,578125	03/06/2020 08:47:07,933 PM	93	18,5546875	03/06/2020 08:48:42,447 PM	156	19,53125
03/06/2020 08:45:34,916 PM	31	17,08984375	03/06/2020 08:47:09,433 PM	94	19,04296875	03/06/2020 08:48:43,946 PM	157	19,53125
03/06/2020 08:45:36,416 PM	32	17,578125	03/06/2020 08:47:10,933 PM	95	19,04296875	03/06/2020 08:48:45,449 PM	158	19,53125
03/06/2020 08:45:37,917 PM	33	17,578125	03/06/2020 08:47:12,430 PM	96	18,5546875	03/06/2020 08:48:46,948 PM	159	20,1953125
03/06/2020 08:45:39,417 PM	34	17,578125	03/06/2020 08:47:13,934 PM	97	18,5546875	03/06/2020 08:48:48,450 PM	160	20,1953125
03/06/2020 08:45:40,917 PM	35	17,578125	03/06/2020 08:47:15,433 PM	98	18,5546875	03/06/2020 08:48:49,951 PM	161	19,53125
03/06/2020 08:45:42,419 PM	36	17,578125	03/06/2020 08:47:16,933 PM	99	18,5546875	03/06/2020 08:48:51,445 PM	162	20,1953125
03/06/2020 08:45:43,919 PM	37	17,578125	03/06/2020 08:47:18,432 PM	100	19,04296875	03/06/2020 08:48:52,948 PM	163	20,1953125
03/06/2020 08:45:45,417 PM	38	17,578125	03/06/2020 08:47:19,930 PM	101	18,5546875	03/06/2020 08:48:54,452 PM	164	20,1953125
03/06/2020 08:45:46,920 PM	39	17,578125	03/06/2020 08:47:21,435 PM	102	19,04296875	03/06/2020 08:48:55,951 PM	165	19,53125
03/06/2020 08:45:48,420 PM	40	17,578125	03/06/2020 08:47:22,933 PM	103	19,04296875	03/06/2020 08:48:57,450 PM	166	20,1953125
03/06/2020 08:45:49,919 PM	41	17,578125	03/06/2020 08:47:24,432 PM	104	19,04296875	03/06/2020 08:48:58,953 PM	167	20,1953125
03/06/2020 08:45:51,419 PM	42	18,06640625	03/06/2020 08:47:25,935 PM	105	18,5546875	03/06/2020 08:49:00,451 PM	168	19,53125
03/06/2020 08:45:52,918 PM	43	17,578125	03/06/2020 08:47:27,435 PM	106	19,04296875	03/06/2020 08:49:01,951 PM	169	20,1953125
03/06/2020 08:45:54,421 PM	44	17,578125	03/06/2020 08:47:28,932 PM	107	19,04296875	03/06/2020 08:49:03,453 PM	170	20,1953125
03/06/2020 08:45:55,920 PM	45	17,578125	03/06/2020 08:47:30,436 PM	108	19,04296875	03/06/2020 08:49:04,953 PM	171	20,1953125
03/06/2020 08:45:57,421 PM	46	17,578125	03/06/2020 08:47:31,936 PM	109	19,04296875	03/06/2020 08:49:06,456 PM	172	20,1953125
03/06/2020 08:45:58,922 PM	47	17,578125	03/06/2020 08:47:33,433 PM	110	19,04296875	03/06/2020 08:49:07,951 PM	173	20,1953125
03/06/2020 08:46:00,419 PM	48	17,578125	03/06/2020 08:47:34,937 PM	111	19,04296875	03/06/2020 08:49:09,454 PM	174	20,1953125
03/06/2020 08:46:01,919 PM	49	17,578125	03/06/2020 08:47:36,437 PM	112	19,04296875	03/06/2020 08:49:10,957 PM	175	20,5078125
03/06/2020 08:46:03,419 PM	50	17,578125	03/06/2020 08:47:37,935 PM	113	19,04296875	03/06/2020 08:49:12,457 PM	176	20,1953125
03/06/2020 08:46:04,920 PM	51	18,06640625	03/06/2020 08:47:39,434 PM	114	19,04296875	03/06/2020 08:49:13,955 PM	177	20,1953125
03/06/2020 08:46:06,421 PM	52	17,578125	03/06/2020 08:47:40,938 PM	115	19,04296875	03/06/2020 08:49:15,453 PM	178	20,1953125
03/06/2020 08:46:07,919 PM	53	17,578125	03/06/2020 08:47:42,437 PM	116	19,53125	03/06/2020 08:49:16,958 PM	179	20,1953125
03/06/2020 08:46:09,422 PM	54	18,06640625	03/06/2020 08:47:43,940 PM	117	19,04296875	03/06/2020 08:49:18,457 PM	180	20,1953125
03/06/2020 08:46:10,918 PM	55	17,578125	03/06/2020 08:47:45,439 PM	118	19,04296875	03/06/2020 08:49:19,956 PM	181	20,1953125
03/06/2020 08:46:12,422 PM	56	18,06640625	03/06/2020 08:47:46,937 PM	119	19,04296875	03/06/2020 08:49:21,454 PM	182	20,1953125
03/06/2020 08:46:13,923 PM	57	18,5546875	03/06/2020 08:47:48,436 PM	120	19,53125	03/06/2020 08:49:22,954 PM	183	20,1953125
03/06/2020 08:46:15,422 PM	58	18,06640625	03/06/2020 08:47:49,936 PM	121	19,04296875	03/06/2020 08:49:24,456 PM	184	20,1953125
03/06/2020 08:46:16,926 PM	59	18,06640625	03/06/2020 08:47:51,440 PM	122	19,04296875	03/06/2020 08:49:25,955 PM	185	20,5078125
03/06/2020 08:46:18,424 PM	60	18,06640625	03/06/2020 08:47:52,941 PM	123	19,53125	03/06/2020 08:49:27,459 PM	186	20,1953125
03/06/2020 08:46:19,925 PM	61	18,06640625	03/06/2020 08:47:54,440 PM	124	19,04296875	03/06/2020 08:49:28,958 PM	187	20,1953125
03/06/2020 08:46:21,424 PM	62	18,06640625	03/06/2020 08:47:55,941 PM	125	19,04296875	03/06/2020 08:49:30,456 PM	188	20,1953125
03/06/2020 08:46:22,927 PM	63	18,06640625	03/06/2020 08:47:57,442 PM	126	19,53125	03/06/2020 08:49:31,959 PM	189	20,1953125

Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled
03/06/2020 08:49:33,460 PM	190	20,01953125	03/06/2020 08:51:07,982 PM	253	20,99609375	03/06/2020 08:52:42,500 PM	316	21,484375
03/06/2020 08:49:34,959 PM	191	20,5078125	03/06/2020 08:51:09,480 PM	254	20,99609375	03/06/2020 08:52:44,004 PM	317	21,484375
03/06/2020 08:49:36,458 PM	192	20,01953125	03/06/2020 08:51:10,977 PM	255	20,99609375	03/06/2020 08:52:45,503 PM	318	21,97265625
03/06/2020 08:49:37,960 PM	193	20,5078125	03/06/2020 08:51:12,476 PM	256	20,99609375	03/06/2020 08:52:47,002 PM	319	21,484375
03/06/2020 08:49:39,460 PM	194	20,01953125	03/06/2020 08:51:13,981 PM	257	20,99609375	03/06/2020 08:52:48,505 PM	320	21,484375
03/06/2020 08:49:40,962 PM	195	20,5078125	03/06/2020 08:51:15,479 PM	258	20,99609375	03/06/2020 08:52:50,004 PM	321	21,484375
03/06/2020 08:49:42,461 PM	196	20,01953125	03/06/2020 08:51:16,979 PM	259	20,99609375	03/06/2020 08:52:51,505 PM	322	21,97265625
03/06/2020 08:49:43,961 PM	197	20,01953125	03/06/2020 08:51:18,477 PM	260	21,484375	03/06/2020 08:52:53,002 PM	323	21,484375
03/06/2020 08:49:45,464 PM	198	20,5078125	03/06/2020 08:51:19,978 PM	261	20,99609375	03/06/2020 08:52:54,506 PM	324	21,484375
03/06/2020 08:49:46,964 PM	199	20,5078125	03/06/2020 08:51:21,480 PM	262	20,99609375	03/06/2020 08:52:56,005 PM	325	21,484375
03/06/2020 08:49:48,457 PM	200	20,5078125	03/06/2020 08:51:22,978 PM	263	20,99609375	03/06/2020 08:52:57,509 PM	326	21,484375
03/06/2020 08:49:49,961 PM	201	20,5078125	03/06/2020 08:51:24,483 PM	264	20,99609375	03/06/2020 08:52:59,008 PM	327	21,484375
03/06/2020 08:49:51,461 PM	202	20,5078125	03/06/2020 08:51:25,978 PM	265	20,99609375	03/06/2020 08:53:00,510 PM	328	21,484375
03/06/2020 08:49:52,960 PM	203	20,5078125	03/06/2020 08:51:27,481 PM	266	20,99609375	03/06/2020 08:53:02,009 PM	329	21,97265625
03/06/2020 08:49:54,458 PM	204	20,5078125	03/06/2020 08:51:28,979 PM	267	20,99609375	03/06/2020 08:53:03,512 PM	330	21,97265625
03/06/2020 08:49:55,960 PM	205	20,5078125	03/06/2020 08:51:30,482 PM	268	20,99609375	03/06/2020 08:53:05,011 PM	331	21,484375
03/06/2020 08:49:57,464 PM	206	20,01953125	03/06/2020 08:51:31,981 PM	269	21,484375	03/06/2020 08:53:06,511 PM	332	21,484375
03/06/2020 08:49:58,963 PM	207	20,5078125	03/06/2020 08:51:33,479 PM	270	20,99609375	03/06/2020 08:53:08,013 PM	333	21,484375
03/06/2020 08:50:00,462 PM	208	20,5078125	03/06/2020 08:51:34,979 PM	271	20,99609375	03/06/2020 08:53:09,512 PM	334	21,97265625
03/06/2020 08:50:01,965 PM	209	20,5078125	03/06/2020 08:51:36,483 PM	272	20,99609375	03/06/2020 08:53:11,012 PM	335	21,484375
03/06/2020 08:50:03,465 PM	210	20,5078125	03/06/2020 08:51:37,981 PM	273	20,99609375	03/06/2020 08:53:12,515 PM	336	21,484375
03/06/2020 08:50:04,963 PM	211	20,5078125	03/06/2020 08:51:39,484 PM	274	20,99609375	03/06/2020 08:53:14,014 PM	337	21,97265625
03/06/2020 08:50:06,463 PM	212	20,5078125	03/06/2020 08:51:40,983 PM	275	20,99609375	03/06/2020 08:53:15,516 PM	338	21,484375
03/06/2020 08:50:07,966 PM	213	20,5078125	03/06/2020 08:51:42,483 PM	276	20,99609375	03/06/2020 08:53:17,017 PM	339	21,97265625
03/06/2020 08:50:09,465 PM	214	20,99609375	03/06/2020 08:51:43,987 PM	277	21,484375	03/06/2020 08:53:18,516 PM	340	21,484375
03/06/2020 08:50:10,963 PM	215	20,01953125	03/06/2020 08:51:45,484 PM	278	20,99609375	03/06/2020 08:53:20,014 PM	341	21,97265625
03/06/2020 08:50:12,466 PM	216	20,5078125	03/06/2020 08:51:46,988 PM	279	20,99609375	03/06/2020 08:53:21,514 PM	342	21,484375
03/06/2020 08:50:13,965 PM	217	20,5078125	03/06/2020 08:51:48,487 PM	280	20,99609375	03/06/2020 08:53:23,017 PM	343	21,97265625
03/06/2020 08:50:15,460 PM	218	20,5078125	03/06/2020 08:51:49,985 PM	281	20,99609375	03/06/2020 08:53:24,511 PM	344	21,484375
03/06/2020 08:50:16,965 PM	219	20,5078125	03/06/2020 08:51:51,484 PM	282	21,484375	03/06/2020 08:53:26,019 PM	345	21,484375
03/06/2020 08:50:18,468 PM	220	20,5078125	03/06/2020 08:51:52,989 PM	283	21,484375	03/06/2020 08:53:27,518 PM	346	21,484375
03/06/2020 08:50:19,962 PM	221	20,5078125	03/06/2020 08:51:54,488 PM	284	20,99609375	03/06/2020 08:53:29,017 PM	347	21,484375
03/06/2020 08:50:21,466 PM	222	20,5078125	03/06/2020 08:51:55,986 PM	285	20,99609375	03/06/2020 08:53:30,515 PM	348	21,97265625
03/06/2020 08:50:22,968 PM	223	20,5078125	03/06/2020 08:51:57,489 PM	286	21,484375	03/06/2020 08:53:32,018 PM	349	21,484375
03/06/2020 08:50:24,467 PM	224	20,5078125	03/06/2020 08:51:58,988 PM	287	21,484375	03/06/2020 08:53:33,517 PM	350	21,97265625
03/06/2020 08:50:25,970 PM	225	20,99609375	03/06/2020 08:52:00,492 PM	288	21,484375	03/06/2020 08:53:35,016 PM	351	21,97265625
03/06/2020 08:50:27,469 PM	226	20,5078125	03/06/2020 08:52:01,991 PM	289	21,484375	03/06/2020 08:53:36,516 PM	352	21,97265625
03/06/2020 08:50:28,968 PM	227	20,99609375	03/06/2020 08:52:03,489 PM	290	21,484375	03/06/2020 08:53:38,018 PM	353	21,484375
03/06/2020 08:50:30,472 PM	228	20,99609375	03/06/2020 08:52:04,992 PM	291	21,484375	03/06/2020 08:53:39,522 PM	354	21,484375
03/06/2020 08:50:31,970 PM	229	20,5078125	03/06/2020 08:52:06,493 PM	292	21,484375	03/06/2020 08:53:41,020 PM	355	21,484375
03/06/2020 08:50:33,469 PM	230	20,99609375	03/06/2020 08:52:07,996 PM	293	20,99609375	03/06/2020 08:53:42,525 PM	356	21,484375
03/06/2020 08:50:34,972 PM	231	20,5078125	03/06/2020 08:52:09,495 PM	294	21,484375	03/06/2020 08:53:44,024 PM	357	21,97265625
03/06/2020 08:50:36,471 PM	232	20,5078125	03/06/2020 08:52:10,992 PM	295	20,99609375	03/06/2020 08:53:45,528 PM	358	21,97265625
03/06/2020 08:50:37,970 PM	233	20,5078125	03/06/2020 08:52:12,495 PM	296	21,484375	03/06/2020 08:53:47,026 PM	359	21,97265625
03/06/2020 08:50:39,470 PM	234	20,5078125	03/06/2020 08:52:13,995 PM	297	21,484375	03/06/2020 08:53:48,529 PM	360	21,97265625
03/06/2020 08:50:40,969 PM	235	20,99609375	03/06/2020 08:52:15,495 PM	298	21,484375	03/06/2020 08:53:50,028 PM	361	21,97265625
03/06/2020 08:50:42,473 PM	236	20,99609375	03/06/2020 08:52:16,998 PM	299	21,484375	03/06/2020 08:53:51,527 PM	362	21,97265625
03/06/2020 08:50:43,972 PM	237	20,99609375	03/06/2020 08:52:18,496 PM	300	21,484375	03/06/2020 08:53:53,026 PM	363	21,484375
03/06/2020 08:50:45,474 PM	238	20,99609375	03/06/2020 08:52:19,999 PM	301	21,484375	03/06/2020 08:53:54,528 PM	364	21,97265625
03/06/2020 08:50:46,970 PM	239	20,99609375	03/06/2020 08:52:21,499 PM	302	21,484375	03/06/2020 08:53:56,028 PM	365	21,97265625
03/06/2020 08:50:48,473 PM	240	20,99609375	03/06/2020 08:52:22,998 PM	303	21,484375	03/06/2020 08:53:57,532 PM	366	21,484375
03/06/2020 08:50:49,975 PM	241	20,99609375	03/06/2020 08:52:24,500 PM	304	21,484375	03/06/2020 08:53:59,030 PM	367	21,97265625
03/06/2020 08:50:51,478 PM	242	20,99609375	03/06/2020 08:52:26,000 PM	305	21,484375	03/06/2020 08:54:00,533 PM	368	21,97265625
03/06/2020 08:50:52,977 PM	243	20,99609375	03/06/2020 08:52:27,498 PM	306	21,484375	03/06/2020 08:54:02,032 PM	369	21,97265625
03/06/2020 08:50:54,476 PM	244	20,99609375	03/06/2020 08:52:29,003 PM	307	21,484375	03/06/2020 08:54:03,532 PM	370	21,97265625
03/06/2020 08:50:55,979 PM	245	20,99609375	03/06/2020 08:52:30,502 PM	308	21,484375	03/06/2020 08:54:05,034 PM	371	21,97265625
03/06/2020 08:50:57,479 PM	246	20,99609375	03/06/2020 08:52:32,000 PM	309	21,484375	03/06/2020 08:54:06,534 PM	372	21,97265625
03/06/2020 08:50:58,977 PM	247	20,99609375	03/06/2020 08:52:33,498 PM	310	21,484375	03/06/2020 08:54:08,032 PM	373	21,97265625
03/06/2020 08:51:00,478 PM	248	20,99609375	03/06/2020 08:52:34,998 PM	311	21,484375	03/06/2020 08:54:09,535 PM	374	21,97265625
03/06/2020 08:51:01,976 PM	249	20,99609375	03/06/2020 08:52:36,501 PM	312	21,484375	03/06/2020 08:54:11,035 PM	375	21,97265625
03/06/2020 08:51:03,475 PM	250	20,99609375	03/06/2020 08:52:37,997 PM	313	21,484375	03/06/2020 08:54:12,537 PM	376	21,97265625
03/06/2020 08:51:04,978 PM	251	20,99609375	03/06/2020 08:52:39,504 PM	314	21,484375	03/06/2020 08:54:14,036 PM	377	21,97265625
03/06/2020 08:51:06,478 PM	252	20,5078125	03/06/2020 08:52:41,003 PM	315	21,484375	03/06/2020 08:54:15,536 PM	378	21,97265625

90 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled
03/06/2020 08:49:33,460 PM	190	20,01953125	03/06/2020 08:51:07,982 PM	253	20,99609375	03/06/2020 08:52:42,500 PM	316	21,484375
03/06/2020 08:49:34,959 PM	191	20,5078125	03/06/2020 08:51:09,480 PM	254	20,99609375	03/06/2020 08:52:44,004 PM	317	21,484375
03/06/2020 08:49:36,458 PM	192	20,01953125	03/06/2020 08:51:10,977 PM	255	20,99609375	03/06/2020 08:52:45,503 PM	318	21,97265625
03/06/2020 08:49:37,960 PM	193	20,5078125	03/06/2020 08:51:12,476 PM	256	20,99609375	03/06/2020 08:52:47,002 PM	319	21,484375
03/06/2020 08:49:39,460 PM	194	20,01953125	03/06/2020 08:51:13,981 PM	257	20,99609375	03/06/2020 08:52:48,505 PM	320	21,484375
03/06/2020 08:49:40,962 PM	195	20,5078125	03/06/2020 08:51:15,479 PM	258	20,99609375	03/06/2020 08:52:50,004 PM	321	21,484375
03/06/2020 08:49:42,461 PM	196	20,01953125	03/06/2020 08:51:16,979 PM	259	20,99609375	03/06/2020 08:52:51,505 PM	322	21,97265625
03/06/2020 08:49:43,961 PM	197	20,01953125	03/06/2020 08:51:18,477 PM	260	21,484375	03/06/2020 08:52:53,002 PM	323	21,484375
03/06/2020 08:49:45,464 PM	198	20,5078125	03/06/2020 08:51:19,978 PM	261	20,99609375	03/06/2020 08:52:54,506 PM	324	21,484375
03/06/2020 08:49:46,964 PM	199	20,5078125	03/06/2020 08:51:21,480 PM	262	20,99609375	03/06/2020 08:52:56,005 PM	325	21,484375
03/06/2020 08:49:48,467 PM	200	20,5078125	03/06/2020 08:51:22,978 PM	263	20,99609375	03/06/2020 08:52:57,509 PM	326	21,484375
03/06/2020 08:49:49,961 PM	201	20,5078125	03/06/2020 08:51:24,483 PM	264	20,99609375	03/06/2020 08:52:59,008 PM	327	21,484375
03/06/2020 08:49:51,461 PM	202	20,5078125	03/06/2020 08:51:25,978 PM	265	20,99609375	03/06/2020 08:53:00,510 PM	328	21,484375
03/06/2020 08:49:52,960 PM	203	20,5078125	03/06/2020 08:51:27,481 PM	266	20,99609375	03/06/2020 08:53:02,009 PM	329	21,97265625
03/06/2020 08:49:54,458 PM	204	20,5078125	03/06/2020 08:51:28,979 PM	267	20,99609375	03/06/2020 08:53:03,512 PM	330	21,97265625
03/06/2020 08:49:55,960 PM	205	20,5078125	03/06/2020 08:51:30,482 PM	268	20,99609375	03/06/2020 08:53:05,011 PM	331	21,484375
03/06/2020 08:49:57,464 PM	206	20,01953125	03/06/2020 08:51:31,981 PM	269	21,484375	03/06/2020 08:53:06,511 PM	332	21,484375
03/06/2020 08:49:58,963 PM	207	20,5078125	03/06/2020 08:51:33,479 PM	270	20,99609375	03/06/2020 08:53:08,013 PM	333	21,484375
03/06/2020 08:50:00,462 PM	208	20,5078125	03/06/2020 08:51:34,979 PM	271	20,99609375	03/06/2020 08:53:09,512 PM	334	21,97265625
03/06/2020 08:50:01,965 PM	209	20,5078125	03/06/2020 08:51:36,483 PM	272	20,99609375	03/06/2020 08:53:11,012 PM	335	21,484375
03/06/2020 08:50:03,465 PM	210	20,5078125	03/06/2020 08:51:37,981 PM	273	20,99609375	03/06/2020 08:53:12,515 PM	336	21,484375
03/06/2020 08:50:04,963 PM	211	20,5078125	03/06/2020 08:51:39,484 PM	274	20,99609375	03/06/2020 08:53:14,014 PM	337	21,97265625
03/06/2020 08:50:06,463 PM	212	20,5078125	03/06/2020 08:51:40,983 PM	275	20,99609375	03/06/2020 08:53:15,516 PM	338	21,484375
03/06/2020 08:50:07,966 PM	213	20,5078125	03/06/2020 08:51:42,483 PM	276	20,99609375	03/06/2020 08:53:17,017 PM	339	21,97265625
03/06/2020 08:50:09,465 PM	214	20,99609375	03/06/2020 08:51:43,987 PM	277	21,484375	03/06/2020 08:53:18,516 PM	340	21,484375
03/06/2020 08:50:10,963 PM	215	20,01953125	03/06/2020 08:51:45,484 PM	278	20,99609375	03/06/2020 08:53:20,014 PM	341	21,97265625
03/06/2020 08:50:12,466 PM	216	20,5078125	03/06/2020 08:51:46,988 PM	279	20,99609375	03/06/2020 08:53:21,514 PM	342	21,484375
03/06/2020 08:50:13,965 PM	217	20,5078125	03/06/2020 08:51:48,487 PM	280	20,99609375	03/06/2020 08:53:23,017 PM	343	21,97265625
03/06/2020 08:50:15,460 PM	218	20,5078125	03/06/2020 08:51:49,985 PM	281	20,99609375	03/06/2020 08:53:24,511 PM	344	21,484375
03/06/2020 08:50:16,965 PM	219	20,5078125	03/06/2020 08:51:51,484 PM	282	21,484375	03/06/2020 08:53:26,019 PM	345	21,484375
03/06/2020 08:50:18,468 PM	220	20,5078125	03/06/2020 08:51:52,989 PM	283	21,484375	03/06/2020 08:53:27,518 PM	346	21,484375
03/06/2020 08:50:19,962 PM	221	20,5078125	03/06/2020 08:51:54,488 PM	284	20,99609375	03/06/2020 08:53:29,017 PM	347	21,484375
03/06/2020 08:50:21,466 PM	222	20,5078125	03/06/2020 08:51:55,986 PM	285	20,99609375	03/06/2020 08:53:30,515 PM	348	21,97265625
03/06/2020 08:50:22,968 PM	223	20,5078125	03/06/2020 08:51:57,489 PM	286	21,484375	03/06/2020 08:53:32,018 PM	349	21,484375
03/06/2020 08:50:24,467 PM	224	20,5078125	03/06/2020 08:51:58,988 PM	287	21,484375	03/06/2020 08:53:33,517 PM	350	21,97265625
03/06/2020 08:50:25,970 PM	225	20,99609375	03/06/2020 08:52:00,492 PM	288	21,484375	03/06/2020 08:53:35,016 PM	351	21,97265625
03/06/2020 08:50:27,469 PM	226	20,5078125	03/06/2020 08:52:01,991 PM	289	21,484375	03/06/2020 08:53:36,516 PM	352	21,97265625
03/06/2020 08:50:28,968 PM	227	20,99609375	03/06/2020 08:52:03,489 PM	290	21,484375	03/06/2020 08:53:38,018 PM	353	21,484375
03/06/2020 08:50:30,472 PM	228	20,99609375	03/06/2020 08:52:04,992 PM	291	21,484375	03/06/2020 08:53:39,522 PM	354	21,484375
03/06/2020 08:50:31,970 PM	229	20,5078125	03/06/2020 08:52:06,493 PM	292	21,484375	03/06/2020 08:53:41,020 PM	355	21,484375
03/06/2020 08:50:33,469 PM	230	20,99609375	03/06/2020 08:52:07,996 PM	293	20,99609375	03/06/2020 08:53:42,525 PM	356	21,484375
03/06/2020 08:50:34,972 PM	231	20,5078125	03/06/2020 08:52:09,495 PM	294	21,484375	03/06/2020 08:53:44,024 PM	357	21,97265625
03/06/2020 08:50:36,471 PM	232	20,5078125	03/06/2020 08:52:10,992 PM	295	20,99609375	03/06/2020 08:53:45,528 PM	358	21,97265625
03/06/2020 08:50:37,970 PM	233	20,5078125	03/06/2020 08:52:12,495 PM	296	21,484375	03/06/2020 08:53:47,026 PM	359	21,97265625
03/06/2020 08:50:39,470 PM	234	20,5078125	03/06/2020 08:52:13,995 PM	297	21,484375	03/06/2020 08:53:48,529 PM	360	21,97265625
03/06/2020 08:50:40,969 PM	235	20,99609375	03/06/2020 08:52:15,495 PM	298	21,484375	03/06/2020 08:53:50,028 PM	361	21,97265625
03/06/2020 08:50:42,473 PM	236	20,99609375	03/06/2020 08:52:16,998 PM	299	21,484375	03/06/2020 08:53:51,527 PM	362	21,97265625
03/06/2020 08:50:43,972 PM	237	20,99609375	03/06/2020 08:52:18,496 PM	300	21,484375	03/06/2020 08:53:53,026 PM	363	21,484375
03/06/2020 08:50:45,474 PM	238	20,99609375	03/06/2020 08:52:19,999 PM	301	21,484375	03/06/2020 08:53:54,528 PM	364	21,97265625
03/06/2020 08:50:46,970 PM	239	20,99609375	03/06/2020 08:52:21,499 PM	302	21,484375	03/06/2020 08:53:56,028 PM	365	21,97265625
03/06/2020 08:50:48,473 PM	240	20,99609375	03/06/2020 08:52:22,998 PM	303	21,484375	03/06/2020 08:53:57,532 PM	366	21,484375
03/06/2020 08:50:49,975 PM	241	20,99609375	03/06/2020 08:52:24,500 PM	304	21,484375	03/06/2020 08:53:59,030 PM	367	21,97265625
03/06/2020 08:50:51,478 PM	242	20,99609375	03/06/2020 08:52:26,000 PM	305	21,484375	03/06/2020 08:54:00,533 PM	368	21,97265625
03/06/2020 08:50:52,977 PM	243	20,99609375	03/06/2020 08:52:27,498 PM	306	21,484375	03/06/2020 08:54:02,032 PM	369	21,97265625
03/06/2020 08:50:54,476 PM	244	20,99609375	03/06/2020 08:52:29,003 PM	307	21,484375	03/06/2020 08:54:03,532 PM	370	21,97265625
03/06/2020 08:50:55,979 PM	245	20,99609375	03/06/2020 08:52:30,502 PM	308	21,484375	03/06/2020 08:54:05,034 PM	371	21,97265625
03/06/2020 08:50:57,479 PM	246	20,99609375	03/06/2020 08:52:32,000 PM	309	21,484375	03/06/2020 08:54:06,534 PM	372	21,97265625
03/06/2020 08:50:58,977 PM	247	20,99609375	03/06/2020 08:52:33,498 PM	310	21,484375	03/06/2020 08:54:08,032 PM	373	21,97265625
03/06/2020 08:51:00,478 PM	248	20,99609375	03/06/2020 08:52:34,998 PM	311	21,484375	03/06/2020 08:54:09,535 PM	374	21,97265625
03/06/2020 08:51:01,976 PM	249	20,99609375	03/06/2020 08:52:36,501 PM	312	21,484375	03/06/2020 08:54:11,035 PM	375	21,97265625
03/06/2020 08:51:03,475 PM	250	20,99609375	03/06/2020 08:52:37,997 PM	313	21,484375	03/06/2020 08:54:12,537 PM	376	21,97265625
03/06/2020 08:51:04,978 PM	251	20,99609375	03/06/2020 08:52:39,504 PM	314	21,484375	03/06/2020 08:54:14,036 PM	377	21,97265625
03/06/2020 08:51:06,478 PM	252	20,5078125	03/06/2020 08:52:41,003 PM	315	21,484375	03/06/2020 08:54:15,536 PM	378	21,97265625

Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled
03/06/2020 08:59:00,618 PM	568	22,94921875	03/06/2020 09:00:35,143 PM	631	22,94921875	03/06/2020 09:02:09,670 PM	694	22,94921875
03/06/2020 08:59:02,121 PM	569	22,94921875	03/06/2020 09:00:36,647 PM	632	22,94921875	03/06/2020 09:02:11,171 PM	695	22,94921875
03/06/2020 08:59:03,621 PM	570	22,94921875	03/06/2020 09:00:38,145 PM	633	22,94921875	03/06/2020 09:02:12,670 PM	696	22,94921875
03/06/2020 08:59:05,119 PM	571	22,94921875	03/06/2020 09:00:39,649 PM	634	22,4609375	03/06/2020 09:02:14,170 PM	697	22,94921875
03/06/2020 08:59:06,618 PM	572	22,94921875	03/06/2020 09:00:41,149 PM	635	22,94921875	03/06/2020 09:02:15,674 PM	698	22,94921875
03/06/2020 08:59:08,122 PM	573	22,94921875	03/06/2020 09:00:42,646 PM	636	22,94921875	03/06/2020 09:02:17,173 PM	699	22,94921875
03/06/2020 08:59:09,622 PM	574	22,4609375	03/06/2020 09:00:44,147 PM	637	22,94921875	03/06/2020 09:02:18,675 PM	700	22,94921875
03/06/2020 08:59:11,120 PM	575	22,4609375	03/06/2020 09:00:45,649 PM	638	22,94921875	03/06/2020 09:02:20,175 PM	701	22,94921875
03/06/2020 08:59:12,623 PM	576	22,94921875	03/06/2020 09:00:47,149 PM	639	22,94921875	03/06/2020 09:02:21,673 PM	702	22,94921875
03/06/2020 08:59:14,126 PM	577	22,4609375	03/06/2020 09:00:48,648 PM	640	22,94921875	03/06/2020 09:02:23,177 PM	703	22,94921875
03/06/2020 08:59:15,624 PM	578	22,94921875	03/06/2020 09:00:50,151 PM	641	22,94921875	03/06/2020 09:02:24,675 PM	704	22,94921875
03/06/2020 08:59:17,129 PM	579	22,4609375	03/06/2020 09:00:51,649 PM	642	22,94921875	03/06/2020 09:02:26,178 PM	705	22,94921875
03/06/2020 08:59:18,627 PM	580	22,94921875	03/06/2020 09:00:53,152 PM	643	22,94921875	03/06/2020 09:02:27,677 PM	706	23,4375
03/06/2020 08:59:20,127 PM	581	22,4609375	03/06/2020 09:00:54,654 PM	644	22,94921875	03/06/2020 09:02:29,177 PM	707	22,94921875
03/06/2020 08:59:21,626 PM	582	22,94921875	03/06/2020 09:00:56,150 PM	645	22,94921875	03/06/2020 09:02:30,677 PM	708	22,94921875
03/06/2020 08:59:23,129 PM	583	22,4609375	03/06/2020 09:00:57,653 PM	646	22,94921875	03/06/2020 09:02:32,180 PM	709	22,94921875
03/06/2020 08:59:24,624 PM	584	22,4609375	03/06/2020 09:00:59,154 PM	647	22,94921875	03/06/2020 09:02:33,679 PM	710	22,94921875
03/06/2020 08:59:26,131 PM	585	22,94921875	03/06/2020 09:01:00,653 PM	648	22,94921875	03/06/2020 09:02:35,178 PM	711	22,94921875
03/06/2020 08:59:27,630 PM	586	22,94921875	03/06/2020 09:01:02,155 PM	649	22,94921875	03/06/2020 09:02:36,677 PM	712	22,94921875
03/06/2020 08:59:29,126 PM	587	22,4609375	03/06/2020 09:01:03,651 PM	650	22,94921875	03/06/2020 09:02:38,180 PM	713	22,94921875
03/06/2020 08:59:30,629 PM	588	22,4609375	03/06/2020 09:01:05,154 PM	651	22,94921875	03/06/2020 09:02:39,679 PM	714	23,4375
03/06/2020 08:59:32,131 PM	589	22,4609375	03/06/2020 09:01:06,656 PM	652	22,94921875	03/06/2020 09:02:41,181 PM	715	22,94921875
03/06/2020 08:59:33,629 PM	590	22,94921875	03/06/2020 09:01:08,151 PM	653	22,94921875	03/06/2020 09:02:42,681 PM	716	23,4375
03/06/2020 08:59:35,130 PM	591	22,94921875	03/06/2020 09:01:09,659 PM	654	22,94921875	03/06/2020 09:02:44,179 PM	717	22,94921875
03/06/2020 08:59:36,632 PM	592	22,94921875	03/06/2020 09:01:11,158 PM	655	22,94921875	03/06/2020 09:02:45,683 PM	718	22,94921875
03/06/2020 08:59:38,132 PM	593	22,94921875	03/06/2020 09:01:12,657 PM	656	22,94921875	03/06/2020 09:02:47,182 PM	719	22,94921875
03/06/2020 08:59:39,631 PM	594	22,94921875	03/06/2020 09:01:14,160 PM	657	22,94921875	03/06/2020 09:02:48,680 PM	720	22,94921875
03/06/2020 08:59:41,133 PM	595	22,94921875	03/06/2020 09:01:15,654 PM	658	22,94921875	03/06/2020 09:02:50,184 PM	721	22,94921875
03/06/2020 08:59:42,632 PM	596	22,94921875	03/06/2020 09:01:17,158 PM	659	22,94921875	03/06/2020 09:02:51,682 PM	722	23,4375
03/06/2020 08:59:44,136 PM	597	22,94921875	03/06/2020 09:01:18,653 PM	660	22,94921875	03/06/2020 09:02:53,177 PM	723	23,4375
03/06/2020 08:59:45,635 PM	598	22,4609375	03/06/2020 09:01:20,159 PM	661	22,4609375	03/06/2020 09:02:54,685 PM	724	22,94921875
03/06/2020 08:59:47,133 PM	599	22,4609375	03/06/2020 09:01:21,659 PM	662	22,4609375	03/06/2020 09:02:56,188 PM	725	22,94921875
03/06/2020 08:59:48,633 PM	600	22,4609375	03/06/2020 09:01:23,158 PM	663	22,94921875	03/06/2020 09:02:57,684 PM	726	22,94921875
03/06/2020 08:59:50,136 PM	601	22,94921875	03/06/2020 09:01:24,662 PM	664	22,94921875	03/06/2020 09:02:59,191 PM	727	23,4375
03/06/2020 08:59:51,635 PM	602	22,94921875	03/06/2020 09:01:26,161 PM	665	22,94921875	03/06/2020 09:03:00,690 PM	728	22,94921875
03/06/2020 08:59:53,133 PM	603	22,4609375	03/06/2020 09:01:27,664 PM	666	22,94921875	03/06/2020 09:03:02,188 PM	729	22,94921875
03/06/2020 08:59:54,637 PM	604	22,4609375	03/06/2020 09:01:29,168 PM	667	22,94921875	03/06/2020 09:03:03,687 PM	730	23,4375
03/06/2020 08:59:56,133 PM	605	22,94921875	03/06/2020 09:01:30,661 PM	668	22,94921875	03/06/2020 09:03:05,190 PM	731	22,94921875
03/06/2020 08:59:57,635 PM	606	22,4609375	03/06/2020 09:01:32,165 PM	669	22,94921875	03/06/2020 09:03:06,695 PM	732	22,94921875
03/06/2020 08:59:59,139 PM	607	22,94921875	03/06/2020 09:01:33,663 PM	670	22,94921875	03/06/2020 09:03:08,192 PM	733	22,94921875
03/06/2020 09:00:00,637 PM	608	22,4609375	03/06/2020 09:01:35,162 PM	671	22,94921875	03/06/2020 09:03:09,692 PM	734	22,94921875
03/06/2020 09:00:02,136 PM	609	22,4609375	03/06/2020 09:01:36,666 PM	672	22,94921875	03/06/2020 09:03:11,191 PM	735	23,4375
03/06/2020 09:00:03,641 PM	610	22,4609375	03/06/2020 09:01:38,165 PM	673	22,94921875	03/06/2020 09:03:12,695 PM	736	22,94921875
03/06/2020 09:00:05,138 PM	611	22,94921875	03/06/2020 09:01:39,663 PM	674	22,94921875	03/06/2020 09:03:14,194 PM	737	22,94921875
03/06/2020 09:00:06,637 PM	612	22,4609375	03/06/2020 09:01:41,166 PM	675	23,4375	03/06/2020 09:03:15,692 PM	738	22,94921875
03/06/2020 09:00:08,140 PM	613	22,4609375	03/06/2020 09:01:42,669 PM	676	22,94921875	03/06/2020 09:03:17,196 PM	739	22,94921875
03/06/2020 09:00:09,640 PM	614	22,94921875	03/06/2020 09:01:44,168 PM	677	22,94921875	03/06/2020 09:03:18,694 PM	740	22,94921875
03/06/2020 09:00:11,135 PM	615	22,94921875	03/06/2020 09:01:45,667 PM	678	22,94921875	03/06/2020 09:03:20,193 PM	741	22,94921875
03/06/2020 09:00:12,641 PM	616	22,94921875	03/06/2020 09:01:47,166 PM	679	23,4375	03/06/2020 09:03:21,693 PM	742	22,94921875
03/06/2020 09:00:14,141 PM	617	22,94921875	03/06/2020 09:01:48,666 PM	680	22,94921875	03/06/2020 09:03:23,196 PM	743	23,4375
03/06/2020 09:00:15,637 PM	618	22,94921875	03/06/2020 09:01:50,169 PM	681	22,94921875	03/06/2020 09:03:24,695 PM	744	22,94921875
03/06/2020 09:00:17,143 PM	619	22,94921875	03/06/2020 09:01:51,664 PM	682	22,94921875	03/06/2020 09:03:26,198 PM	745	22,94921875
03/06/2020 09:00:18,642 PM	620	22,94921875	03/06/2020 09:01:53,171 PM	683	22,94921875	03/06/2020 09:03:27,696 PM	746	23,4375
03/06/2020 09:00:20,140 PM	621	22,94921875	03/06/2020 09:01:54,671 PM	684	22,94921875	03/06/2020 09:03:29,196 PM	747	22,94921875
03/06/2020 09:00:21,644 PM	622	22,94921875	03/06/2020 09:01:56,170 PM	685	22,94921875	03/06/2020 09:03:30,699 PM	748	22,94921875
03/06/2020 09:00:23,143 PM	623	22,94921875	03/06/2020 09:01:57,668 PM	686	22,94921875	03/06/2020 09:03:32,197 PM	749	23,4375
03/06/2020 09:00:24,643 PM	624	22,94921875	03/06/2020 09:01:59,172 PM	687	22,94921875	03/06/2020 09:03:33,697 PM	750	23,4375
03/06/2020 09:00:26,146 PM	625	22,94921875	03/06/2020 09:02:00,671 PM	688	22,94921875	03/06/2020 09:03:35,200 PM	751	22,94921875
03/06/2020 09:00:27,644 PM	626	22,4609375	03/06/2020 09:02:02,171 PM	689	22,94921875	03/06/2020 09:03:36,699 PM	752	22,94921875
03/06/2020 09:00:29,143 PM	627	22,94921875	03/06/2020 09:02:03,668 PM	690	22,94921875	03/06/2020 09:03:38,202 PM	753	23,4375
03/06/2020 09:00:30,647 PM	628	22,94921875	03/06/2020 09:02:05,169 PM	691	22,94921875	03/06/2020 09:03:39,701 PM	754	22,94921875
03/06/2020 09:00:32,146 PM	629	22,94921875	03/06/2020 09:02:06,670 PM	692	22,94921875	03/06/2020 09:03:41,200 PM	755	22,94921875
03/06/2020 09:00:33,645 PM	630	22,94921875	03/06/2020 09:02:08,170 PM	693	22,94921875	03/06/2020 09:03:42,704 PM	756	22,94921875

92 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled
03/06/2020 09:03:44, 202 PM	757	23,4375	03/06/2020 09:05:18, 732 PM	820	22,94921875	03/06/2020 09:06:53, 265 PM	883	22,94921875
03/06/2020 09:03:45, 706 PM	758	22,94921875	03/06/2020 09:05:20, 236 PM	821	22,94921875	03/06/2020 09:06:54, 765 PM	884	23,4375
03/06/2020 09:03:47, 204 PM	759	22,94921875	03/06/2020 09:05:21, 733 PM	822	22,94921875	03/06/2020 09:06:56, 262 PM	885	23,4375
03/06/2020 09:03:48, 703 PM	760	23,4375	03/06/2020 09:05:23, 238 PM	823	22,94921875	03/06/2020 09:06:57, 765 PM	886	22,94921875
03/06/2020 09:03:50, 202 PM	761	22,94921875	03/06/2020 09:05:24, 732 PM	824	23,4375	03/06/2020 09:06:59, 266 PM	887	23,4375
03/06/2020 09:03:51, 706 PM	762	23,4375	03/06/2020 09:05:26, 236 PM	825	22,94921875	03/06/2020 09:07:00, 765 PM	888	23,4375
03/06/2020 09:03:53, 205 PM	763	22,94921875	03/06/2020 09:05:27, 739 PM	826	22,94921875	03/06/2020 09:07:02, 268 PM	889	22,94921875
03/06/2020 09:03:54, 708 PM	764	22,94921875	03/06/2020 09:05:29, 238 PM	827	22,94921875	03/06/2020 09:07:03, 765 PM	890	23,4375
03/06/2020 09:03:56, 207 PM	765	23,4375	03/06/2020 09:05:30, 737 PM	828	22,94921875	03/06/2020 09:07:05, 265 PM	891	22,94921875
03/06/2020 09:03:57, 706 PM	766	22,94921875	03/06/2020 09:05:32, 240 PM	829	22,94921875	03/06/2020 09:07:06, 769 PM	892	23,4375
03/06/2020 09:03:59, 208 PM	767	23,4375	03/06/2020 09:05:33, 738 PM	830	22,94921875	03/06/2020 09:07:08, 267 PM	893	23,4375
03/06/2020 09:04:00, 708 PM	768	22,94921875	03/06/2020 09:05:35, 238 PM	831	22,94921875	03/06/2020 09:07:09, 772 PM	894	22,94921875
03/06/2020 09:04:02, 208 PM	769	23,4375	03/06/2020 09:05:36, 740 PM	832	23,4375	03/06/2020 09:07:11, 267 PM	895	23,4375
03/06/2020 09:04:03, 707 PM	770	22,94921875	03/06/2020 09:05:38, 240 PM	833	23,4375	03/06/2020 09:07:12, 768 PM	896	22,94921875
03/06/2020 09:04:05, 213 PM	771	23,4375	03/06/2020 09:05:39, 739 PM	834	22,94921875	03/06/2020 09:07:14, 273 PM	897	22,94921875
03/06/2020 09:04:06, 712 PM	772	23,4375	03/06/2020 09:05:41, 238 PM	835	22,94921875	03/06/2020 09:07:15, 771 PM	898	22,94921875
03/06/2020 09:04:08, 212 PM	773	23,4375	03/06/2020 09:05:42, 742 PM	836	23,4375	03/06/2020 09:07:17, 274 PM	899	22,94921875
03/06/2020 09:04:09, 711 PM	774	23,4375	03/06/2020 09:05:44, 240 PM	837	22,94921875	03/06/2020 09:07:18, 773 PM	900	22,94921875
03/06/2020 09:04:11, 210 PM	775	23,4375	03/06/2020 09:05:45, 740 PM	838	22,94921875	03/06/2020 09:07:20, 278 PM	901	22,94921875
03/06/2020 09:04:12, 712 PM	776	22,94921875	03/06/2020 09:05:47, 243 PM	839	23,4375	03/06/2020 09:07:21, 775 PM	902	22,94921875
03/06/2020 09:04:14, 211 PM	777	22,94921875	03/06/2020 09:05:48, 746 PM	840	22,94921875	03/06/2020 09:07:23, 275 PM	903	23,4375
03/06/2020 09:04:15, 714 PM	778	23,4375	03/06/2020 09:05:50, 241 PM	841	22,94921875	03/06/2020 09:07:24, 774 PM	904	22,94921875
03/06/2020 09:04:17, 214 PM	779	23,4375	03/06/2020 09:05:51, 739 PM	842	22,94921875	03/06/2020 09:07:26, 276 PM	905	23,4375
03/06/2020 09:04:18, 718 PM	780	23,4375	03/06/2020 09:05:53, 242 PM	843	22,94921875	03/06/2020 09:07:27, 776 PM	906	22,94921875
03/06/2020 09:04:20, 216 PM	781	22,94921875	03/06/2020 09:05:54, 744 PM	844	22,94921875	03/06/2020 09:07:29, 274 PM	907	22,94921875
03/06/2020 09:04:21, 715 PM	782	22,94921875	03/06/2020 09:05:56, 243 PM	845	22,94921875	03/06/2020 09:07:30, 777 PM	908	23,4375
03/06/2020 09:04:23, 215 PM	783	22,94921875	03/06/2020 09:05:57, 744 PM	846	22,94921875	03/06/2020 09:07:32, 276 PM	909	23,4375
03/06/2020 09:04:24, 717 PM	784	22,94921875	03/06/2020 09:05:59, 242 PM	847	22,94921875	03/06/2020 09:07:33, 775 PM	910	23,4375
03/06/2020 09:04:26, 216 PM	785	23,4375	03/06/2020 09:06:00, 746 PM	848	23,4375	03/06/2020 09:07:35, 279 PM	911	23,4375
03/06/2020 09:04:27, 719 PM	786	23,4375	03/06/2020 09:06:02, 245 PM	849	22,94921875	03/06/2020 09:07:36, 775 PM	912	23,4375
03/06/2020 09:04:29, 218 PM	787	22,94921875	03/06/2020 09:06:03, 748 PM	850	22,94921875	03/06/2020 09:07:38, 282 PM	913	23,4375
03/06/2020 09:04:30, 722 PM	788	22,94921875	03/06/2020 09:06:05, 246 PM	851	22,94921875	03/06/2020 09:07:39, 779 PM	914	23,4375
03/06/2020 09:04:32, 221 PM	789	22,94921875	03/06/2020 09:06:06, 746 PM	852	22,94921875	03/06/2020 09:07:41, 280 PM	915	22,94921875
03/06/2020 09:04:33, 720 PM	790	22,94921875	03/06/2020 09:06:08, 250 PM	853	22,94921875	03/06/2020 09:07:42, 779 PM	916	23,4375
03/06/2020 09:04:35, 218 PM	791	22,94921875	03/06/2020 09:06:09, 748 PM	854	23,4375	03/06/2020 09:07:44, 281 PM	917	23,4375
03/06/2020 09:04:36, 722 PM	792	22,94921875	03/06/2020 09:06:11, 252 PM	855	22,94921875	03/06/2020 09:07:45, 780 PM	918	22,94921875
03/06/2020 09:04:38, 220 PM	793	23,4375	03/06/2020 09:06:12, 751 PM	856	22,94921875	03/06/2020 09:07:47, 283 PM	919	22,94921875
03/06/2020 09:04:39, 725 PM	794	22,94921875	03/06/2020 09:06:14, 254 PM	857	23,4375	03/06/2020 09:07:48, 783 PM	920	23,4375
03/06/2020 09:04:41, 223 PM	795	23,4375	03/06/2020 09:06:15, 752 PM	858	22,94921875	03/06/2020 09:07:50, 281 PM	921	23,4375
03/06/2020 09:04:42, 727 PM	796	22,94921875	03/06/2020 09:06:17, 252 PM	859	23,4375	03/06/2020 09:07:51, 785 PM	922	23,4375
03/06/2020 09:04:44, 224 PM	797	23,4375	03/06/2020 09:06:18, 755 PM	860	22,94921875	03/06/2020 09:07:53, 284 PM	923	22,94921875
03/06/2020 09:04:45, 729 PM	798	22,94921875	03/06/2020 09:06:20, 249 PM	861	23,4375	03/06/2020 09:07:54, 786 PM	924	22,94921875
03/06/2020 09:04:47, 228 PM	799	23,4375	03/06/2020 09:06:21, 752 PM	862	22,94921875	03/06/2020 09:07:56, 286 PM	925	23,4375
03/06/2020 09:04:48, 722 PM	800	22,94921875	03/06/2020 09:06:23, 255 PM	863	23,4375	03/06/2020 09:07:57, 785 PM	926	23,4375
03/06/2020 09:04:50, 225 PM	801	23,4375	03/06/2020 09:06:24, 750 PM	864	23,4375	03/06/2020 09:07:59, 289 PM	927	23,4375
03/06/2020 09:04:51, 728 PM	802	22,94921875	03/06/2020 09:06:26, 253 PM	865	22,94921875	03/06/2020 09:08:00, 787 PM	928	23,4375
03/06/2020 09:04:53, 227 PM	803	22,94921875	03/06/2020 09:06:27, 758 PM	866	22,94921875	03/06/2020 09:08:02, 287 PM	929	23,4375
03/06/2020 09:04:54, 727 PM	804	23,4375	03/06/2020 09:06:29, 257 PM	867	22,94921875	03/06/2020 09:08:03, 789 PM	930	23,4375
03/06/2020 09:04:56, 229 PM	805	22,94921875	03/06/2020 09:06:30, 756 PM	868	22,94921875	03/06/2020 09:08:05, 289 PM	931	23,4375
03/06/2020 09:04:57, 728 PM	806	23,4375	03/06/2020 09:06:32, 251 PM	869	22,94921875	03/06/2020 09:08:06, 787 PM	932	22,94921875
03/06/2020 09:04:59, 229 PM	807	22,94921875	03/06/2020 09:06:33, 757 PM	870	22,94921875	03/06/2020 09:08:08, 290 PM	933	23,4375
03/06/2020 09:05:00, 728 PM	808	22,94921875	03/06/2020 09:06:35, 257 PM	871	22,94921875	03/06/2020 09:08:09, 790 PM	934	23,4375
03/06/2020 09:05:02, 230 PM	809	23,4375	03/06/2020 09:06:36, 756 PM	872	22,94921875	03/06/2020 09:08:11, 293 PM	935	22,94921875
03/06/2020 09:05:03, 730 PM	810	22,94921875	03/06/2020 09:06:38, 254 PM	873	22,94921875	03/06/2020 09:08:12, 791 PM	936	23,4375
03/06/2020 09:05:05, 228 PM	811	23,4375	03/06/2020 09:06:39, 758 PM	874	22,94921875	03/06/2020 09:08:14, 290 PM	937	22,94921875
03/06/2020 09:05:06, 730 PM	812	23,4375	03/06/2020 09:06:41, 260 PM	875	22,94921875	03/06/2020 09:08:15, 793 PM	938	22,94921875
03/06/2020 09:05:08, 230 PM	813	22,94921875	03/06/2020 09:06:42, 759 PM	876	23,4375	03/06/2020 09:08:17, 288 PM	939	22,94921875
03/06/2020 09:05:09, 730 PM	814	22,94921875	03/06/2020 09:06:44, 263 PM	877	22,94921875	03/06/2020 09:08:18, 791 PM	940	22,94921875
03/06/2020 09:05:11, 232 PM	815	22,94921875	03/06/2020 09:06:45, 766 PM	878	23,4375	03/06/2020 09:08:20, 291 PM	941	23,4375
03/06/2020 09:05:12, 731 PM	816	22,94921875	03/06/2020 09:06:47, 264 PM	879	23,4375	03/06/2020 09:08:21, 793 PM	942	22,94921875
03/06/2020 09:05:14, 231 PM	817	23,4375	03/06/2020 09:06:48, 763 PM	880	22,94921875	03/06/2020 09:08:23, 294 PM	943	22,94921875
03/06/2020 09:05:15, 733 PM	818	23,4375	03/06/2020 09:06:50, 266 PM	881	23,4375	03/06/2020 09:08:24, 793 PM	944	22,94921875
03/06/2020 09:05:17, 233 PM	819	22,94921875	03/06/2020 09:06:51, 767 PM	882	23,4375	03/06/2020 09:08:26, 295 PM	945	23,4375

Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled
03/06/2020 09:08:27,795 PM	946	22,94921875	03/06/2020 09:10:02,331 PM	1009	23,4375	03/06/2020 09:11:36,853 PM	1072	22,94921875
03/06/2020 09:08:29,294 PM	947	22,94921875	03/06/2020 09:10:03,831 PM	1010	23,4375	03/06/2020 09:11:38,351 PM	1073	23,4375
03/06/2020 09:08:30,796 PM	948	23,4375	03/06/2020 09:10:05,330 PM	1011	23,4375	03/06/2020 09:11:39,856 PM	1074	23,4375
03/06/2020 09:08:32,296 PM	949	23,4375	03/06/2020 09:10:06,825 PM	1012	23,4375	03/06/2020 09:11:41,354 PM	1075	23,4375
03/06/2020 09:08:33,794 PM	950	23,4375	03/06/2020 09:10:08,333 PM	1013	23,4375	03/06/2020 09:11:42,853 PM	1076	23,4375
03/06/2020 09:08:35,298 PM	951	23,4375	03/06/2020 09:10:09,831 PM	1014	23,4375	03/06/2020 09:11:44,355 PM	1077	23,4375
03/06/2020 09:08:36,796 PM	952	22,94921875	03/06/2020 09:10:11,329 PM	1015	23,4375	03/06/2020 09:11:45,856 PM	1078	23,4375
03/06/2020 09:08:38,300 PM	953	23,4375	03/06/2020 09:10:12,829 PM	1016	23,4375	03/06/2020 09:11:47,358 PM	1079	23,4375
03/06/2020 09:08:39,799 PM	954	23,4375	03/06/2020 09:10:14,334 PM	1017	23,4375	03/06/2020 09:11:48,858 PM	1080	23,4375
03/06/2020 09:08:41,294 PM	955	22,94921875	03/06/2020 09:10:15,833 PM	1018	23,4375	03/06/2020 09:11:50,356 PM	1081	23,92578125
03/06/2020 09:08:42,794 PM	956	22,94921875	03/06/2020 09:10:17,334 PM	1019	23,4375	03/06/2020 09:11:51,855 PM	1082	23,4375
03/06/2020 09:08:44,300 PM	957	23,4375	03/06/2020 09:10:18,834 PM	1020	23,4375	03/06/2020 09:11:53,358 PM	1083	23,4375
03/06/2020 09:08:45,798 PM	958	23,4375	03/06/2020 09:10:20,332 PM	1021	23,4375	03/06/2020 09:11:54,858 PM	1084	22,94921875
03/06/2020 09:08:47,299 PM	959	23,4375	03/06/2020 09:10:21,831 PM	1022	23,4375	03/06/2020 09:11:56,360 PM	1085	23,4375
03/06/2020 09:08:48,801 PM	960	23,4375	03/06/2020 09:10:23,334 PM	1023	23,4375	03/06/2020 09:11:57,859 PM	1086	23,92578125
03/06/2020 09:08:50,300 PM	961	23,4375	03/06/2020 09:10:24,835 PM	1024	23,4375	03/06/2020 09:11:59,358 PM	1087	22,94921875
03/06/2020 09:08:51,804 PM	962	23,4375	03/06/2020 09:10:26,333 PM	1025	23,4375	03/06/2020 09:12:00,862 PM	1088	23,4375
03/06/2020 09:08:53,303 PM	963	23,4375	03/06/2020 09:10:27,837 PM	1026	23,4375	03/06/2020 09:12:02,362 PM	1089	23,4375
03/06/2020 09:08:54,802 PM	964	23,4375	03/06/2020 09:10:29,334 PM	1027	23,4375	03/06/2020 09:12:03,860 PM	1090	23,4375
03/06/2020 09:08:56,304 PM	965	23,4375	03/06/2020 09:10:30,833 PM	1028	23,4375	03/06/2020 09:12:05,362 PM	1091	23,4375
03/06/2020 09:08:57,803 PM	966	22,94921875	03/06/2020 09:10:32,333 PM	1029	23,4375	03/06/2020 09:12:06,861 PM	1092	23,4375
03/06/2020 09:08:59,302 PM	967	23,4375	03/06/2020 09:10:33,837 PM	1030	23,4375	03/06/2020 09:12:08,362 PM	1093	23,4375
03/06/2020 09:09:00,805 PM	968	23,4375	03/06/2020 09:10:35,335 PM	1031	23,4375	03/06/2020 09:12:09,865 PM	1094	23,4375
03/06/2020 09:09:02,309 PM	969	22,94921875	03/06/2020 09:10:36,834 PM	1032	23,4375	03/06/2020 09:12:11,364 PM	1095	23,4375
03/06/2020 09:09:03,808 PM	970	23,4375	03/06/2020 09:10:38,333 PM	1033	22,94921875	03/06/2020 09:12:12,863 PM	1096	23,4375
03/06/2020 09:09:05,307 PM	971	23,4375	03/06/2020 09:10:39,837 PM	1034	23,4375	03/06/2020 09:12:14,362 PM	1097	23,4375
03/06/2020 09:09:06,810 PM	972	22,94921875	03/06/2020 09:10:41,336 PM	1035	23,4375	03/06/2020 09:12:15,864 PM	1098	23,4375
03/06/2020 09:09:08,309 PM	973	23,4375	03/06/2020 09:10:42,834 PM	1036	23,4375	03/06/2020 09:12:17,363 PM	1099	23,4375
03/06/2020 09:09:09,809 PM	974	23,4375	03/06/2020 09:10:44,333 PM	1037	23,92578125	03/06/2020 09:12:18,862 PM	1100	23,4375
03/06/2020 09:09:11,307 PM	975	23,4375	03/06/2020 09:10:45,836 PM	1038	23,4375	03/06/2020 09:12:20,366 PM	1101	23,92578125
03/06/2020 09:09:12,811 PM	976	23,4375	03/06/2020 09:10:47,335 PM	1039	23,4375	03/06/2020 09:12:21,864 PM	1102	23,4375
03/06/2020 09:09:14,309 PM	977	23,4375	03/06/2020 09:10:48,835 PM	1040	23,4375	03/06/2020 09:12:23,364 PM	1103	23,4375
03/06/2020 09:09:15,809 PM	978	23,4375	03/06/2020 09:10:50,338 PM	1041	23,4375	03/06/2020 09:12:24,868 PM	1104	23,4375
03/06/2020 09:09:17,308 PM	979	23,4375	03/06/2020 09:10:51,837 PM	1042	23,4375	03/06/2020 09:12:26,362 PM	1105	22,94921875
03/06/2020 09:09:18,811 PM	980	23,4375	03/06/2020 09:10:53,336 PM	1043	23,4375	03/06/2020 09:12:27,865 PM	1106	23,4375
03/06/2020 09:09:20,310 PM	981	23,4375	03/06/2020 09:10:54,839 PM	1044	23,4375	03/06/2020 09:12:29,364 PM	1107	23,4375
03/06/2020 09:09:21,813 PM	982	23,4375	03/06/2020 09:10:56,343 PM	1045	23,4375	03/06/2020 09:12:30,867 PM	1108	23,4375
03/06/2020 09:09:23,312 PM	983	23,4375	03/06/2020 09:10:57,841 PM	1046	23,4375	03/06/2020 09:12:32,366 PM	1109	23,4375
03/06/2020 09:09:24,814 PM	984	23,4375	03/06/2020 09:10:59,340 PM	1047	23,4375	03/06/2020 09:12:33,866 PM	1110	23,4375
03/06/2020 09:09:26,315 PM	985	23,4375	03/06/2020 09:11:00,843 PM	1048	23,4375	03/06/2020 09:12:35,368 PM	1111	23,4375
03/06/2020 09:09:27,813 PM	986	22,94921875	03/06/2020 09:11:02,342 PM	1049	23,4375	03/06/2020 09:12:36,869 PM	1112	23,4375
03/06/2020 09:09:29,312 PM	987	22,94921875	03/06/2020 09:11:03,842 PM	1050	23,92578125	03/06/2020 09:12:38,368 PM	1113	23,4375
03/06/2020 09:09:30,815 PM	988	23,4375	03/06/2020 09:11:05,340 PM	1051	23,4375	03/06/2020 09:12:39,866 PM	1114	23,4375
03/06/2020 09:09:32,319 PM	989	23,92578125	03/06/2020 09:11:06,843 PM	1052	23,4375	03/06/2020 09:12:41,368 PM	1115	23,4375
03/06/2020 09:09:33,817 PM	990	23,4375	03/06/2020 09:11:08,342 PM	1053	23,4375	03/06/2020 09:12:42,869 PM	1116	23,92578125
03/06/2020 09:09:35,316 PM	991	23,92578125	03/06/2020 09:11:09,841 PM	1054	23,4375	03/06/2020 09:12:44,368 PM	1117	23,92578125
03/06/2020 09:09:36,819 PM	992	22,94921875	03/06/2020 09:11:11,344 PM	1055	23,4375	03/06/2020 09:12:45,871 PM	1118	23,4375
03/06/2020 09:09:38,318 PM	993	22,94921875	03/06/2020 09:11:12,848 PM	1056	23,4375	03/06/2020 09:12:47,369 PM	1119	23,92578125
03/06/2020 09:09:39,822 PM	994	23,4375	03/06/2020 09:11:14,347 PM	1057	23,4375	03/06/2020 09:12:48,868 PM	1120	23,4375
03/06/2020 09:09:41,322 PM	995	23,4375	03/06/2020 09:11:15,846 PM	1058	23,4375	03/06/2020 09:12:50,371 PM	1121	23,4375
03/06/2020 09:09:42,825 PM	996	23,4375	03/06/2020 09:11:17,341 PM	1059	22,94921875	03/06/2020 09:12:51,871 PM	1122	23,4375
03/06/2020 09:09:44,324 PM	997	23,4375	03/06/2020 09:11:18,844 PM	1060	23,4375	03/06/2020 09:12:53,370 PM	1123	23,4375
03/06/2020 09:09:45,828 PM	998	22,94921875	03/06/2020 09:11:20,348 PM	1061	23,4375	03/06/2020 09:12:54,872 PM	1124	23,4375
03/06/2020 09:09:47,325 PM	999	23,4375	03/06/2020 09:11:21,845 PM	1062	23,4375	03/06/2020 09:12:56,371 PM	1125	23,4375
03/06/2020 09:09:48,824 PM	1000	23,4375	03/06/2020 09:11:23,350 PM	1063	23,4375	03/06/2020 09:12:57,871 PM	1126	23,4375
03/06/2020 09:09:50,328 PM	1001	23,4375	03/06/2020 09:11:24,847 PM	1064	23,4375	03/06/2020 09:12:59,373 PM	1127	23,4375
03/06/2020 09:09:51,826 PM	1002	23,4375	03/06/2020 09:11:26,347 PM	1065	23,4375	03/06/2020 09:13:00,877 PM	1128	23,4375
03/06/2020 09:09:53,326 PM	1003	22,94921875	03/06/2020 09:11:27,850 PM	1066	23,4375	03/06/2020 09:13:02,376 PM	1129	23,4375
03/06/2020 09:09:54,829 PM	1004	23,4375	03/06/2020 09:11:29,350 PM	1067	23,4375	03/06/2020 09:13:03,874 PM	1130	23,92578125
03/06/2020 09:09:56,324 PM	1005	23,4375	03/06/2020 09:11:30,848 PM	1068	22,94921875	03/06/2020 09:13:05,377 PM	1131	23,4375
03/06/2020 09:09:57,831 PM	1006	23,4375	03/06/2020 09:11:32,351 PM	1069	23,4375	03/06/2020 09:13:06,876 PM	1132	23,4375
03/06/2020 09:09:59,329 PM	1007	23,4375	03/06/2020 09:11:33,850 PM	1070	23,4375	03/06/2020 09:13:08,376 PM	1133	23,4375
03/06/2020 09:10:00,828 PM	1008	23,4375	03/06/2020 09:11:35,350 PM	1071	23,4375	03/06/2020 09:13:09,879 PM	1134	23,4375

94 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled
03/06/2020 09:13:11,379 PM	1135	23,4375	03/06/2020 09:14:45,899 PM	1198	23,4375	03/06/2020 09:16:20,420 PM	1261	23,4375
03/06/2020 09:13:12,877 PM	1136	22,94921875	03/06/2020 09:14:47,398 PM	1199	23,4375	03/06/2020 09:16:21,920 PM	1262	23,4375
03/06/2020 09:13:14,376 PM	1137	23,4375	03/06/2020 09:14:48,901 PM	1200	23,4375	03/06/2020 09:16:23,422 PM	1263	23,4375
03/06/2020 09:13:15,880 PM	1138	23,92578125	03/06/2020 09:14:50,401 PM	1201	23,4375	03/06/2020 09:16:24,921 PM	1264	22,94921875
03/06/2020 09:13:17,379 PM	1139	23,4375	03/06/2020 09:14:51,899 PM	1202	23,4375	03/06/2020 09:16:26,420 PM	1265	23,4375
03/06/2020 09:13:18,878 PM	1140	23,4375	03/06/2020 09:14:53,402 PM	1203	23,4375	03/06/2020 09:16:27,924 PM	1266	23,4375
03/06/2020 09:13:20,376 PM	1141	23,4375	03/06/2020 09:14:54,902 PM	1204	22,94921875	03/06/2020 09:16:29,422 PM	1267	23,92578125
03/06/2020 09:13:21,880 PM	1142	23,4375	03/06/2020 09:14:56,401 PM	1205	23,4375	03/06/2020 09:16:30,921 PM	1268	23,4375
03/06/2020 09:13:23,378 PM	1143	23,4375	03/06/2020 09:14:57,905 PM	1206	23,92578125	03/06/2020 09:16:32,420 PM	1269	23,4375
03/06/2020 09:13:24,877 PM	1144	23,4375	03/06/2020 09:14:59,404 PM	1207	23,4375	03/06/2020 09:16:33,920 PM	1270	23,4375
03/06/2020 09:13:26,381 PM	1145	23,4375	03/06/2020 09:15:00,902 PM	1208	23,4375	03/06/2020 09:16:35,422 PM	1271	23,4375
03/06/2020 09:13:27,879 PM	1146	23,92578125	03/06/2020 09:15:02,406 PM	1209	23,4375	03/06/2020 09:16:36,926 PM	1272	23,4375
03/06/2020 09:13:29,382 PM	1147	23,4375	03/06/2020 09:15:03,905 PM	1210	23,4375	03/06/2020 09:16:38,425 PM	1273	23,4375
03/06/2020 09:13:30,883 PM	1148	23,4375	03/06/2020 09:15:05,404 PM	1211	23,4375	03/06/2020 09:16:39,924 PM	1274	23,4375
03/06/2020 09:13:32,381 PM	1149	23,92578125	03/06/2020 09:15:06,906 PM	1212	23,4375	03/06/2020 09:16:41,427 PM	1275	23,4375
03/06/2020 09:13:33,885 PM	1150	23,4375	03/06/2020 09:15:08,406 PM	1213	23,4375	03/06/2020 09:16:42,926 PM	1276	23,4375
03/06/2020 09:13:35,383 PM	1151	23,4375	03/06/2020 09:15:09,909 PM	1214	23,92578125	03/06/2020 09:16:44,430 PM	1277	23,92578125
03/06/2020 09:13:36,881 PM	1152	23,4375	03/06/2020 09:15:11,407 PM	1215	23,4375	03/06/2020 09:16:45,928 PM	1278	23,4375
03/06/2020 09:13:38,382 PM	1153	23,4375	03/06/2020 09:15:12,906 PM	1216	23,4375	03/06/2020 09:16:47,427 PM	1279	23,4375
03/06/2020 09:13:39,884 PM	1154	23,4375	03/06/2020 09:15:14,410 PM	1217	23,4375	03/06/2020 09:16:48,930 PM	1280	23,4375
03/06/2020 09:13:41,383 PM	1155	23,4375	03/06/2020 09:15:15,908 PM	1218	23,4375	03/06/2020 09:16:50,429 PM	1281	23,4375
03/06/2020 09:13:42,883 PM	1156	23,4375	03/06/2020 09:15:17,412 PM	1219	22,94921875	03/06/2020 09:16:51,934 PM	1282	23,92578125
03/06/2020 09:13:44,385 PM	1157	23,4375	03/06/2020 09:15:18,912 PM	1220	23,4375	03/06/2020 09:16:53,432 PM	1283	23,4375
03/06/2020 09:13:45,885 PM	1158	22,94921875	03/06/2020 09:15:20,405 PM	1221	23,4375	03/06/2020 09:16:54,931 PM	1284	23,4375
03/06/2020 09:13:47,384 PM	1159	23,4375	03/06/2020 09:15:21,910 PM	1222	23,4375	03/06/2020 09:16:56,435 PM	1285	23,4375
03/06/2020 09:13:48,886 PM	1160	23,4375	03/06/2020 09:15:23,411 PM	1223	23,4375	03/06/2020 09:16:57,937 PM	1286	23,4375
03/06/2020 09:13:50,382 PM	1161	23,4375	03/06/2020 09:15:24,911 PM	1224	23,4375	03/06/2020 09:16:59,433 PM	1287	23,4375
03/06/2020 09:13:51,886 PM	1162	23,4375	03/06/2020 09:15:26,410 PM	1225	23,4375	03/06/2020 09:17:00,936 PM	1288	23,92578125
03/06/2020 09:13:53,384 PM	1163	23,4375	03/06/2020 09:15:27,908 PM	1226	23,4375	03/06/2020 09:17:02,434 PM	1289	23,4375
03/06/2020 09:13:54,888 PM	1164	23,4375	03/06/2020 09:15:29,407 PM	1227	22,94921875	03/06/2020 09:17:03,932 PM	1290	23,4375
03/06/2020 09:13:56,386 PM	1165	23,4375	03/06/2020 09:15:30,912 PM	1228	23,4375	03/06/2020 09:17:05,438 PM	1291	23,92578125
03/06/2020 09:13:57,885 PM	1166	23,4375	03/06/2020 09:15:32,411 PM	1229	23,4375	03/06/2020 09:17:06,936 PM	1292	23,4375
03/06/2020 09:13:59,383 PM	1167	23,4375	03/06/2020 09:15:33,905 PM	1230	23,4375	03/06/2020 09:17:08,438 PM	1293	23,4375
03/06/2020 09:14:00,889 PM	1168	23,4375	03/06/2020 09:15:35,413 PM	1231	23,4375	03/06/2020 09:17:09,937 PM	1294	23,4375
03/06/2020 09:14:02,386 PM	1169	23,4375	03/06/2020 09:15:36,911 PM	1232	23,4375			
03/06/2020 09:14:03,885 PM	1170	23,4375	03/06/2020 09:15:38,410 PM	1233	23,4375			
03/06/2020 09:14:05,388 PM	1171	23,4375	03/06/2020 09:15:39,910 PM	1234	23,4375			
03/06/2020 09:14:06,887 PM	1172	23,4375	03/06/2020 09:15:41,412 PM	1235	23,4375			
03/06/2020 09:14:08,386 PM	1173	23,4375	03/06/2020 09:15:42,907 PM	1236	23,4375			
03/06/2020 09:14:09,885 PM	1174	23,4375	03/06/2020 09:15:44,412 PM	1237	23,4375			
03/06/2020 09:14:11,389 PM	1175	23,4375	03/06/2020 09:15:45,913 PM	1238	23,92578125			
03/06/2020 09:14:12,889 PM	1176	23,4375	03/06/2020 09:15:47,413 PM	1239	23,4375			
03/06/2020 09:14:14,391 PM	1177	23,4375	03/06/2020 09:15:48,913 PM	1240	23,4375			
03/06/2020 09:14:15,891 PM	1178	23,4375	03/06/2020 09:15:50,414 PM	1241	23,4375			
03/06/2020 09:14:17,385 PM	1179	23,4375	03/06/2020 09:15:51,915 PM	1242	23,4375			
03/06/2020 09:14:18,883 PM	1180	23,4375	03/06/2020 09:15:53,412 PM	1243	23,4375			
03/06/2020 09:14:20,392 PM	1181	23,92578125	03/06/2020 09:15:54,913 PM	1244	23,92578125			
03/06/2020 09:14:21,886 PM	1182	23,4375	03/06/2020 09:15:56,414 PM	1245	23,4375			
03/06/2020 09:14:23,389 PM	1183	22,94921875	03/06/2020 09:15:57,915 PM	1246	23,4375			
03/06/2020 09:14:24,893 PM	1184	23,4375	03/06/2020 09:15:59,413 PM	1247	23,4375			
03/06/2020 09:14:26,392 PM	1185	23,4375	03/06/2020 09:16:00,916 PM	1248	23,4375			
03/06/2020 09:14:27,890 PM	1186	22,94921875	03/06/2020 09:16:02,415 PM	1249	23,4375			
03/06/2020 09:14:29,389 PM	1187	23,4375	03/06/2020 09:16:03,918 PM	1250	23,4375			
03/06/2020 09:14:30,888 PM	1188	22,94921875	03/06/2020 09:16:05,417 PM	1251	23,4375			
03/06/2020 09:14:32,391 PM	1189	23,4375	03/06/2020 09:16:06,916 PM	1252	23,4375			
03/06/2020 09:14:33,896 PM	1190	23,4375	03/06/2020 09:16:08,416 PM	1253	23,4375			
03/06/2020 09:14:35,393 PM	1191	23,4375	03/06/2020 09:16:09,918 PM	1254	23,4375			
03/06/2020 09:14:36,896 PM	1192	23,4375	03/06/2020 09:16:11,417 PM	1255	23,92578125			
03/06/2020 09:14:38,396 PM	1193	23,92578125	03/06/2020 09:16:12,916 PM	1256	23,4375			
03/06/2020 09:14:39,900 PM	1194	23,4375	03/06/2020 09:16:14,420 PM	1257	23,4375			
03/06/2020 09:14:41,398 PM	1195	23,92578125	03/06/2020 09:16:15,918 PM	1258	23,4375			
03/06/2020 09:14:42,896 PM	1196	23,4375	03/06/2020 09:16:17,419 PM	1259	23,4375			
03/06/2020 09:14:44,399 PM	1197	23,4375	03/06/2020 09:16:18,920 PM	1260	23,4375			

Anexo B Archivo Excel NEnfriamiento

Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled
05/06/2020 04:13:43,695 PM	0	28,3203125	05/06/2020 04:15:15,215 PM	61	26,3671875	05/06/2020 04:16:46,737 PM	122	25,390625
05/06/2020 04:13:45,198 PM	1	28,3203125	05/06/2020 04:15:16,717 PM	62	25,87890625	05/06/2020 04:16:48,233 PM	123	25,390625
05/06/2020 04:13:46,697 PM	2	28,3203125	05/06/2020 04:15:18,217 PM	63	25,87890625	05/06/2020 04:16:49,739 PM	124	24,90234375
05/06/2020 04:13:48,200 PM	3	28,3203125	05/06/2020 04:15:19,715 PM	64	25,87890625	05/06/2020 04:16:51,240 PM	125	25,390625
05/06/2020 04:13:49,695 PM	4	28,80859375	05/06/2020 04:15:21,218 PM	65	25,87890625	05/06/2020 04:16:52,739 PM	126	25,390625
05/06/2020 04:13:51,199 PM	5	28,3203125	05/06/2020 04:15:22,717 PM	66	25,87890625	05/06/2020 04:16:54,240 PM	127	25,390625
05/06/2020 04:13:52,702 PM	6	28,3203125	05/06/2020 04:15:24,221 PM	67	25,87890625	05/06/2020 04:16:55,739 PM	128	25,390625
05/06/2020 04:13:54,201 PM	7	28,3203125	05/06/2020 04:15:25,719 PM	68	25,87890625	05/06/2020 04:16:57,239 PM	129	25,390625
05/06/2020 04:13:55,699 PM	8	27,83203125	05/06/2020 04:15:27,218 PM	69	25,87890625	05/06/2020 04:16:58,743 PM	130	24,90234375
05/06/2020 04:13:57,198 PM	9	28,3203125	05/06/2020 04:15:28,721 PM	70	25,87890625	05/06/2020 04:17:00,242 PM	131	25,390625
05/06/2020 04:13:58,702 PM	10	27,83203125	05/06/2020 04:15:30,222 PM	71	25,87890625	05/06/2020 04:17:01,740 PM	132	24,90234375
05/06/2020 04:14:00,201 PM	11	28,3203125	05/06/2020 04:15:31,721 PM	72	25,87890625	05/06/2020 04:17:03,239 PM	133	25,390625
05/06/2020 04:14:01,700 PM	12	27,83203125	05/06/2020 04:15:33,224 PM	73	25,87890625	05/06/2020 04:17:04,743 PM	134	24,90234375
05/06/2020 04:14:03,199 PM	13	28,3203125	05/06/2020 04:15:34,722 PM	74	25,87890625	05/06/2020 04:17:06,242 PM	135	24,90234375
05/06/2020 04:14:04,702 PM	14	28,3203125	05/06/2020 04:15:36,221 PM	75	25,87890625	05/06/2020 04:17:07,740 PM	136	24,90234375
05/06/2020 04:14:06,197 PM	15	28,3203125	05/06/2020 04:15:37,720 PM	76	25,390625	05/06/2020 04:17:09,244 PM	137	24,90234375
05/06/2020 04:14:07,704 PM	16	28,3203125	05/06/2020 04:15:39,223 PM	77	25,87890625	05/06/2020 04:17:10,742 PM	138	24,90234375
05/06/2020 04:14:09,203 PM	17	28,3203125	05/06/2020 04:15:40,723 PM	78	25,87890625	05/06/2020 04:17:12,247 PM	139	25,390625
05/06/2020 04:14:10,703 PM	18	28,3203125	05/06/2020 04:15:42,221 PM	79	25,87890625	05/06/2020 04:17:13,745 PM	140	25,390625
05/06/2020 04:14:12,202 PM	19	28,80859375	05/06/2020 04:15:43,721 PM	80	25,87890625	05/06/2020 04:17:15,241 PM	141	25,390625
05/06/2020 04:14:13,704 PM	20	28,3203125	05/06/2020 04:15:45,225 PM	81	25,87890625	05/06/2020 04:17:16,742 PM	142	24,90234375
05/06/2020 04:14:15,203 PM	21	27,83203125	05/06/2020 04:15:46,722 PM	82	25,87890625	05/06/2020 04:17:18,242 PM	143	24,90234375
05/06/2020 04:14:16,702 PM	22	28,3203125	05/06/2020 04:15:48,226 PM	83	25,87890625	05/06/2020 04:17:19,744 PM	144	25,390625
05/06/2020 04:14:18,201 PM	23	28,3203125	05/06/2020 04:15:49,721 PM	84	25,87890625	05/06/2020 04:17:21,245 PM	145	24,90234375
05/06/2020 04:14:19,704 PM	24	28,3203125	05/06/2020 04:15:51,224 PM	85	25,390625	05/06/2020 04:17:22,744 PM	146	24,90234375
05/06/2020 04:14:21,203 PM	25	27,83203125	05/06/2020 04:15:52,723 PM	86	25,390625	05/06/2020 04:17:24,251 PM	147	24,90234375
05/06/2020 04:14:22,703 PM	26	27,83203125	05/06/2020 04:15:54,226 PM	87	25,87890625	05/06/2020 04:17:25,750 PM	148	25,390625
05/06/2020 04:14:24,206 PM	27	27,83203125	05/06/2020 04:15:55,726 PM	88	25,87890625	05/06/2020 04:17:27,248 PM	149	24,90234375
05/06/2020 04:14:25,705 PM	28	27,83203125	05/06/2020 04:15:57,225 PM	89	25,390625	05/06/2020 04:17:28,751 PM	150	24,90234375
05/06/2020 04:14:27,204 PM	29	27,34375	05/06/2020 04:15:58,728 PM	90	25,87890625	05/06/2020 04:17:30,250 PM	151	24,90234375
05/06/2020 04:14:28,708 PM	30	27,34375	05/06/2020 04:16:00,226 PM	91	25,390625	05/06/2020 04:17:31,751 PM	152	24,90234375
05/06/2020 04:14:30,210 PM	31	27,34375	05/06/2020 04:16:01,726 PM	92	25,390625	05/06/2020 04:17:33,252 PM	153	24,90234375
05/06/2020 04:14:31,709 PM	32	27,34375	05/06/2020 04:16:03,228 PM	93	25,390625	05/06/2020 04:17:34,752 PM	154	24,90234375
05/06/2020 04:14:33,208 PM	33	26,85546875	05/06/2020 04:16:04,727 PM	94	25,390625	05/06/2020 04:17:36,251 PM	155	24,90234375
05/06/2020 04:14:34,712 PM	34	26,85546875	05/06/2020 04:16:06,227 PM	95	25,390625	05/06/2020 04:17:37,755 PM	156	25,390625
05/06/2020 04:14:36,207 PM	35	26,85546875	05/06/2020 04:16:07,730 PM	96	25,87890625	05/06/2020 04:17:39,252 PM	157	24,90234375
05/06/2020 04:14:37,709 PM	36	26,85546875	05/06/2020 04:16:09,225 PM	97	25,390625	05/06/2020 04:17:40,751 PM	158	24,90234375
05/06/2020 04:14:39,208 PM	37	26,85546875	05/06/2020 04:16:10,726 PM	98	25,390625	05/06/2020 04:17:42,254 PM	159	24,90234375
05/06/2020 04:14:40,712 PM	38	26,85546875	05/06/2020 04:16:12,232 PM	99	25,390625	05/06/2020 04:17:43,754 PM	160	24,90234375
05/06/2020 04:14:42,212 PM	39	26,85546875	05/06/2020 04:16:13,731 PM	100	25,390625	05/06/2020 04:17:45,254 PM	161	24,90234375
05/06/2020 04:14:43,711 PM	40	26,85546875	05/06/2020 04:16:15,228 PM	101	25,390625	05/06/2020 04:17:46,752 PM	162	25,390625
05/06/2020 04:14:45,208 PM	41	26,85546875	05/06/2020 04:16:16,733 PM	102	25,390625	05/06/2020 04:17:48,256 PM	163	24,90234375
05/06/2020 04:14:46,712 PM	42	26,85546875	05/06/2020 04:16:18,232 PM	103	25,390625	05/06/2020 04:17:49,750 PM	164	24,90234375
05/06/2020 04:14:48,212 PM	43	26,3671875	05/06/2020 04:16:19,731 PM	104	25,390625	05/06/2020 04:17:51,257 PM	165	24,90234375
05/06/2020 04:14:49,714 PM	44	26,3671875	05/06/2020 04:16:21,234 PM	105	25,390625	05/06/2020 04:17:52,756 PM	166	24,90234375
05/06/2020 04:14:51,214 PM	45	26,85546875	05/06/2020 04:16:22,732 PM	106	24,90234375	05/06/2020 04:17:54,255 PM	167	24,90234375
05/06/2020 04:14:52,714 PM	46	26,3671875	05/06/2020 04:16:24,228 PM	107	25,390625	05/06/2020 04:17:55,755 PM	168	24,90234375
05/06/2020 04:14:54,208 PM	47	26,3671875	05/06/2020 04:16:25,735 PM	108	25,390625	05/06/2020 04:17:57,258 PM	169	25,390625
05/06/2020 04:14:55,711 PM	48	26,3671875	05/06/2020 04:16:27,234 PM	109	25,390625	05/06/2020 04:17:58,756 PM	170	24,90234375
05/06/2020 04:14:57,213 PM	49	26,3671875	05/06/2020 04:16:28,734 PM	110	25,390625	05/06/2020 04:18:00,260 PM	171	24,90234375
05/06/2020 04:14:58,713 PM	50	26,3671875	05/06/2020 04:16:30,233 PM	111	24,90234375	05/06/2020 04:18:01,759 PM	172	24,90234375
05/06/2020 04:15:00,211 PM	51	26,3671875	05/06/2020 04:16:31,736 PM	112	25,390625	05/06/2020 04:18:03,257 PM	173	24,90234375
05/06/2020 04:15:01,715 PM	52	26,3671875	05/06/2020 04:16:33,234 PM	113	25,390625	05/06/2020 04:18:04,762 PM	174	24,90234375
05/06/2020 04:15:03,215 PM	53	25,87890625	05/06/2020 04:16:34,733 PM	114	24,90234375	05/06/2020 04:18:06,260 PM	175	24,90234375
05/06/2020 04:15:04,713 PM	54	26,3671875	05/06/2020 04:16:36,237 PM	115	24,90234375	05/06/2020 04:18:07,758 PM	176	24,90234375
05/06/2020 04:15:06,216 PM	55	25,87890625	05/06/2020 04:16:37,736 PM	116	24,90234375	05/06/2020 04:18:09,258 PM	177	24,90234375
05/06/2020 04:15:07,714 PM	56	25,87890625	05/06/2020 04:16:39,234 PM	117	24,90234375	05/06/2020 04:18:10,762 PM	178	24,90234375
05/06/2020 04:15:09,210 PM	57	26,3671875	05/06/2020 04:16:40,738 PM	118	25,390625	05/06/2020 04:18:12,261 PM	179	24,90234375
05/06/2020 04:15:10,717 PM	58	26,3671875	05/06/2020 04:16:42,236 PM	119	25,390625	05/06/2020 04:18:13,759 PM	180	24,90234375
05/06/2020 04:15:12,216 PM	59	25,87890625	05/06/2020 04:16:43,735 PM	120	25,390625	05/06/2020 04:18:15,262 PM	181	24,90234375
05/06/2020 04:15:13,714 PM	60	25,87890625	05/06/2020 04:16:45,239 PM	121	25,390625	05/06/2020 04:18:16,761 PM	182	24,90234375

96 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled
05/06/2020 04:18:18,261 PM	183	24,90234375	05/06/2020 04:19:49,779 PM	244	24,4140625	05/06/2020 04:21:21,308 PM	305	23,92578125
05/06/2020 04:18:19,764 PM	184	24,90234375	05/06/2020 04:19:51,283 PM	245	23,92578125	05/06/2020 04:21:22,810 PM	306	24,4140625
05/06/2020 04:18:21,264 PM	185	24,90234375	05/06/2020 04:19:52,783 PM	246	24,4140625	05/06/2020 04:21:24,310 PM	307	23,92578125
05/06/2020 04:18:22,762 PM	186	24,90234375	05/06/2020 04:19:54,284 PM	247	24,4140625	05/06/2020 04:21:25,809 PM	308	23,92578125
05/06/2020 04:18:24,261 PM	187	24,90234375	05/06/2020 04:19:55,783 PM	248	24,4140625	05/06/2020 04:21:27,307 PM	309	23,92578125
05/06/2020 04:18:25,764 PM	188	24,90234375	05/06/2020 04:19:57,283 PM	249	24,4140625	05/06/2020 04:21:28,811 PM	310	24,4140625
05/06/2020 04:18:27,266 PM	189	24,90234375	05/06/2020 04:19:58,786 PM	250	24,4140625	05/06/2020 04:21:30,309 PM	311	23,92578125
05/06/2020 04:18:28,766 PM	190	24,90234375	05/06/2020 04:20:00,285 PM	251	24,4140625	05/06/2020 04:21:31,808 PM	312	24,4140625
05/06/2020 04:18:30,264 PM	191	24,90234375	05/06/2020 04:20:01,785 PM	252	24,4140625	05/06/2020 04:21:33,311 PM	313	23,92578125
05/06/2020 04:18:31,764 PM	192	25,390625	05/06/2020 04:20:03,288 PM	253	24,4140625	05/06/2020 04:21:34,810 PM	314	23,92578125
05/06/2020 04:18:33,263 PM	193	24,90234375	05/06/2020 04:20:04,787 PM	254	24,4140625	05/06/2020 04:21:36,314 PM	315	23,4375
05/06/2020 04:18:34,763 PM	194	24,4140625	05/06/2020 04:20:06,289 PM	255	24,4140625	05/06/2020 04:21:37,813 PM	316	23,92578125
05/06/2020 04:18:36,266 PM	195	24,90234375	05/06/2020 04:20:07,789 PM	256	24,4140625	05/06/2020 04:21:39,312 PM	317	23,4375
05/06/2020 04:18:37,764 PM	196	24,90234375	05/06/2020 04:20:09,288 PM	257	24,4140625	05/06/2020 04:21:40,814 PM	318	23,92578125
05/06/2020 04:18:39,264 PM	197	25,390625	05/06/2020 04:20:10,791 PM	258	24,4140625	05/06/2020 04:21:42,314 PM	319	23,92578125
05/06/2020 04:18:40,767 PM	198	24,90234375	05/06/2020 04:20:12,290 PM	259	24,4140625	05/06/2020 04:21:43,813 PM	320	23,92578125
05/06/2020 04:18:42,266 PM	199	24,90234375	05/06/2020 04:20:13,788 PM	260	24,4140625	05/06/2020 04:21:45,317 PM	321	23,92578125
05/06/2020 04:18:43,764 PM	200	24,90234375	05/06/2020 04:20:15,292 PM	261	24,4140625	05/06/2020 04:21:46,816 PM	322	23,92578125
05/06/2020 04:18:45,264 PM	201	24,4140625	05/06/2020 04:20:16,788 PM	262	24,90234375	05/06/2020 04:21:48,314 PM	323	23,92578125
05/06/2020 04:18:46,766 PM	202	24,90234375	05/06/2020 04:20:18,289 PM	263	24,90234375	05/06/2020 04:21:49,818 PM	324	23,92578125
05/06/2020 04:18:48,265 PM	203	24,90234375	05/06/2020 04:20:19,794 PM	264	24,4140625	05/06/2020 04:21:51,316 PM	325	23,4375
05/06/2020 04:18:49,766 PM	204	24,90234375	05/06/2020 04:20:21,292 PM	265	24,4140625	05/06/2020 04:21:52,820 PM	326	23,4375
05/06/2020 04:18:51,269 PM	205	24,90234375	05/06/2020 04:20:22,791 PM	266	24,90234375	05/06/2020 04:21:54,318 PM	327	23,92578125
05/06/2020 04:18:52,764 PM	206	24,4140625	05/06/2020 04:20:24,291 PM	267	24,4140625	05/06/2020 04:21:55,819 PM	328	23,4375
05/06/2020 04:18:54,271 PM	207	24,90234375	05/06/2020 04:20:25,789 PM	268	23,92578125	05/06/2020 04:21:57,316 PM	329	23,92578125
05/06/2020 04:18:55,769 PM	208	24,90234375	05/06/2020 04:20:27,293 PM	269	24,4140625	05/06/2020 04:21:58,820 PM	330	23,92578125
05/06/2020 04:18:57,273 PM	209	24,90234375	05/06/2020 04:20:28,791 PM	270	24,4140625	05/06/2020 04:22:00,320 PM	331	23,92578125
05/06/2020 04:18:58,772 PM	210	24,90234375	05/06/2020 04:20:30,290 PM	271	24,4140625	05/06/2020 04:22:01,819 PM	332	23,92578125
05/06/2020 04:19:00,270 PM	211	24,4140625	05/06/2020 04:20:31,794 PM	272	24,4140625	05/06/2020 04:22:03,322 PM	333	23,92578125
05/06/2020 04:19:01,769 PM	212	24,90234375	05/06/2020 04:20:33,294 PM	273	24,4140625	05/06/2020 04:22:04,820 PM	334	23,92578125
05/06/2020 04:19:03,272 PM	213	24,4140625	05/06/2020 04:20:34,791 PM	274	24,4140625	05/06/2020 04:22:06,316 PM	335	23,4375
05/06/2020 04:19:04,771 PM	214	24,4140625	05/06/2020 04:20:36,292 PM	275	24,4140625	05/06/2020 04:22:07,823 PM	336	23,92578125
05/06/2020 04:19:06,270 PM	215	24,4140625	05/06/2020 04:20:37,795 PM	276	24,4140625	05/06/2020 04:22:09,320 PM	337	23,4375
05/06/2020 04:19:07,769 PM	216	24,4140625	05/06/2020 04:20:39,297 PM	277	24,4140625	05/06/2020 04:22:10,824 PM	338	23,4375
05/06/2020 04:19:09,273 PM	217	24,90234375	05/06/2020 04:20:40,795 PM	278	24,4140625	05/06/2020 04:22:12,324 PM	339	23,92578125
05/06/2020 04:19:10,772 PM	218	24,4140625	05/06/2020 04:20:42,299 PM	279	23,92578125	05/06/2020 04:22:13,823 PM	340	23,4375
05/06/2020 04:19:12,275 PM	219	24,4140625	05/06/2020 04:20:43,798 PM	280	24,4140625	05/06/2020 04:22:15,326 PM	341	23,92578125
05/06/2020 04:19:13,773 PM	220	24,90234375	05/06/2020 04:20:45,297 PM	281	23,92578125	05/06/2020 04:22:16,824 PM	342	23,4375
05/06/2020 04:19:15,273 PM	221	24,4140625	05/06/2020 04:20:46,800 PM	282	24,4140625	05/06/2020 04:22:18,323 PM	343	23,92578125
05/06/2020 04:19:16,772 PM	222	24,4140625	05/06/2020 04:20:48,300 PM	283	24,4140625	05/06/2020 04:22:19,824 PM	344	23,92578125
05/06/2020 04:19:18,276 PM	223	24,4140625	05/06/2020 04:20:49,802 PM	284	24,4140625	05/06/2020 04:22:21,327 PM	345	23,4375
05/06/2020 04:19:19,774 PM	224	23,92578125	05/06/2020 04:20:51,302 PM	285	23,92578125	05/06/2020 04:22:22,825 PM	346	23,4375
05/06/2020 04:19:21,273 PM	225	24,4140625	05/06/2020 04:20:52,800 PM	286	23,92578125	05/06/2020 04:22:24,324 PM	347	23,4375
05/06/2020 04:19:22,777 PM	226	24,4140625	05/06/2020 04:20:54,303 PM	287	24,4140625	05/06/2020 04:22:25,826 PM	348	23,4375
05/06/2020 04:19:24,275 PM	227	24,4140625	05/06/2020 04:20:55,804 PM	288	24,4140625	05/06/2020 04:22:27,325 PM	349	23,4375
05/06/2020 04:19:25,780 PM	228	24,4140625	05/06/2020 04:20:57,302 PM	289	24,4140625	05/06/2020 04:22:28,824 PM	350	23,92578125
05/06/2020 04:19:27,278 PM	229	24,90234375	05/06/2020 04:20:58,801 PM	290	23,92578125	05/06/2020 04:22:30,325 PM	351	23,4375
05/06/2020 04:19:28,777 PM	230	24,90234375	05/06/2020 04:21:00,304 PM	291	23,92578125	05/06/2020 04:22:31,827 PM	352	23,4375
05/06/2020 04:19:30,281 PM	231	24,90234375	05/06/2020 04:21:01,803 PM	292	23,92578125	05/06/2020 04:22:33,327 PM	353	23,4375
05/06/2020 04:19:31,780 PM	232	24,4140625	05/06/2020 04:21:03,302 PM	293	23,92578125	05/06/2020 04:22:34,830 PM	354	23,4375
05/06/2020 04:19:33,277 PM	233	24,4140625	05/06/2020 04:21:04,806 PM	294	24,4140625	05/06/2020 04:22:36,329 PM	355	23,4375
05/06/2020 04:19:34,776 PM	234	24,4140625	05/06/2020 04:21:06,304 PM	295	23,92578125	05/06/2020 04:22:37,828 PM	356	23,92578125
05/06/2020 04:19:36,279 PM	235	24,4140625	05/06/2020 04:21:07,807 PM	296	23,92578125	05/06/2020 04:22:39,327 PM	357	23,92578125
05/06/2020 04:19:37,780 PM	236	24,4140625	05/06/2020 04:21:09,306 PM	297	23,92578125	05/06/2020 04:22:40,829 PM	358	23,4375
05/06/2020 04:19:39,282 PM	237	23,92578125	05/06/2020 04:21:10,806 PM	298	23,92578125	05/06/2020 04:22:42,329 PM	359	23,4375
05/06/2020 04:19:40,782 PM	238	24,4140625	05/06/2020 04:21:12,310 PM	299	23,92578125	05/06/2020 04:22:43,828 PM	360	23,92578125
05/06/2020 04:19:42,280 PM	239	24,4140625	05/06/2020 04:21:13,808 PM	300	23,92578125	05/06/2020 04:22:45,327 PM	361	23,4375
05/06/2020 04:19:43,779 PM	240	24,4140625	05/06/2020 04:21:15,306 PM	301	24,4140625	05/06/2020 04:22:46,831 PM	362	23,92578125
05/06/2020 04:19:45,278 PM	241	23,92578125	05/06/2020 04:21:16,806 PM	302	24,4140625	05/06/2020 04:22:48,330 PM	363	23,92578125
05/06/2020 04:19:46,781 PM	242	24,4140625	05/06/2020 04:21:18,308 PM	303	23,92578125	05/06/2020 04:22:49,832 PM	364	23,4375
05/06/2020 04:19:48,280 PM	243	24,4140625	05/06/2020 04:21:19,808 PM	304	24,4140625	05/06/2020 04:22:51,330 PM	365	23,4375

Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled
05/06/2020 04:22:52,826 PM	366	23,4375	05/06/2020 04:24:24,353 PM	427	23,4375	05/06/2020 04:25:55,872 PM	488	22,94921875
05/06/2020 04:22:54,330 PM	367	23,4375	05/06/2020 04:24:25,852 PM	428	23,92578125	05/06/2020 04:25:57,371 PM	489	22,94921875
05/06/2020 04:22:55,828 PM	368	23,4375	05/06/2020 04:24:27,355 PM	429	23,4375	05/06/2020 04:25:58,874 PM	490	23,4375
05/06/2020 04:22:57,331 PM	369	23,4375	05/06/2020 04:24:28,854 PM	430	23,4375	05/06/2020 04:26:00,374 PM	491	22,94921875
05/06/2020 04:22:58,830 PM	370	23,4375	05/06/2020 04:24:30,353 PM	431	23,4375	05/06/2020 04:26:01,872 PM	492	22,94921875
05/06/2020 04:23:00,329 PM	371	23,4375	05/06/2020 04:24:31,852 PM	432	23,4375	05/06/2020 04:26:03,371 PM	493	23,4375
05/06/2020 04:23:01,833 PM	372	23,4375	05/06/2020 04:24:33,356 PM	433	23,4375	05/06/2020 04:26:04,870 PM	494	23,4375
05/06/2020 04:23:03,331 PM	373	23,4375	05/06/2020 04:24:34,854 PM	434	22,94921875	05/06/2020 04:26:06,373 PM	495	23,4375
05/06/2020 04:23:04,835 PM	374	23,4375	05/06/2020 04:24:36,354 PM	435	23,4375	05/06/2020 04:26:07,874 PM	496	23,4375
05/06/2020 04:23:06,334 PM	375	23,4375	05/06/2020 04:24:37,853 PM	436	23,4375	05/06/2020 04:26:09,376 PM	497	23,4375
05/06/2020 04:23:07,837 PM	376	23,4375	05/06/2020 04:24:39,356 PM	437	23,4375	05/06/2020 04:26:10,874 PM	498	23,4375
05/06/2020 04:23:09,336 PM	377	23,4375	05/06/2020 04:24:40,855 PM	438	22,94921875	05/06/2020 04:26:12,374 PM	499	22,94921875
05/06/2020 04:23:10,840 PM	378	23,4375	05/06/2020 04:24:42,354 PM	439	23,4375	05/06/2020 04:26:13,876 PM	500	23,4375
05/06/2020 04:23:12,339 PM	379	23,4375	05/06/2020 04:24:43,858 PM	440	23,4375	05/06/2020 04:26:15,377 PM	501	23,4375
05/06/2020 04:23:13,837 PM	380	23,4375	05/06/2020 04:24:45,355 PM	441	23,4375	05/06/2020 04:26:16,875 PM	502	22,94921875
05/06/2020 04:23:15,340 PM	381	23,4375	05/06/2020 04:24:46,855 PM	442	23,4375	05/06/2020 04:26:18,374 PM	503	23,4375
05/06/2020 04:23:16,840 PM	382	23,92578125	05/06/2020 04:24:48,354 PM	443	22,94921875	05/06/2020 04:26:19,877 PM	504	23,4375
05/06/2020 04:23:18,337 PM	383	23,92578125	05/06/2020 04:24:49,849 PM	444	23,4375	05/06/2020 04:26:21,377 PM	505	23,4375
05/06/2020 04:23:19,841 PM	384	23,92578125	05/06/2020 04:24:51,357 PM	445	23,4375	05/06/2020 04:26:22,880 PM	506	22,94921875
05/06/2020 04:23:21,340 PM	385	23,92578125	05/06/2020 04:24:52,855 PM	446	23,4375	05/06/2020 04:26:24,378 PM	507	23,4375
05/06/2020 04:23:22,840 PM	386	23,4375	05/06/2020 04:24:54,358 PM	447	23,4375	05/06/2020 04:26:25,878 PM	508	23,4375
05/06/2020 04:23:24,339 PM	387	23,92578125	05/06/2020 04:24:55,857 PM	448	23,4375	05/06/2020 04:26:27,377 PM	509	22,94921875
05/06/2020 04:23:25,842 PM	388	23,92578125	05/06/2020 04:24:57,356 PM	449	22,94921875	05/06/2020 04:26:28,880 PM	510	23,4375
05/06/2020 04:23:27,340 PM	389	23,92578125	05/06/2020 04:24:58,856 PM	450	22,94921875	05/06/2020 04:26:30,379 PM	511	23,4375
05/06/2020 04:23:28,839 PM	390	23,92578125	05/06/2020 04:25:00,358 PM	451	23,4375	05/06/2020 04:26:31,882 PM	512	23,4375
05/06/2020 04:23:30,338 PM	391	23,92578125	05/06/2020 04:25:01,858 PM	452	23,4375	05/06/2020 04:26:33,380 PM	513	22,94921875
05/06/2020 04:23:31,842 PM	392	23,92578125	05/06/2020 04:25:03,358 PM	453	23,4375	05/06/2020 04:26:34,880 PM	514	22,94921875
05/06/2020 04:23:33,338 PM	393	23,92578125	05/06/2020 04:25:04,860 PM	454	23,4375	05/06/2020 04:26:36,384 PM	515	23,4375
05/06/2020 04:23:34,844 PM	394	23,4375	05/06/2020 04:25:06,359 PM	455	22,94921875	05/06/2020 04:26:37,882 PM	516	23,4375
05/06/2020 04:23:36,343 PM	395	23,92578125	05/06/2020 04:25:07,862 PM	456	23,4375	05/06/2020 04:26:39,382 PM	517	22,94921875
05/06/2020 04:23:37,842 PM	396	23,4375	05/06/2020 04:25:09,362 PM	457	22,94921875	05/06/2020 04:26:40,884 PM	518	22,94921875
05/06/2020 04:23:39,345 PM	397	23,4375	05/06/2020 04:25:10,864 PM	458	23,4375	05/06/2020 04:26:42,380 PM	519	22,94921875
05/06/2020 04:23:40,845 PM	398	23,4375	05/06/2020 04:25:12,363 PM	459	23,4375	05/06/2020 04:26:43,887 PM	520	23,4375
05/06/2020 04:23:42,343 PM	399	23,4375	05/06/2020 04:25:13,863 PM	460	22,94921875	05/06/2020 04:26:45,386 PM	521	22,94921875
05/06/2020 04:23:43,846 PM	400	23,92578125	05/06/2020 04:25:15,361 PM	461	23,4375	05/06/2020 04:26:46,884 PM	522	23,4375
05/06/2020 04:23:45,345 PM	401	23,4375	05/06/2020 04:25:16,865 PM	462	23,4375	05/06/2020 04:26:48,387 PM	523	23,4375
05/06/2020 04:23:46,845 PM	402	23,4375	05/06/2020 04:25:18,364 PM	463	22,94921875	05/06/2020 04:26:49,886 PM	524	22,94921875
05/06/2020 04:23:48,347 PM	403	23,4375	05/06/2020 04:25:19,862 PM	464	23,4375	05/06/2020 04:26:51,387 PM	525	22,94921875
05/06/2020 04:23:49,846 PM	404	23,4375	05/06/2020 04:25:21,366 PM	465	22,94921875	05/06/2020 04:26:52,889 PM	526	23,4375
05/06/2020 04:23:51,346 PM	405	23,4375	05/06/2020 04:25:22,865 PM	466	22,94921875	05/06/2020 04:26:54,388 PM	527	23,4375
05/06/2020 04:23:52,849 PM	406	23,4375	05/06/2020 04:25:24,363 PM	467	23,4375	05/06/2020 04:26:55,887 PM	528	22,94921875
05/06/2020 04:23:54,347 PM	407	23,4375	05/06/2020 04:25:25,867 PM	468	23,4375	05/06/2020 04:26:57,386 PM	529	22,94921875
05/06/2020 04:23:55,843 PM	408	23,4375	05/06/2020 04:25:27,365 PM	469	23,4375	05/06/2020 04:26:58,889 PM	530	23,4375
05/06/2020 04:23:57,347 PM	409	23,4375	05/06/2020 04:25:28,865 PM	470	22,94921875	05/06/2020 04:27:00,388 PM	531	23,4375
05/06/2020 04:23:58,850 PM	410	23,4375	05/06/2020 04:25:30,363 PM	471	23,4375	05/06/2020 04:27:01,887 PM	532	23,4375
05/06/2020 04:24:00,349 PM	411	23,92578125	05/06/2020 04:25:31,868 PM	472	22,94921875	05/06/2020 04:27:03,390 PM	533	22,94921875
05/06/2020 04:24:01,844 PM	412	23,4375	05/06/2020 04:25:33,368 PM	473	23,4375	05/06/2020 04:27:04,890 PM	534	22,94921875
05/06/2020 04:24:03,346 PM	413	23,4375	05/06/2020 04:25:34,866 PM	474	23,4375	05/06/2020 04:27:06,388 PM	535	23,4375
05/06/2020 04:24:04,846 PM	414	23,4375	05/06/2020 04:25:36,363 PM	475	22,94921875	05/06/2020 04:27:07,887 PM	536	23,4375
05/06/2020 04:24:06,348 PM	415	23,92578125	05/06/2020 04:25:37,864 PM	476	23,4375	05/06/2020 04:27:09,390 PM	537	23,4375
05/06/2020 04:24:07,848 PM	416	23,4375	05/06/2020 04:25:39,368 PM	477	23,4375	05/06/2020 04:27:10,893 PM	538	22,94921875
05/06/2020 04:24:09,347 PM	417	23,4375	05/06/2020 04:25:40,866 PM	478	22,94921875	05/06/2020 04:27:12,393 PM	539	22,94921875
05/06/2020 04:24:10,850 PM	418	23,4375	05/06/2020 04:25:42,369 PM	479	23,4375	05/06/2020 04:27:13,895 PM	540	23,4375
05/06/2020 04:24:12,348 PM	419	23,4375	05/06/2020 04:25:43,867 PM	480	23,4375	05/06/2020 04:27:15,395 PM	541	22,94921875
05/06/2020 04:24:13,849 PM	420	23,92578125	05/06/2020 04:25:45,366 PM	481	22,94921875	05/06/2020 04:27:16,894 PM	542	23,4375
05/06/2020 04:24:15,351 PM	421	23,4375	05/06/2020 04:25:46,869 PM	482	23,4375	05/06/2020 04:27:18,397 PM	543	23,4375
05/06/2020 04:24:16,850 PM	422	23,4375	05/06/2020 04:25:48,370 PM	483	22,94921875	05/06/2020 04:27:19,895 PM	544	23,4375
05/06/2020 04:24:18,353 PM	423	23,4375	05/06/2020 04:25:49,873 PM	484	23,4375	05/06/2020 04:27:21,395 PM	545	23,4375
05/06/2020 04:24:19,852 PM	424	23,4375	05/06/2020 04:25:51,371 PM	485	23,4375	05/06/2020 04:27:22,899 PM	546	22,94921875
05/06/2020 04:24:21,350 PM	425	23,92578125	05/06/2020 04:25:52,871 PM	486	22,94921875	05/06/2020 04:27:24,398 PM	547	23,4375
05/06/2020 04:24:22,854 PM	426	23,4375	05/06/2020 04:25:54,369 PM	487	23,4375	05/06/2020 04:27:25,896 PM	548	23,4375

98 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled
05/06/2020 04:27:27,397 PM	549	22,94921875	05/06/2020 04:28:58,920 PM	610	22,94921875	05/06/2020 04:30:30,443 PM	671	22,4609375
05/06/2020 04:27:28,899 PM	550	23,4375	05/06/2020 04:29:00,421 PM	611	22,4609375	05/06/2020 04:30:31,937 PM	672	22,94921875
05/06/2020 04:27:30,398 PM	551	23,4375	05/06/2020 04:29:01,920 PM	612	22,94921875	05/06/2020 04:30:33,440 PM	673	22,4609375
05/06/2020 04:27:31,900 PM	552	23,4375	05/06/2020 04:29:03,423 PM	613	22,94921875	05/06/2020 04:30:34,938 PM	674	22,94921875
05/06/2020 04:27:33,400 PM	553	22,94921875	05/06/2020 04:29:04,923 PM	614	22,94921875	05/06/2020 04:30:36,443 PM	675	22,4609375
05/06/2020 04:27:34,902 PM	554	23,4375	05/06/2020 04:29:06,422 PM	615	22,4609375	05/06/2020 04:30:37,942 PM	676	22,4609375
05/06/2020 04:27:36,402 PM	555	23,4375	05/06/2020 04:29:07,921 PM	616	22,94921875	05/06/2020 04:30:39,440 PM	677	22,4609375
05/06/2020 04:27:37,902 PM	556	22,94921875	05/06/2020 04:29:09,420 PM	617	22,94921875	05/06/2020 04:30:40,943 PM	678	22,4609375
05/06/2020 04:27:39,404 PM	557	22,94921875	05/06/2020 04:29:10,924 PM	618	22,94921875	05/06/2020 04:30:42,442 PM	679	22,4609375
05/06/2020 04:27:40,904 PM	558	22,94921875	05/06/2020 04:29:12,423 PM	619	22,94921875	05/06/2020 04:30:43,942 PM	680	22,94921875
05/06/2020 04:27:42,402 PM	559	23,4375	05/06/2020 04:29:13,922 PM	620	22,94921875	05/06/2020 04:30:45,445 PM	681	22,4609375
05/06/2020 04:27:43,901 PM	560	23,4375	05/06/2020 04:29:15,425 PM	621	22,94921875	05/06/2020 04:30:46,943 PM	682	22,4609375
05/06/2020 04:27:45,399 PM	561	23,4375	05/06/2020 04:29:16,925 PM	622	22,94921875	05/06/2020 04:30:48,439 PM	683	22,4609375
05/06/2020 04:27:46,903 PM	562	23,4375	05/06/2020 04:29:18,423 PM	623	23,4375	05/06/2020 04:30:49,946 PM	684	22,94921875
05/06/2020 04:27:48,403 PM	563	23,4375	05/06/2020 04:29:19,926 PM	624	22,94921875	05/06/2020 04:30:51,444 PM	685	22,4609375
05/06/2020 04:27:49,906 PM	564	22,94921875	05/06/2020 04:29:21,420 PM	625	22,94921875	05/06/2020 04:30:52,943 PM	686	22,4609375
05/06/2020 04:27:51,404 PM	565	23,4375	05/06/2020 04:29:22,923 PM	626	22,4609375	05/06/2020 04:30:54,444 PM	687	22,4609375
05/06/2020 04:27:52,905 PM	566	22,94921875	05/06/2020 04:29:24,427 PM	627	22,94921875	05/06/2020 04:30:55,947 PM	688	22,4609375
05/06/2020 04:27:54,408 PM	567	22,94921875	05/06/2020 04:29:25,926 PM	628	23,4375	05/06/2020 04:30:57,445 PM	689	22,4609375
05/06/2020 04:27:55,907 PM	568	23,4375	05/06/2020 04:29:27,424 PM	629	22,94921875	05/06/2020 04:30:58,943 PM	690	22,4609375
05/06/2020 04:27:57,406 PM	569	22,94921875	05/06/2020 04:29:28,924 PM	630	22,94921875	05/06/2020 04:31:00,443 PM	691	22,4609375
05/06/2020 04:27:58,909 PM	570	22,94921875	05/06/2020 04:29:30,426 PM	631	22,94921875	05/06/2020 04:31:01,945 PM	692	22,94921875
05/06/2020 04:28:00,408 PM	571	23,4375	05/06/2020 04:29:31,927 PM	632	22,94921875	05/06/2020 04:31:03,445 PM	693	22,4609375
05/06/2020 04:28:01,903 PM	572	22,94921875	05/06/2020 04:29:33,426 PM	633	22,94921875	05/06/2020 04:31:04,944 PM	694	22,4609375
05/06/2020 04:28:03,409 PM	573	22,94921875	05/06/2020 04:29:34,925 PM	634	22,94921875	05/06/2020 04:31:06,448 PM	695	22,4609375
05/06/2020 04:28:04,909 PM	574	22,94921875	05/06/2020 04:29:36,424 PM	635	23,4375	05/06/2020 04:31:07,947 PM	696	22,94921875
05/06/2020 04:28:06,412 PM	575	23,4375	05/06/2020 04:29:37,926 PM	636	23,4375	05/06/2020 04:31:09,446 PM	697	22,4609375
05/06/2020 04:28:07,911 PM	576	22,94921875	05/06/2020 04:29:39,426 PM	637	22,94921875	05/06/2020 04:31:10,945 PM	698	22,94921875
05/06/2020 04:28:09,409 PM	577	23,4375	05/06/2020 04:29:40,928 PM	638	22,94921875	05/06/2020 04:31:12,448 PM	699	22,4609375
05/06/2020 04:28:10,908 PM	578	23,4375	05/06/2020 04:29:42,427 PM	639	22,94921875	05/06/2020 04:31:13,946 PM	700	22,4609375
05/06/2020 04:28:12,412 PM	579	22,94921875	05/06/2020 04:29:43,926 PM	640	22,4609375	05/06/2020 04:31:15,451 PM	701	22,94921875
05/06/2020 04:28:13,910 PM	580	22,94921875	05/06/2020 04:29:45,429 PM	641	22,4609375	05/06/2020 04:31:16,950 PM	702	22,4609375
05/06/2020 04:28:15,414 PM	581	22,94921875	05/06/2020 04:29:46,928 PM	642	22,94921875	05/06/2020 04:31:18,452 PM	703	22,94921875
05/06/2020 04:28:16,913 PM	582	23,4375	05/06/2020 04:29:48,429 PM	643	22,94921875	05/06/2020 04:31:19,952 PM	704	22,4609375
05/06/2020 04:28:18,412 PM	583	22,94921875	05/06/2020 04:29:49,931 PM	644	22,94921875	05/06/2020 04:31:21,449 PM	705	22,94921875
05/06/2020 04:28:19,916 PM	584	22,94921875	05/06/2020 04:29:51,429 PM	645	22,94921875	05/06/2020 04:31:22,950 PM	706	22,4609375
05/06/2020 04:28:21,413 PM	585	22,94921875	05/06/2020 04:29:52,930 PM	646	22,94921875	05/06/2020 04:31:24,447 PM	707	22,94921875
05/06/2020 04:28:22,913 PM	586	22,94921875	05/06/2020 04:29:54,428 PM	647	22,94921875	05/06/2020 04:31:25,950 PM	708	22,4609375
05/06/2020 04:28:24,412 PM	587	22,94921875	05/06/2020 04:29:55,932 PM	648	22,94921875	05/06/2020 04:31:27,450 PM	709	22,4609375
05/06/2020 04:28:25,915 PM	588	22,94921875	05/06/2020 04:29:57,431 PM	649	22,94921875	05/06/2020 04:31:28,948 PM	710	22,94921875
05/06/2020 04:28:27,415 PM	589	22,94921875	05/06/2020 04:29:58,934 PM	650	22,94921875	05/06/2020 04:31:30,447 PM	711	22,94921875
05/06/2020 04:28:28,914 PM	590	22,94921875	05/06/2020 04:30:00,432 PM	651	22,94921875	05/06/2020 04:31:31,951 PM	712	22,4609375
05/06/2020 04:28:30,413 PM	591	22,94921875	05/06/2020 04:30:01,935 PM	652	22,4609375	05/06/2020 04:31:33,447 PM	713	22,94921875
05/06/2020 04:28:31,916 PM	592	22,94921875	05/06/2020 04:30:03,435 PM	653	22,94921875	05/06/2020 04:31:34,949 PM	714	22,4609375
05/06/2020 04:28:33,415 PM	593	22,94921875	05/06/2020 04:30:04,934 PM	654	22,94921875	05/06/2020 04:31:36,454 PM	715	22,94921875
05/06/2020 04:28:34,917 PM	594	22,94921875	05/06/2020 04:30:06,433 PM	655	22,94921875	05/06/2020 04:31:37,952 PM	716	22,4609375
05/06/2020 04:28:36,413 PM	595	22,4609375	05/06/2020 04:30:07,937 PM	656	22,4609375	05/06/2020 04:31:39,450 PM	717	22,4609375
05/06/2020 04:28:37,917 PM	596	22,94921875	05/06/2020 04:30:09,434 PM	657	22,94921875	05/06/2020 04:31:40,954 PM	718	22,4609375
05/06/2020 04:28:39,420 PM	597	22,4609375	05/06/2020 04:30:10,939 PM	658	22,94921875	05/06/2020 04:31:42,452 PM	719	22,4609375
05/06/2020 04:28:40,918 PM	598	22,94921875	05/06/2020 04:30:12,437 PM	659	22,94921875	05/06/2020 04:31:43,956 PM	720	22,4609375
05/06/2020 04:28:42,417 PM	599	23,4375	05/06/2020 04:30:13,936 PM	660	22,4609375	05/06/2020 04:31:45,454 PM	721	22,4609375
05/06/2020 04:28:43,917 PM	600	22,94921875	05/06/2020 04:30:15,440 PM	661	22,94921875	05/06/2020 04:31:46,955 PM	722	22,4609375
05/06/2020 04:28:45,420 PM	601	22,94921875	05/06/2020 04:30:16,937 PM	662	22,4609375	05/06/2020 04:31:48,457 PM	723	22,4609375
05/06/2020 04:28:46,919 PM	602	22,94921875	05/06/2020 04:30:18,437 PM	663	22,94921875	05/06/2020 04:31:49,956 PM	724	22,4609375
05/06/2020 04:28:48,421 PM	603	22,94921875	05/06/2020 04:30:19,936 PM	664	22,4609375	05/06/2020 04:31:51,455 PM	725	22,94921875
05/06/2020 04:28:49,921 PM	604	22,94921875	05/06/2020 04:30:21,439 PM	665	22,94921875	05/06/2020 04:31:52,954 PM	726	22,4609375
05/06/2020 04:28:51,419 PM	605	22,94921875	05/06/2020 04:30:22,938 PM	666	22,4609375	05/06/2020 04:31:54,458 PM	727	22,94921875
05/06/2020 04:28:52,919 PM	606	22,94921875	05/06/2020 04:30:24,438 PM	667	22,4609375	05/06/2020 04:31:55,957 PM	728	22,4609375
05/06/2020 04:28:54,422 PM	607	22,94921875	05/06/2020 04:30:25,940 PM	668	22,4609375	05/06/2020 04:31:57,456 PM	729	22,4609375
05/06/2020 04:28:55,920 PM	608	22,94921875	05/06/2020 04:30:27,439 PM	669	22,94921875	05/06/2020 04:31:58,955 PM	730	22,94921875
05/06/2020 04:28:57,423 PM	609	22,4609375	05/06/2020 04:30:28,938 PM	670	22,4609375	05/06/2020 04:32:00,454 PM	731	22,4609375

Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled
05/06/2020 04:32:01,957 PM	732	22,94921875	05/06/2020 04:33:33,477 PM	793	22,94921875	05/06/2020 04:35:04,996 PM	854	22,94921875
05/06/2020 04:32:03,456 PM	733	22,4609375	05/06/2020 04:33:34,978 PM	794	22,4609375	05/06/2020 04:35:06,498 PM	855	22,94921875
05/06/2020 04:32:04,954 PM	734	22,4609375	05/06/2020 04:33:36,481 PM	795	22,94921875	05/06/2020 04:35:07,993 PM	856	22,94921875
05/06/2020 04:32:06,453 PM	735	22,94921875	05/06/2020 04:33:37,982 PM	796	22,4609375	05/06/2020 04:35:09,496 PM	857	22,94921875
05/06/2020 04:32:07,957 PM	736	22,94921875	05/06/2020 04:33:39,481 PM	797	22,4609375	05/06/2020 04:35:10,995 PM	858	22,94921875
05/06/2020 04:32:09,457 PM	737	22,94921875	05/06/2020 04:33:40,980 PM	798	22,94921875	05/06/2020 04:35:12,497 PM	859	22,94921875
05/06/2020 04:32:10,955 PM	738	22,4609375	05/06/2020 04:33:42,483 PM	799	22,94921875	05/06/2020 04:35:13,998 PM	860	23,4375
05/06/2020 04:32:12,459 PM	739	22,94921875	05/06/2020 04:33:43,982 PM	800	22,94921875	05/06/2020 04:35:15,495 PM	861	22,94921875
05/06/2020 04:32:13,957 PM	740	22,4609375	05/06/2020 04:33:45,480 PM	801	22,4609375	05/06/2020 04:35:16,999 PM	862	22,4609375
05/06/2020 04:32:15,457 PM	741	22,94921875	05/06/2020 04:33:46,984 PM	802	22,4609375	05/06/2020 04:35:18,498 PM	863	22,94921875
05/06/2020 04:32:16,955 PM	742	22,4609375	05/06/2020 04:33:48,483 PM	803	22,94921875	05/06/2020 04:35:19,998 PM	864	22,94921875
05/06/2020 04:32:18,459 PM	743	22,4609375	05/06/2020 04:33:49,983 PM	804	22,4609375	05/06/2020 04:35:21,497 PM	865	22,94921875
05/06/2020 04:32:19,961 PM	744	22,94921875	05/06/2020 04:33:51,484 PM	805	22,4609375	05/06/2020 04:35:23,000 PM	866	22,94921875
05/06/2020 04:32:21,460 PM	745	22,94921875	05/06/2020 04:33:52,984 PM	806	22,94921875	05/06/2020 04:35:24,500 PM	867	23,4375
05/06/2020 04:32:22,959 PM	746	22,94921875	05/06/2020 04:33:54,482 PM	807	22,4609375	05/06/2020 04:35:26,003 PM	868	22,94921875
05/06/2020 04:32:24,463 PM	747	22,94921875	05/06/2020 04:33:55,985 PM	808	22,94921875	05/06/2020 04:35:27,501 PM	869	22,94921875
05/06/2020 04:32:25,962 PM	748	22,4609375	05/06/2020 04:33:57,485 PM	809	22,94921875	05/06/2020 04:35:29,000 PM	870	22,94921875
05/06/2020 04:32:27,465 PM	749	22,94921875	05/06/2020 04:33:58,984 PM	810	22,94921875	05/06/2020 04:35:30,502 PM	871	22,94921875
05/06/2020 04:32:28,963 PM	750	22,94921875	05/06/2020 04:34:00,487 PM	811	22,4609375	05/06/2020 04:35:32,001 PM	872	22,94921875
05/06/2020 04:32:30,464 PM	751	22,4609375	05/06/2020 04:34:01,987 PM	812	22,94921875	05/06/2020 04:35:33,498 PM	873	22,94921875
05/06/2020 04:32:31,962 PM	752	22,4609375	05/06/2020 04:34:03,490 PM	813	22,94921875	05/06/2020 04:35:34,999 PM	874	22,94921875
05/06/2020 04:32:33,466 PM	753	22,4609375	05/06/2020 04:34:04,989 PM	814	22,94921875	05/06/2020 04:35:36,503 PM	875	22,94921875
05/06/2020 04:32:34,965 PM	754	22,4609375	05/06/2020 04:34:06,487 PM	815	22,94921875	05/06/2020 04:35:38,002 PM	876	22,94921875
05/06/2020 04:32:36,467 PM	755	22,94921875	05/06/2020 04:34:07,986 PM	816	22,94921875	05/06/2020 04:35:39,502 PM	877	22,94921875
05/06/2020 04:32:37,965 PM	756	22,4609375	05/06/2020 04:34:09,489 PM	817	22,94921875	05/06/2020 04:35:41,004 PM	878	22,94921875
05/06/2020 04:32:39,466 PM	757	22,94921875	05/06/2020 04:34:10,988 PM	818	22,94921875	05/06/2020 04:35:42,504 PM	879	22,4609375
05/06/2020 04:32:40,965 PM	758	22,4609375	05/06/2020 04:34:12,487 PM	819	22,94921875	05/06/2020 04:35:44,002 PM	880	22,94921875
05/06/2020 04:32:42,467 PM	759	22,4609375	05/06/2020 04:34:13,986 PM	820	22,94921875	05/06/2020 04:35:45,502 PM	881	22,94921875
05/06/2020 04:32:43,968 PM	760	22,94921875	05/06/2020 04:34:15,490 PM	821	22,94921875	05/06/2020 04:35:47,002 PM	882	22,94921875
05/06/2020 04:32:45,469 PM	761	22,94921875	05/06/2020 04:34:16,988 PM	822	23,4375	05/06/2020 04:35:48,504 PM	883	22,94921875
05/06/2020 04:32:46,969 PM	762	22,4609375	05/06/2020 04:34:18,488 PM	823	22,94921875	05/06/2020 04:35:50,007 PM	884	22,94921875
05/06/2020 04:32:48,468 PM	763	22,94921875	05/06/2020 04:34:19,986 PM	824	22,94921875	05/06/2020 04:35:51,506 PM	885	23,4375
05/06/2020 04:32:49,968 PM	764	22,94921875	05/06/2020 04:34:21,489 PM	825	22,94921875	05/06/2020 04:35:53,009 PM	886	22,94921875
05/06/2020 04:32:51,470 PM	765	22,94921875	05/06/2020 04:34:22,990 PM	826	22,94921875	05/06/2020 04:35:54,509 PM	887	22,94921875
05/06/2020 04:32:52,968 PM	766	22,4609375	05/06/2020 04:34:24,487 PM	827	22,94921875	05/06/2020 04:35:56,006 PM	888	22,94921875
05/06/2020 04:32:54,473 PM	767	22,94921875	05/06/2020 04:34:25,990 PM	828	22,94921875	05/06/2020 04:35:57,507 PM	889	22,94921875
05/06/2020 04:32:55,971 PM	768	22,94921875	05/06/2020 04:34:27,490 PM	829	22,94921875	05/06/2020 04:35:59,010 PM	890	22,94921875
05/06/2020 04:32:57,470 PM	769	22,94921875	05/06/2020 04:34:28,985 PM	830	22,94921875	05/06/2020 04:36:00,508 PM	891	22,94921875
05/06/2020 04:32:58,973 PM	770	22,94921875	05/06/2020 04:34:30,493 PM	831	22,94921875	05/06/2020 04:36:02,007 PM	892	22,94921875
05/06/2020 04:33:00,472 PM	771	22,94921875	05/06/2020 04:34:31,992 PM	832	23,4375	05/06/2020 04:36:03,506 PM	893	22,94921875
05/06/2020 04:33:01,972 PM	772	22,94921875	05/06/2020 04:34:33,490 PM	833	22,94921875	05/06/2020 04:36:05,006 PM	894	22,94921875
05/06/2020 04:33:03,470 PM	773	22,94921875	05/06/2020 04:34:34,994 PM	834	22,94921875	05/06/2020 04:36:06,510 PM	895	22,94921875
05/06/2020 04:33:04,975 PM	774	22,94921875	05/06/2020 04:34:36,492 PM	835	22,4609375	05/06/2020 04:36:08,008 PM	896	22,94921875
05/06/2020 04:33:06,473 PM	775	22,94921875	05/06/2020 04:34:37,987 PM	836	22,94921875	05/06/2020 04:36:09,507 PM	897	22,94921875
05/06/2020 04:33:07,975 PM	776	22,94921875	05/06/2020 04:34:39,490 PM	837	22,94921875	05/06/2020 04:36:11,009 PM	898	22,94921875
05/06/2020 04:33:09,474 PM	777	22,94921875	05/06/2020 04:34:40,990 PM	838	22,94921875	05/06/2020 04:36:12,509 PM	899	22,94921875
05/06/2020 04:33:10,970 PM	778	22,94921875	05/06/2020 04:34:42,489 PM	839	22,94921875	05/06/2020 04:36:14,013 PM	900	22,94921875
05/06/2020 04:33:12,472 PM	779	22,94921875	05/06/2020 04:34:43,992 PM	840	22,94921875	05/06/2020 04:36:15,512 PM	901	22,94921875
05/06/2020 04:33:13,976 PM	780	22,94921875	05/06/2020 04:34:45,491 PM	841	22,94921875	05/06/2020 04:36:17,010 PM	902	22,94921875
05/06/2020 04:33:15,476 PM	781	22,94921875	05/06/2020 04:34:46,989 PM	842	22,94921875	05/06/2020 04:36:18,512 PM	903	22,94921875
05/06/2020 04:33:16,974 PM	782	22,94921875	05/06/2020 04:34:48,492 PM	843	22,94921875	05/06/2020 04:36:20,012 PM	904	22,94921875
05/06/2020 04:33:18,478 PM	783	22,94921875	05/06/2020 04:34:49,993 PM	844	22,94921875	05/06/2020 04:36:21,511 PM	905	22,94921875
05/06/2020 04:33:19,976 PM	784	22,94921875	05/06/2020 04:34:51,492 PM	845	22,94921875	05/06/2020 04:36:23,014 PM	906	22,94921875
05/06/2020 04:33:21,479 PM	785	22,94921875	05/06/2020 04:34:52,994 PM	846	22,94921875	05/06/2020 04:36:24,509 PM	907	22,94921875
05/06/2020 04:33:22,979 PM	786	22,94921875	05/06/2020 04:34:54,494 PM	847	22,94921875	05/06/2020 04:36:26,012 PM	908	22,94921875
05/06/2020 04:33:24,478 PM	787	22,94921875	05/06/2020 04:34:55,993 PM	848	22,94921875	05/06/2020 04:36:27,511 PM	909	22,94921875
05/06/2020 04:33:25,976 PM	788	22,94921875	05/06/2020 04:34:57,496 PM	849	22,94921875	05/06/2020 04:36:29,014 PM	910	22,94921875
05/06/2020 04:33:27,479 PM	789	22,94921875	05/06/2020 04:34:58,994 PM	850	22,94921875	05/06/2020 04:36:30,514 PM	911	22,94921875
05/06/2020 04:33:28,979 PM	790	22,4609375	05/06/2020 04:35:00,493 PM	851	22,94921875	05/06/2020 04:36:32,013 PM	912	22,94921875
05/06/2020 04:33:30,478 PM	791	22,94921875	05/06/2020 04:35:01,992 PM	852	22,94921875	05/06/2020 04:36:33,515 PM	913	22,94921875
05/06/2020 04:33:31,980 PM	792	22,94921875	05/06/2020 04:35:03,495 PM	853	22,94921875	05/06/2020 04:36:35,014 PM	914	22,94921875

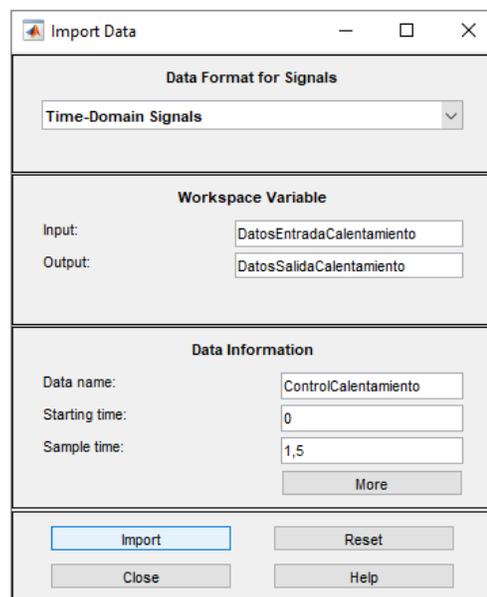
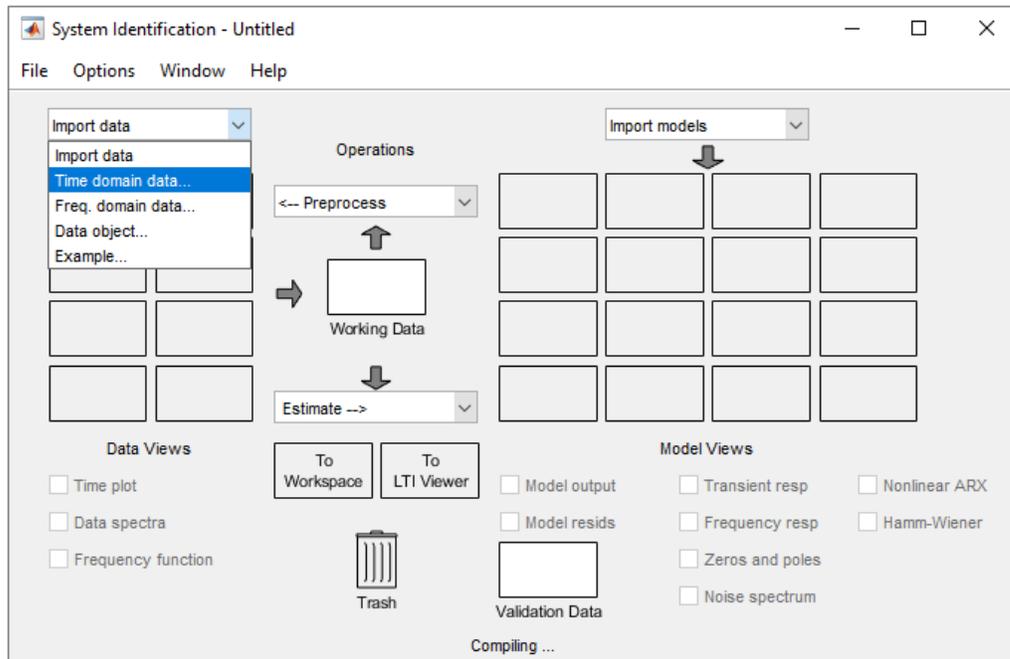
100 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

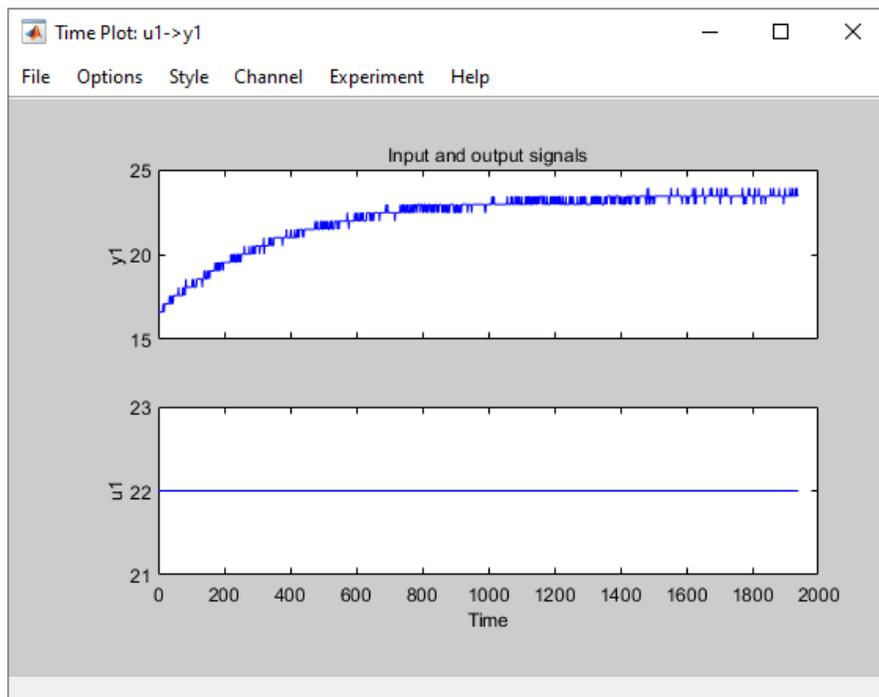
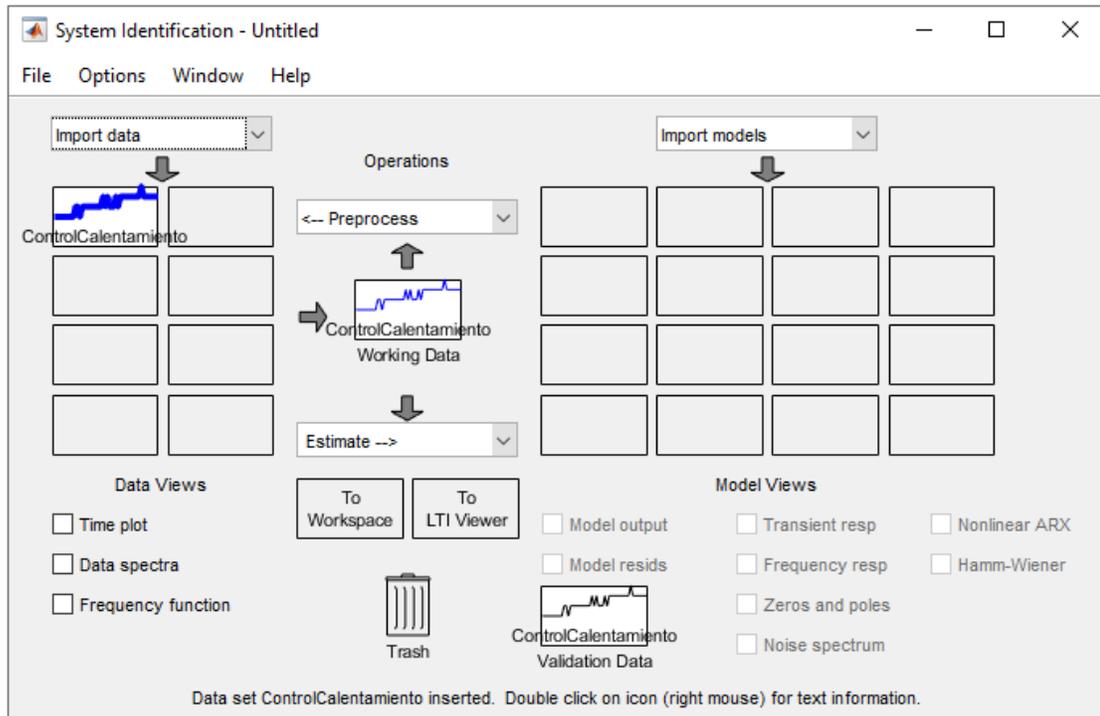
Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled
05/06/2020 04:36:36,515 PM	915	22,4609375	05/06/2020 04:38:08,033 PM	976	22,94921875	05/06/2020 04:39:39,552 PM	1037	22,4609375
05/06/2020 04:36:38,018 PM	916	22,94921875	05/06/2020 04:38:09,537 PM	977	22,94921875	05/06/2020 04:39:41,056 PM	1038	22,94921875
05/06/2020 04:36:39,516 PM	917	22,94921875	05/06/2020 04:38:11,036 PM	978	22,4609375	05/06/2020 04:39:42,554 PM	1039	22,4609375
05/06/2020 04:36:41,014 PM	918	22,94921875	05/06/2020 04:38:12,538 PM	979	22,4609375	05/06/2020 04:39:44,053 PM	1040	22,4609375
05/06/2020 04:36:42,514 PM	919	22,94921875	05/06/2020 04:38:14,038 PM	980	22,94921875	05/06/2020 04:39:45,557 PM	1041	22,4609375
05/06/2020 04:36:44,018 PM	920	22,94921875	05/06/2020 04:38:15,537 PM	981	22,4609375	05/06/2020 04:39:47,056 PM	1042	22,4609375
05/06/2020 04:36:45,516 PM	921	22,94921875	05/06/2020 04:38:17,035 PM	982	22,4609375	05/06/2020 04:39:48,554 PM	1043	22,4609375
05/06/2020 04:36:47,019 PM	922	22,4609375	05/06/2020 04:38:18,539 PM	983	22,94921875	05/06/2020 04:39:50,054 PM	1044	22,4609375
05/06/2020 04:36:48,519 PM	923	22,94921875	05/06/2020 04:38:20,038 PM	984	22,4609375	05/06/2020 04:39:51,556 PM	1045	22,94921875
05/06/2020 04:36:50,018 PM	924	22,94921875	05/06/2020 04:38:21,536 PM	985	22,94921875	05/06/2020 04:39:53,056 PM	1046	22,4609375
05/06/2020 04:36:51,517 PM	925	22,94921875	05/06/2020 04:38:23,040 PM	986	22,94921875	05/06/2020 04:39:54,558 PM	1047	22,94921875
05/06/2020 04:36:53,016 PM	926	22,94921875	05/06/2020 04:38:24,540 PM	987	22,94921875	05/06/2020 04:39:56,058 PM	1048	22,4609375
05/06/2020 04:36:54,519 PM	927	22,94921875	05/06/2020 04:38:26,038 PM	988	22,94921875	05/06/2020 04:39:57,556 PM	1049	22,4609375
05/06/2020 04:36:56,019 PM	928	22,94921875	05/06/2020 04:38:27,536 PM	989	22,4609375	05/06/2020 04:39:59,055 PM	1050	22,4609375
05/06/2020 04:36:57,516 PM	929	22,4609375	05/06/2020 04:38:29,040 PM	990	22,94921875	05/06/2020 04:40:00,555 PM	1051	22,4609375
05/06/2020 04:36:59,016 PM	930	22,94921875	05/06/2020 04:38:30,539 PM	991	22,4609375	05/06/2020 04:40:02,055 PM	1052	22,4609375
05/06/2020 04:37:00,519 PM	931	22,94921875	05/06/2020 04:38:32,041 PM	992	22,4609375	05/06/2020 04:40:03,558 PM	1053	22,4609375
05/06/2020 04:37:02,017 PM	932	22,94921875	05/06/2020 04:38:33,537 PM	993	22,4609375	05/06/2020 04:40:05,057 PM	1054	22,4609375
05/06/2020 04:37:03,518 PM	933	22,94921875	05/06/2020 04:38:35,039 PM	994	22,4609375	05/06/2020 04:40:06,560 PM	1055	21,97265625
05/06/2020 04:37:05,021 PM	934	22,94921875	05/06/2020 04:38:36,540 PM	995	22,4609375	05/06/2020 04:40:08,058 PM	1056	22,4609375
05/06/2020 04:37:06,519 PM	935	22,94921875	05/06/2020 04:38:38,042 PM	996	22,94921875	05/06/2020 04:40:09,561 PM	1057	22,4609375
05/06/2020 04:37:08,019 PM	936	22,94921875	05/06/2020 04:38:39,542 PM	997	22,4609375	05/06/2020 04:40:11,060 PM	1058	22,4609375
05/06/2020 04:37:09,522 PM	937	22,4609375	05/06/2020 04:38:41,040 PM	998	22,94921875	05/06/2020 04:40:12,559 PM	1059	22,4609375
05/06/2020 04:37:11,020 PM	938	22,4609375	05/06/2020 04:38:42,544 PM	999	22,94921875	05/06/2020 04:40:14,054 PM	1060	22,94921875
05/06/2020 04:37:12,520 PM	939	22,94921875	05/06/2020 04:38:44,048 PM	1000	22,4609375	05/06/2020 04:40:15,557 PM	1061	22,94921875
05/06/2020 04:37:14,018 PM	940	22,94921875	05/06/2020 04:38:45,546 PM	1001	22,94921875	05/06/2020 04:40:17,060 PM	1062	22,4609375
05/06/2020 04:37:15,522 PM	941	22,94921875	05/06/2020 04:38:47,045 PM	1002	22,4609375	05/06/2020 04:40:18,561 PM	1063	22,4609375
05/06/2020 04:37:17,022 PM	942	22,94921875	05/06/2020 04:38:48,545 PM	1003	22,4609375	05/06/2020 04:40:20,058 PM	1064	22,4609375
05/06/2020 04:37:18,523 PM	943	22,4609375	05/06/2020 04:38:50,047 PM	1004	22,4609375	05/06/2020 04:40:21,557 PM	1065	22,4609375
05/06/2020 04:37:20,022 PM	944	22,94921875	05/06/2020 04:38:51,546 PM	1005	22,4609375	05/06/2020 04:40:23,060 PM	1066	21,97265625
05/06/2020 04:37:21,523 PM	945	22,4609375	05/06/2020 04:38:53,045 PM	1006	22,4609375	05/06/2020 04:40:24,559 PM	1067	22,4609375
05/06/2020 04:37:23,020 PM	946	22,94921875	05/06/2020 04:38:54,547 PM	1007	22,4609375	05/06/2020 04:40:26,060 PM	1068	21,97265625
05/06/2020 04:37:24,524 PM	947	22,4609375	05/06/2020 04:38:56,047 PM	1008	22,4609375	05/06/2020 04:40:27,561 PM	1069	22,4609375
05/06/2020 04:37:26,022 PM	948	22,4609375	05/06/2020 04:38:57,547 PM	1009	22,4609375	05/06/2020 04:40:29,061 PM	1070	21,97265625
05/06/2020 04:37:27,521 PM	949	22,4609375	05/06/2020 04:38:59,050 PM	1010	22,94921875	05/06/2020 04:40:30,561 PM	1071	22,4609375
05/06/2020 04:37:29,021 PM	950	22,4609375	05/06/2020 04:39:00,548 PM	1011	22,4609375	05/06/2020 04:40:32,060 PM	1072	22,4609375
05/06/2020 04:37:30,524 PM	951	22,94921875	05/06/2020 04:39:02,048 PM	1012	22,4609375	05/06/2020 04:40:33,563 PM	1073	22,4609375
05/06/2020 04:37:32,024 PM	952	22,4609375	05/06/2020 04:39:03,550 PM	1013	22,4609375	05/06/2020 04:40:35,065 PM	1074	22,4609375
05/06/2020 04:37:33,527 PM	953	22,4609375	05/06/2020 04:39:05,050 PM	1014	22,4609375	05/06/2020 04:40:36,565 PM	1075	21,97265625
05/06/2020 04:37:35,026 PM	954	22,94921875	05/06/2020 04:39:06,549 PM	1015	22,4609375	05/06/2020 04:40:38,063 PM	1076	22,4609375
05/06/2020 04:37:36,525 PM	955	22,94921875	05/06/2020 04:39:08,053 PM	1016	22,4609375	05/06/2020 04:40:39,567 PM	1077	22,4609375
05/06/2020 04:37:38,028 PM	956	22,4609375	05/06/2020 04:39:09,551 PM	1017	22,4609375	05/06/2020 04:40:41,067 PM	1078	22,4609375
05/06/2020 04:37:39,528 PM	957	22,4609375	05/06/2020 04:39:11,050 PM	1018	21,97265625	05/06/2020 04:40:42,565 PM	1079	21,97265625
05/06/2020 04:37:41,030 PM	958	22,4609375	05/06/2020 04:39:12,553 PM	1019	22,4609375	05/06/2020 04:40:44,064 PM	1080	22,4609375
05/06/2020 04:37:42,528 PM	959	22,94921875	05/06/2020 04:39:14,052 PM	1020	22,4609375	05/06/2020 04:40:45,567 PM	1081	22,4609375
05/06/2020 04:37:44,027 PM	960	22,4609375	05/06/2020 04:39:15,550 PM	1021	22,4609375	05/06/2020 04:40:47,066 PM	1082	22,4609375
05/06/2020 04:37:45,528 PM	961	22,4609375	05/06/2020 04:39:17,050 PM	1022	22,4609375	05/06/2020 04:40:48,566 PM	1083	21,97265625
05/06/2020 04:37:47,030 PM	962	22,94921875	05/06/2020 04:39:18,548 PM	1023	22,4609375	05/06/2020 04:40:50,067 PM	1084	22,4609375
05/06/2020 04:37:48,530 PM	963	22,94921875	05/06/2020 04:39:20,053 PM	1024	22,94921875	05/06/2020 04:40:51,567 PM	1085	22,94921875
05/06/2020 04:37:50,028 PM	964	22,4609375	05/06/2020 04:39:21,551 PM	1025	22,4609375	05/06/2020 04:40:53,067 PM	1086	22,4609375
05/06/2020 04:37:51,528 PM	965	22,4609375	05/06/2020 04:39:23,050 PM	1026	22,4609375	05/06/2020 04:40:54,565 PM	1087	22,4609375
05/06/2020 04:37:53,030 PM	966	22,4609375	05/06/2020 04:39:24,554 PM	1027	22,4609375	05/06/2020 04:40:56,065 PM	1088	22,4609375
05/06/2020 04:37:54,534 PM	967	22,94921875	05/06/2020 04:39:26,053 PM	1028	22,4609375	05/06/2020 04:40:57,567 PM	1089	22,4609375
05/06/2020 04:37:56,032 PM	968	22,4609375	05/06/2020 04:39:27,551 PM	1029	22,4609375	05/06/2020 04:40:59,067 PM	1090	21,97265625
05/06/2020 04:37:57,532 PM	969	22,94921875	05/06/2020 04:39:29,050 PM	1030	22,94921875	05/06/2020 04:41:00,570 PM	1091	21,97265625
05/06/2020 04:37:59,031 PM	970	22,94921875	05/06/2020 04:39:30,554 PM	1031	22,4609375	05/06/2020 04:41:02,068 PM	1092	22,4609375
05/06/2020 04:38:00,534 PM	971	22,4609375	05/06/2020 04:39:32,053 PM	1032	22,4609375	05/06/2020 04:41:03,568 PM	1093	22,4609375
05/06/2020 04:38:02,034 PM	972	22,4609375	05/06/2020 04:39:33,552 PM	1033	22,4609375	05/06/2020 04:41:05,068 PM	1094	22,4609375
05/06/2020 04:38:03,537 PM	973	22,94921875	05/06/2020 04:39:35,056 PM	1034	22,4609375	05/06/2020 04:41:06,569 PM	1095	22,4609375
05/06/2020 04:38:05,034 PM	974	22,94921875	05/06/2020 04:39:36,549 PM	1035	22,4609375	05/06/2020 04:41:08,068 PM	1096	22,4609375
05/06/2020 04:38:06,534 PM	975	22,4609375	05/06/2020 04:39:38,053 PM	1036	22,94921875	05/06/2020 04:41:09,569 PM	1097	22,4609375

Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled	Time	Untitled_Time*	Untitled
05/06/2020 04:41:11,071 PM	1098	22,4609375	05/06/2020 04:42:42,595 PM	1159	21,97265625	05/06/2020 04:44:14,104 PM	1220	22,4609375
05/06/2020 04:41:12,571 PM	1099	22,4609375	05/06/2020 04:42:44,094 PM	1160	21,97265625	05/06/2020 04:44:15,609 PM	1221	22,4609375
05/06/2020 04:41:14,069 PM	1100	22,4609375	05/06/2020 04:42:45,597 PM	1161	21,97265625	05/06/2020 04:44:17,108 PM	1222	22,4609375
05/06/2020 04:41:15,572 PM	1101	21,97265625	05/06/2020 04:42:47,095 PM	1162	22,4609375	05/06/2020 04:44:18,611 PM	1223	21,97265625
05/06/2020 04:41:17,071 PM	1102	21,97265625	05/06/2020 04:42:48,594 PM	1163	21,97265625	05/06/2020 04:44:20,109 PM	1224	22,4609375
05/06/2020 04:41:18,575 PM	1103	22,4609375	05/06/2020 04:42:50,094 PM	1164	21,97265625	05/06/2020 04:44:21,613 PM	1225	22,4609375
05/06/2020 04:41:20,074 PM	1104	22,4609375	05/06/2020 04:42:51,596 PM	1165	22,4609375	05/06/2020 04:44:23,111 PM	1226	21,97265625
05/06/2020 04:41:21,572 PM	1105	21,97265625	05/06/2020 04:42:53,096 PM	1166	22,4609375	05/06/2020 04:44:24,610 PM	1227	22,4609375
05/06/2020 04:41:23,072 PM	1106	21,97265625	05/06/2020 04:42:54,594 PM	1167	22,4609375	05/06/2020 04:44:26,110 PM	1228	22,4609375
05/06/2020 04:41:24,574 PM	1107	22,4609375	05/06/2020 04:42:56,094 PM	1168	21,97265625	05/06/2020 04:44:27,612 PM	1229	22,4609375
05/06/2020 04:41:26,073 PM	1108	22,4609375	05/06/2020 04:42:57,597 PM	1169	22,4609375	05/06/2020 04:44:29,112 PM	1230	21,97265625
05/06/2020 04:41:27,572 PM	1109	22,4609375	05/06/2020 04:42:59,091 PM	1170	21,97265625	05/06/2020 04:44:30,612 PM	1231	22,4609375
05/06/2020 04:41:29,077 PM	1110	21,97265625	05/06/2020 04:43:00,594 PM	1171	22,4609375	05/06/2020 04:44:32,110 PM	1232	22,4609375
05/06/2020 04:41:30,575 PM	1111	22,4609375	05/06/2020 04:43:02,098 PM	1172	22,4609375	05/06/2020 04:44:33,613 PM	1233	21,97265625
05/06/2020 04:41:32,075 PM	1112	21,97265625	05/06/2020 04:43:03,598 PM	1173	21,97265625	05/06/2020 04:44:35,113 PM	1234	22,4609375
05/06/2020 04:41:33,578 PM	1113	22,4609375	05/06/2020 04:43:05,097 PM	1174	21,97265625	05/06/2020 04:44:36,607 PM	1235	21,97265625
05/06/2020 04:41:35,073 PM	1114	22,4609375	05/06/2020 04:43:06,595 PM	1175	22,4609375	05/06/2020 04:44:38,114 PM	1236	22,4609375
05/06/2020 04:41:36,574 PM	1115	21,97265625	05/06/2020 04:43:08,098 PM	1176	21,97265625	05/06/2020 04:44:39,610 PM	1237	22,4609375
05/06/2020 04:41:38,075 PM	1116	22,4609375	05/06/2020 04:43:09,594 PM	1177	22,4609375	05/06/2020 04:44:41,113 PM	1238	21,97265625
05/06/2020 04:41:39,573 PM	1117	22,4609375	05/06/2020 04:43:11,097 PM	1178	22,4609375	05/06/2020 04:44:42,615 PM	1239	22,4609375
05/06/2020 04:41:41,081 PM	1118	22,4609375	05/06/2020 04:43:12,600 PM	1179	22,4609375	05/06/2020 04:44:44,114 PM	1240	22,4609375
05/06/2020 04:41:42,575 PM	1119	22,4609375	05/06/2020 04:43:14,109 PM	1180	21,97265625	05/06/2020 04:44:45,614 PM	1241	21,97265625
05/06/2020 04:41:44,079 PM	1120	21,97265625	05/06/2020 04:43:15,602 PM	1181	22,4609375	05/06/2020 04:44:47,112 PM	1242	22,4609375
05/06/2020 04:41:45,577 PM	1121	22,4609375	05/06/2020 04:43:17,101 PM	1182	21,97265625	05/06/2020 04:44:48,615 PM	1243	21,97265625
05/06/2020 04:41:47,080 PM	1122	21,97265625	05/06/2020 04:43:18,599 PM	1183	22,4609375	05/06/2020 04:44:50,115 PM	1244	22,4609375
05/06/2020 04:41:48,580 PM	1123	22,4609375	05/06/2020 04:43:20,098 PM	1184	22,4609375	05/06/2020 04:44:51,614 PM	1245	22,4609375
05/06/2020 04:41:50,082 PM	1124	22,4609375	05/06/2020 04:43:21,602 PM	1185	21,97265625	05/06/2020 04:44:53,112 PM	1246	22,4609375
05/06/2020 04:41:51,579 PM	1125	22,4609375	05/06/2020 04:43:23,102 PM	1186	22,4609375	05/06/2020 04:44:54,616 PM	1247	21,97265625
05/06/2020 04:41:53,077 PM	1126	22,4609375	05/06/2020 04:43:24,596 PM	1187	21,97265625	05/06/2020 04:44:56,114 PM	1248	21,97265625
05/06/2020 04:41:54,584 PM	1127	22,4609375	05/06/2020 04:43:26,103 PM	1188	22,4609375	05/06/2020 04:44:57,615 PM	1249	22,4609375
05/06/2020 04:41:56,082 PM	1128	22,4609375	05/06/2020 04:43:27,603 PM	1189	21,97265625	05/06/2020 04:44:59,113 PM	1250	22,4609375
05/06/2020 04:41:57,582 PM	1129	22,4609375	05/06/2020 04:43:29,102 PM	1190	21,97265625	05/06/2020 04:45:00,616 PM	1251	22,4609375
05/06/2020 04:41:59,085 PM	1130	22,4609375	05/06/2020 04:43:30,601 PM	1191	22,4609375	05/06/2020 04:45:02,116 PM	1252	21,97265625
05/06/2020 04:42:00,585 PM	1131	22,4609375	05/06/2020 04:43:32,104 PM	1192	22,4609375	05/06/2020 04:45:03,618 PM	1253	22,4609375
05/06/2020 04:42:02,084 PM	1132	22,4609375	05/06/2020 04:43:33,602 PM	1193	21,97265625	05/06/2020 04:45:05,118 PM	1254	22,4609375
05/06/2020 04:42:03,582 PM	1133	22,4609375	05/06/2020 04:43:35,101 PM	1194	22,4609375	05/06/2020 04:45:06,616 PM	1255	22,4609375
05/06/2020 04:42:05,086 PM	1134	22,4609375	05/06/2020 04:43:36,605 PM	1195	21,97265625	05/06/2020 04:45:08,116 PM	1256	21,97265625
05/06/2020 04:42:06,589 PM	1135	22,4609375	05/06/2020 04:43:38,104 PM	1196	21,97265625	05/06/2020 04:45:09,618 PM	1257	22,4609375
05/06/2020 04:42:08,084 PM	1136	22,4609375	05/06/2020 04:43:39,603 PM	1197	22,4609375	05/06/2020 04:45:11,118 PM	1258	22,4609375
05/06/2020 04:42:09,586 PM	1137	22,4609375	05/06/2020 04:43:41,106 PM	1198	21,97265625	05/06/2020 04:45:12,616 PM	1259	22,4609375
05/06/2020 04:42:11,083 PM	1138	22,4609375	05/06/2020 04:43:42,604 PM	1199	22,4609375	05/06/2020 04:45:14,115 PM	1260	21,97265625
05/06/2020 04:42:12,584 PM	1139	22,4609375	05/06/2020 04:43:44,105 PM	1200	22,4609375	05/06/2020 04:45:15,619 PM	1261	21,97265625
05/06/2020 04:42:14,085 PM	1140	22,4609375	05/06/2020 04:43:45,602 PM	1201	21,97265625	05/06/2020 04:45:17,114 PM	1262	22,4609375
05/06/2020 04:42:15,586 PM	1141	22,4609375	05/06/2020 04:43:47,106 PM	1202	21,97265625	05/06/2020 04:45:18,620 PM	1263	22,4609375
05/06/2020 04:42:17,086 PM	1142	22,4609375	05/06/2020 04:43:48,602 PM	1203	22,4609375	05/06/2020 04:45:20,120 PM	1264	22,4609375
05/06/2020 04:42:18,585 PM	1143	22,4609375	05/06/2020 04:43:50,104 PM	1204	21,97265625	05/06/2020 04:45:21,623 PM	1265	21,97265625
05/06/2020 04:42:20,089 PM	1144	22,4609375	05/06/2020 04:43:51,603 PM	1205	22,4609375	05/06/2020 04:45:23,123 PM	1266	22,4609375
05/06/2020 04:42:21,586 PM	1145	22,4609375	05/06/2020 04:43:53,106 PM	1206	21,97265625	05/06/2020 04:45:24,620 PM	1267	22,4609375
05/06/2020 04:42:23,089 PM	1146	22,4609375	05/06/2020 04:43:54,602 PM	1207	22,4609375	05/06/2020 04:45:26,121 PM	1268	22,4609375
05/06/2020 04:42:24,590 PM	1147	22,4609375	05/06/2020 04:43:56,103 PM	1208	22,4609375	05/06/2020 04:45:27,623 PM	1269	22,4609375
05/06/2020 04:42:26,089 PM	1148	22,4609375	05/06/2020 04:43:57,604 PM	1209	22,4609375	05/06/2020 04:45:29,122 PM	1270	22,4609375
05/06/2020 04:42:27,592 PM	1149	21,97265625	05/06/2020 04:43:59,106 PM	1210	22,4609375	05/06/2020 04:45:30,622 PM	1271	22,4609375
05/06/2020 04:42:29,090 PM	1150	21,97265625	05/06/2020 04:44:00,605 PM	1211	22,4609375	05/06/2020 04:45:32,120 PM	1272	22,4609375
05/06/2020 04:42:30,589 PM	1151	22,4609375	05/06/2020 04:44:02,105 PM	1212	22,4609375			
05/06/2020 04:42:32,092 PM	1152	21,97265625	05/06/2020 04:44:03,604 PM	1213	21,97265625			
05/06/2020 04:42:33,593 PM	1153	22,4609375	05/06/2020 04:44:05,107 PM	1214	22,4609375			
05/06/2020 04:42:35,095 PM	1154	22,4609375	05/06/2020 04:44:06,606 PM	1215	21,97265625			
05/06/2020 04:42:36,595 PM	1155	22,4609375	05/06/2020 04:44:08,105 PM	1216	22,4609375			
05/06/2020 04:42:38,093 PM	1156	22,4609375	05/06/2020 04:44:09,608 PM	1217	22,4609375			
05/06/2020 04:42:39,591 PM	1157	22,4609375	05/06/2020 04:44:11,108 PM	1218	22,4609375			
05/06/2020 04:42:41,096 PM	1158	22,4609375	05/06/2020 04:44:12,606 PM	1219	22,4609375			

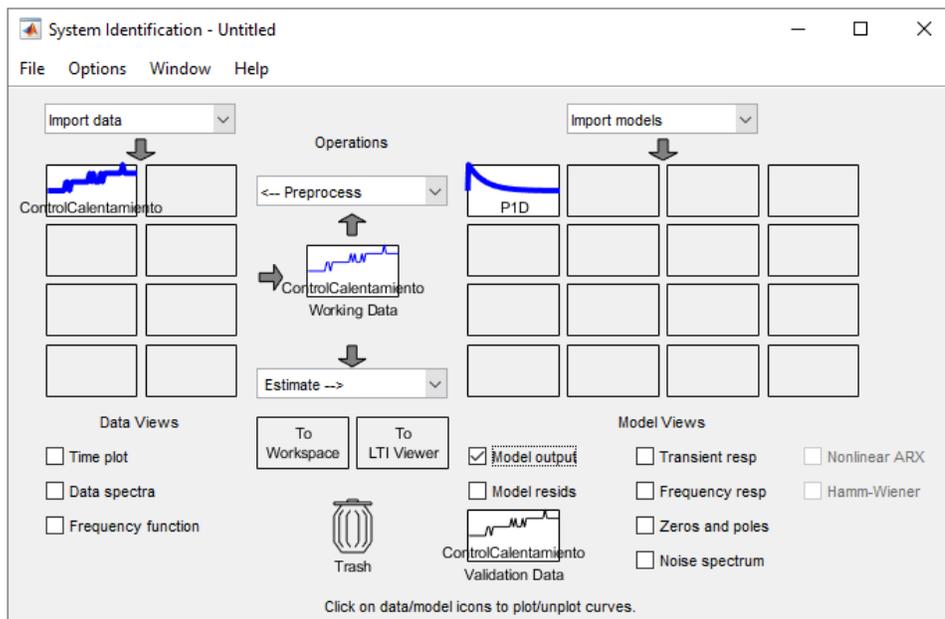
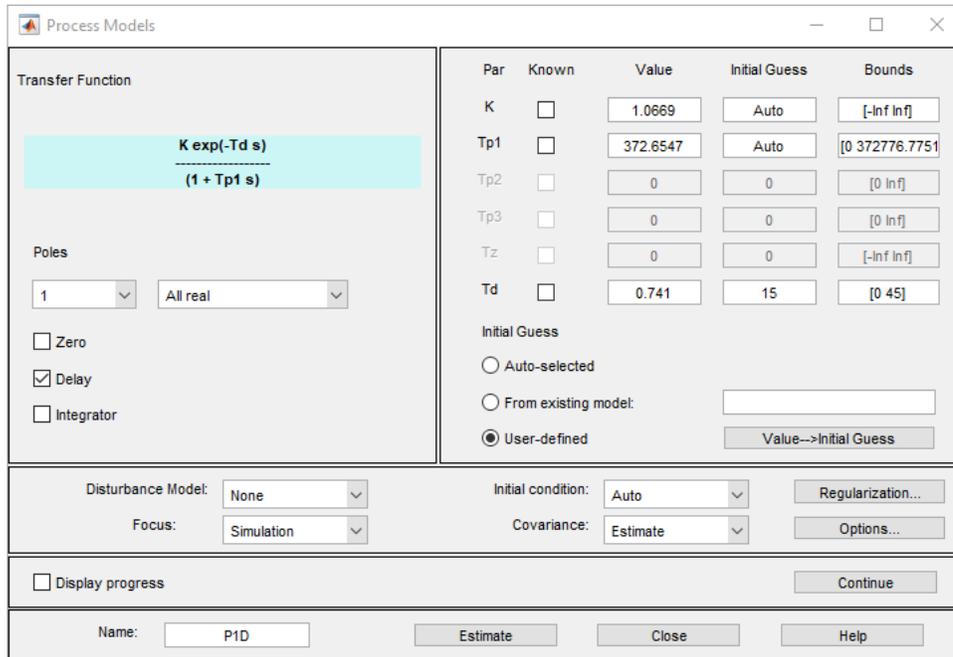
- 102 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

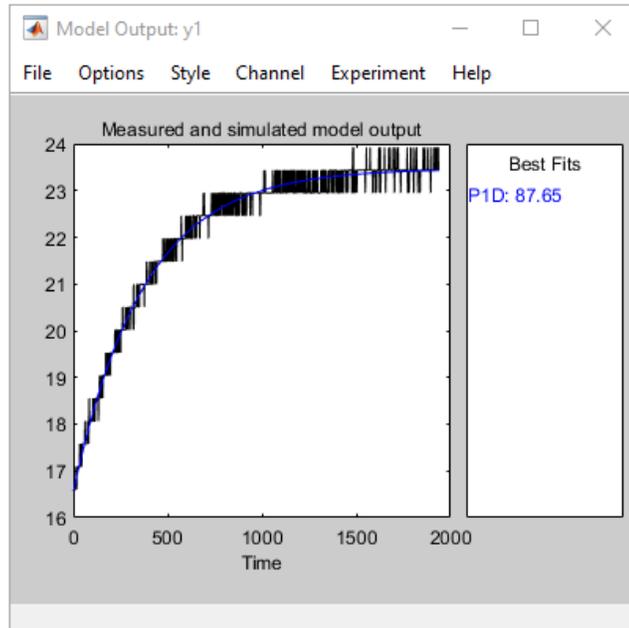
Anexo C Función de transferencia calentamiento





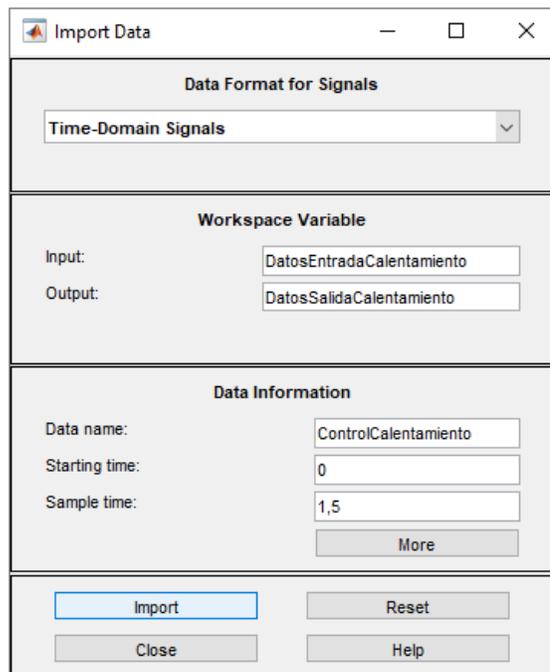
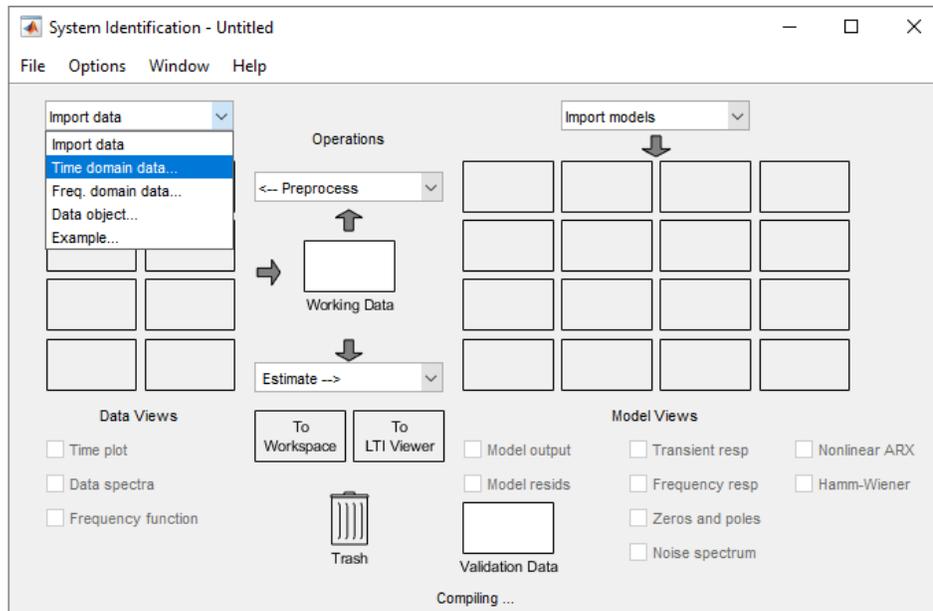
104 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

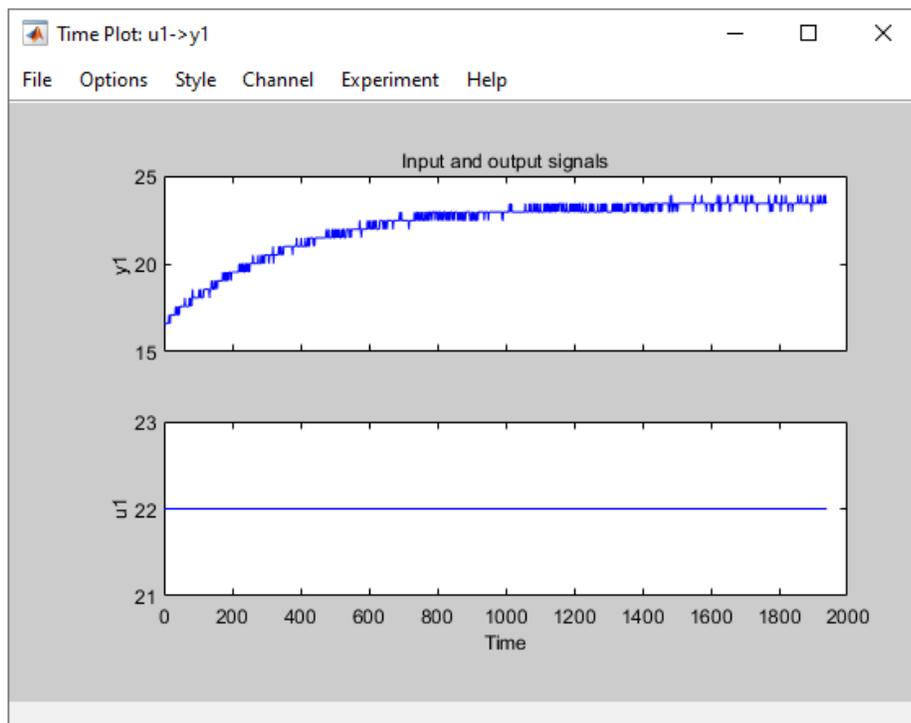
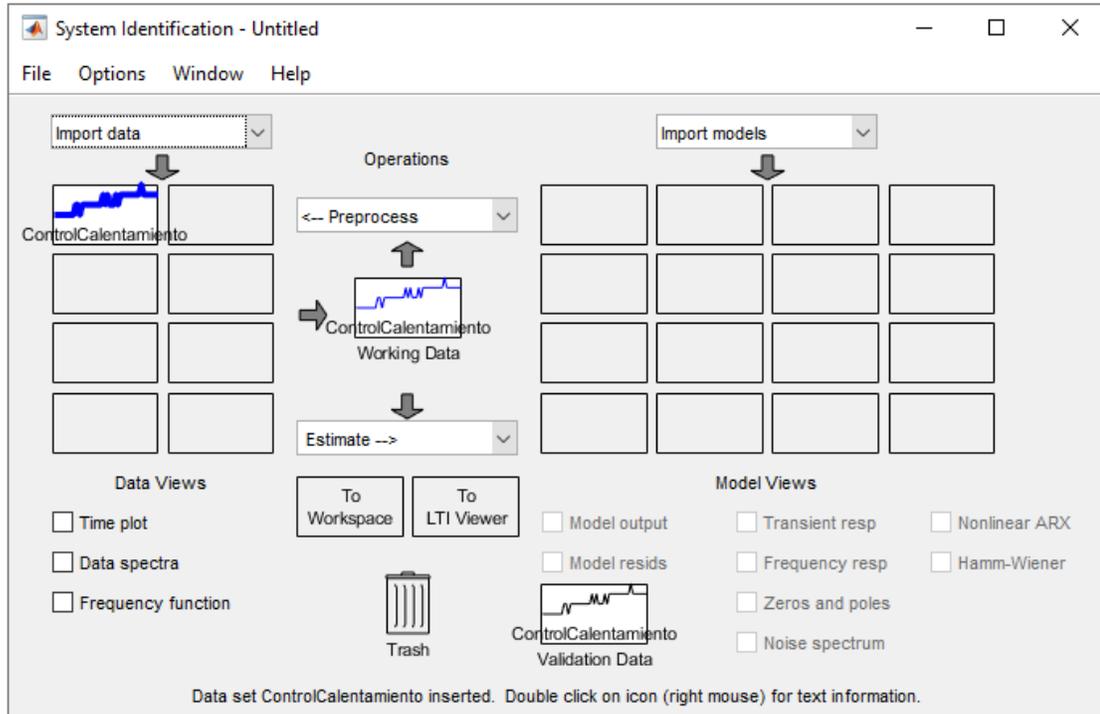




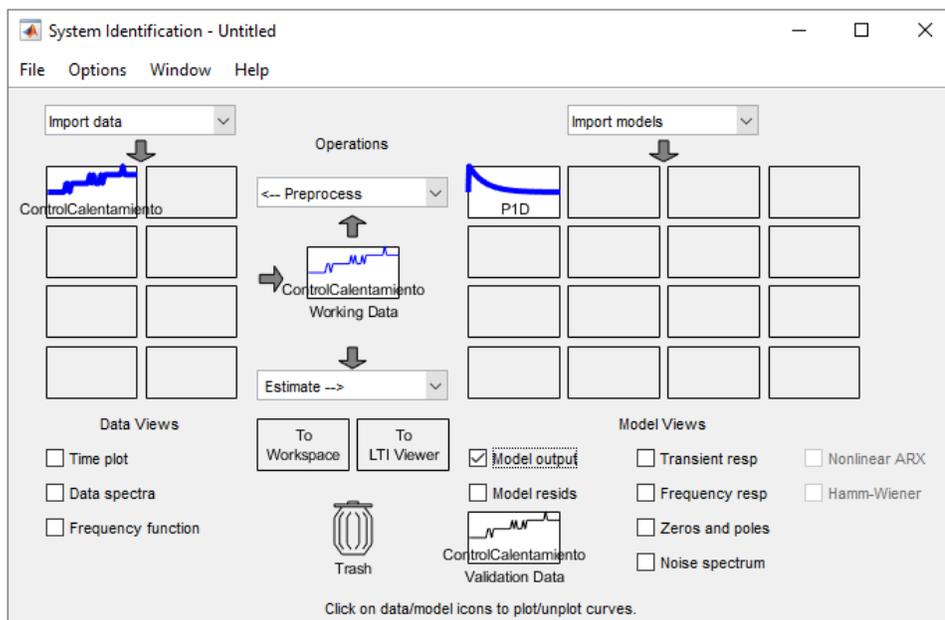
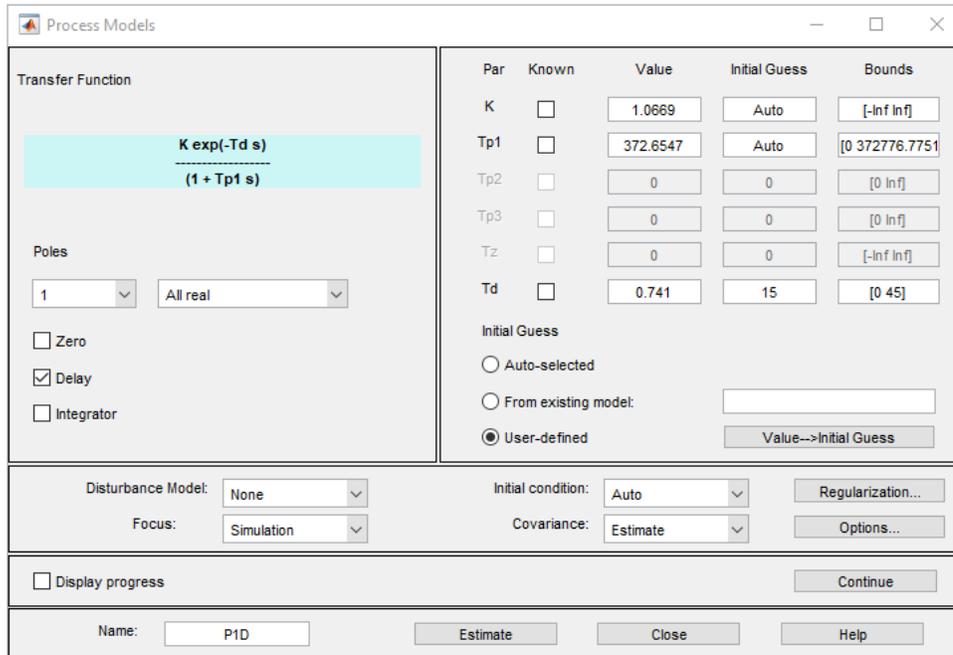
- 106 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

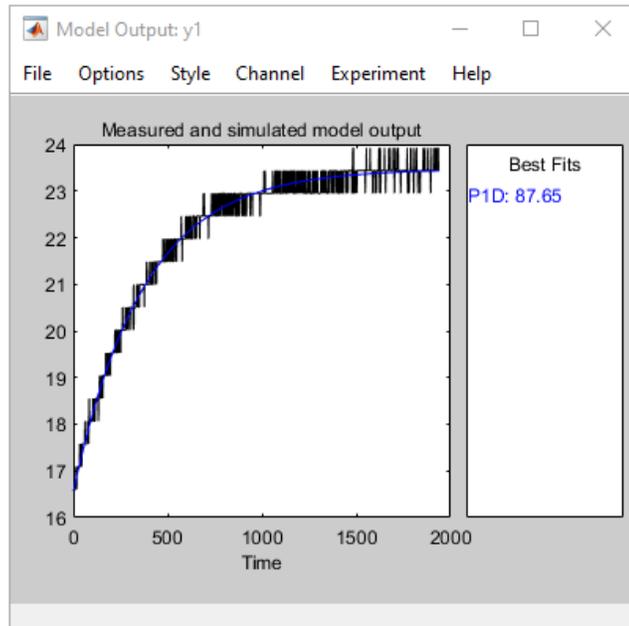
Anexo D Función de transferencia enfriamiento





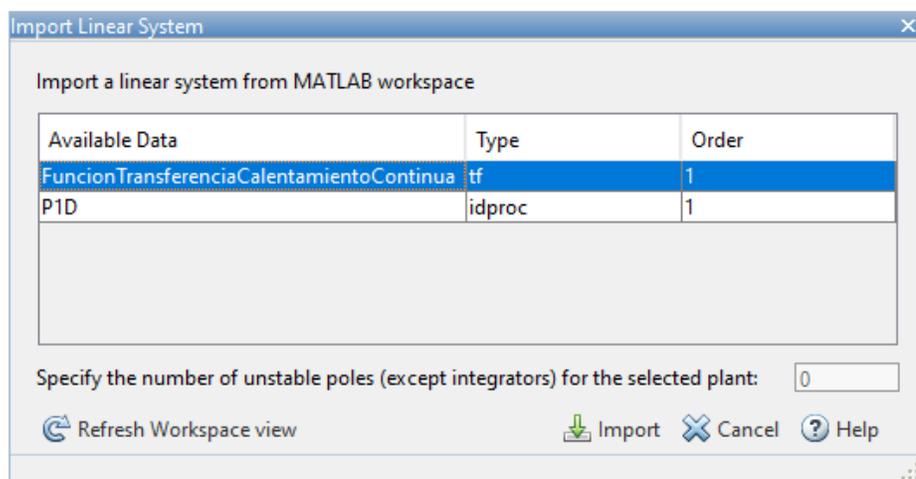
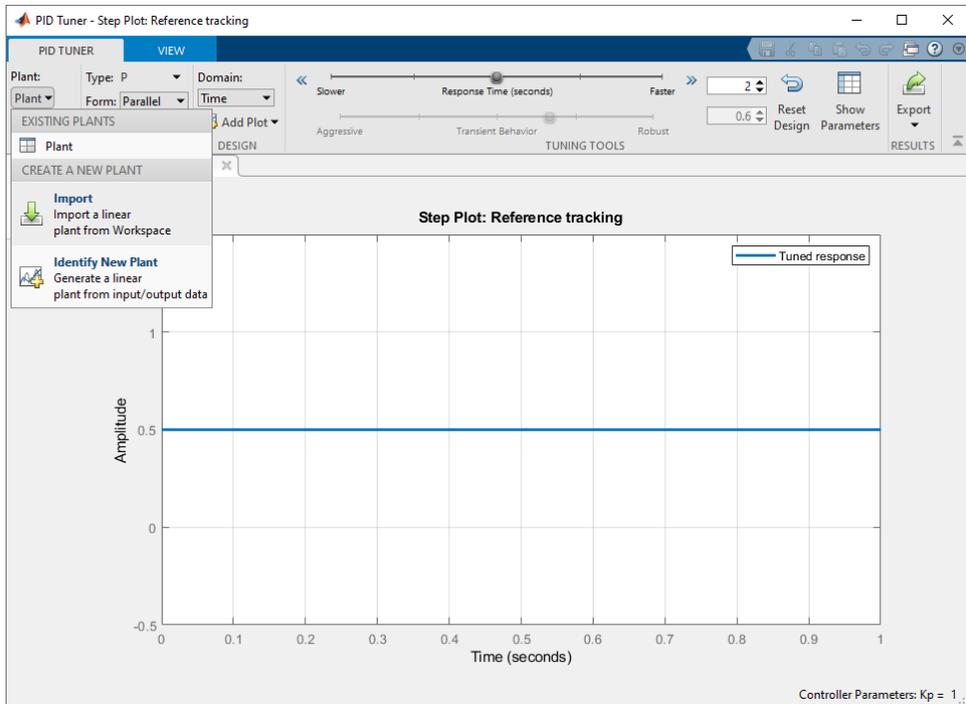
108 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

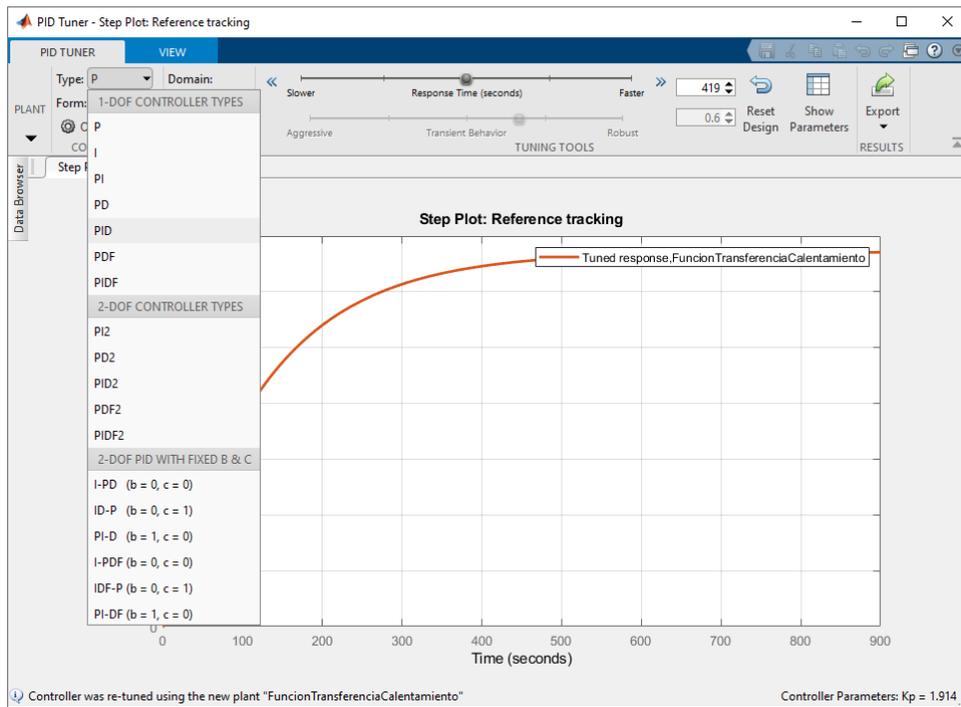




- 110 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

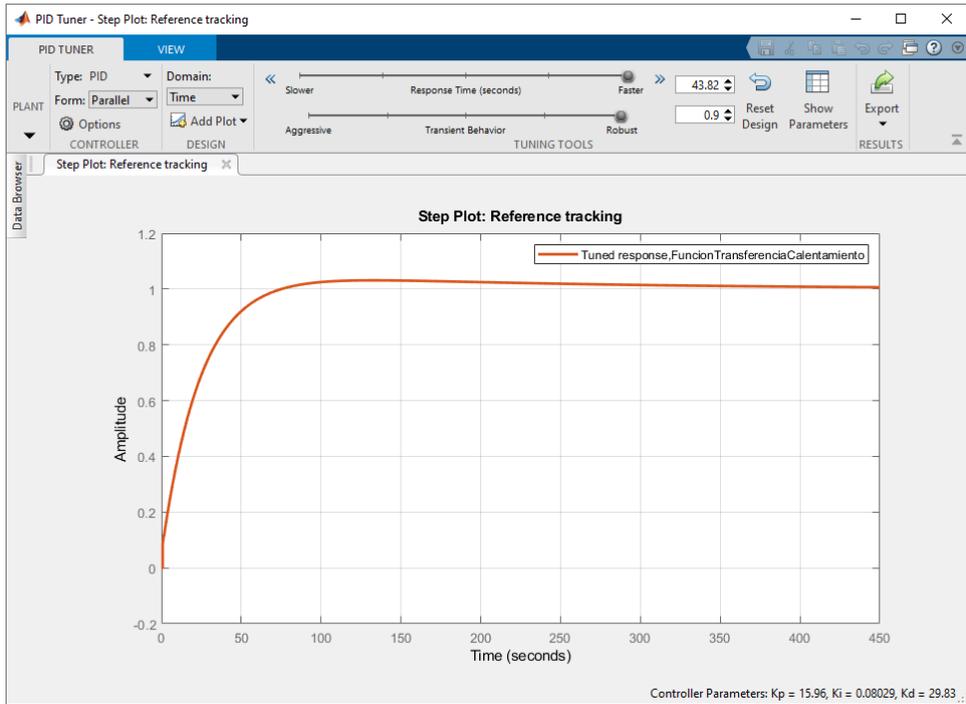
Anexo E Valores constantes de calentamiento en tiempo continuo de Matlab



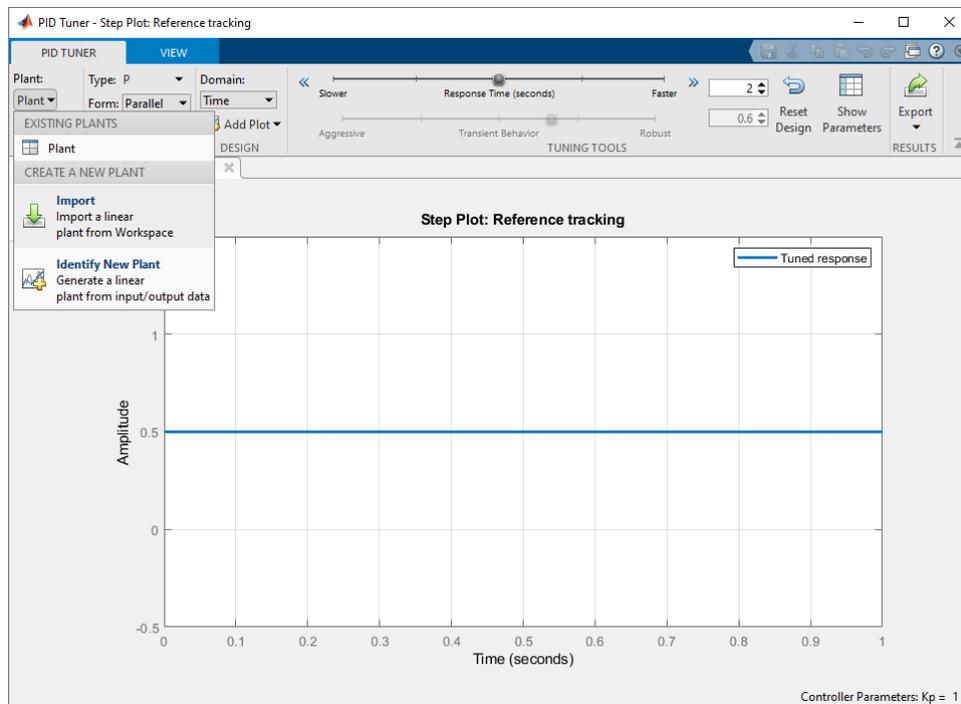


Controller Parameters	
	Tuned
K_p	15.9646
K_i	0.080289
K_d	29.8287
T_f	n/a
Performance and Robustness	
	Tuned
Rise time	45.3 seconds
Settling time	241 seconds
Overshoot	3.12 %
Peak	1.03
Gain margin	21.3 dB @ 4.06 rad/s
Phase margin	90 deg @ 0.0456 rad/s
Closed-loop stability	Stable

- 112 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-



Anexo F Valores constantes de enfriamiento en tiempo continuo de Matlab



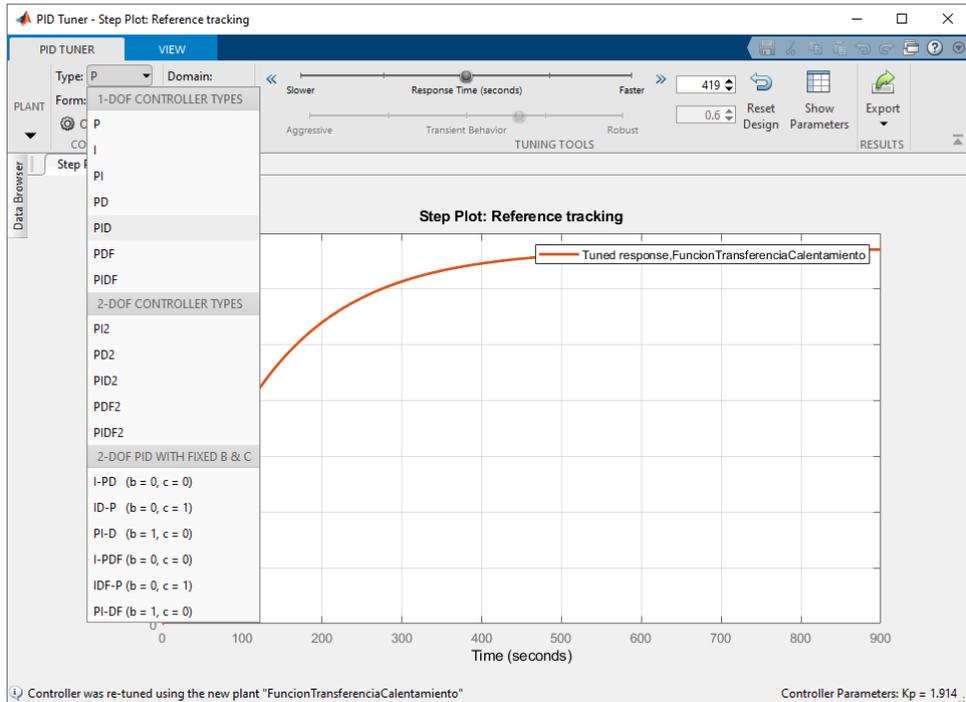
Import Linear System

Import a linear system from MATLAB workspace

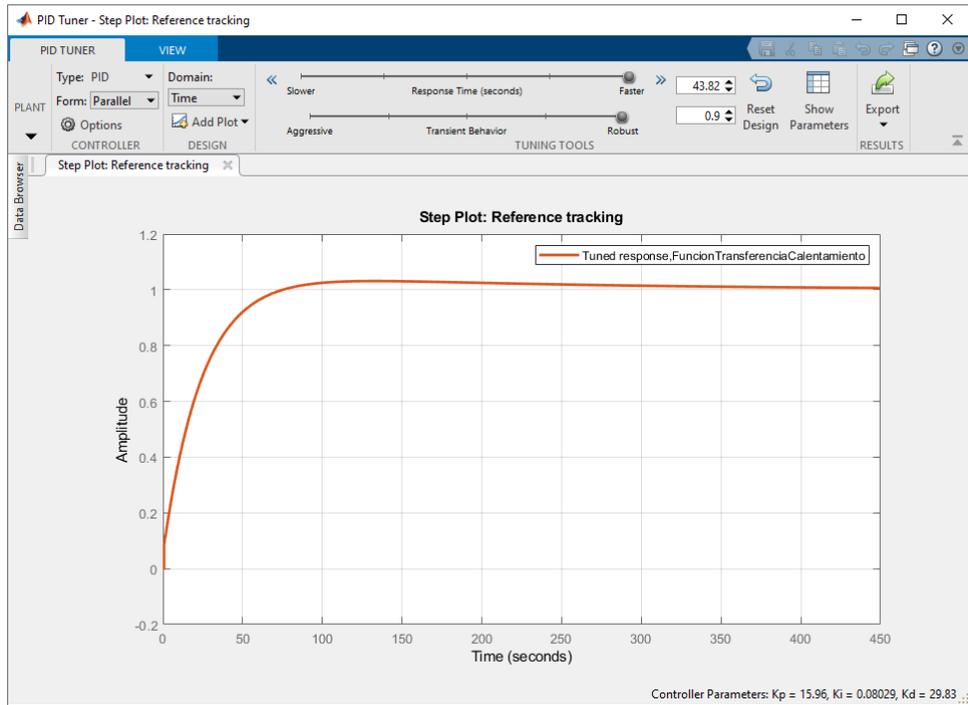
Available Data	Type	Order
FuncionTransferenciaCalentamientoContinua	tf	1
P1D	idproc	1

Specify the number of unstable poles (except integrators) for the selected plant:

114 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

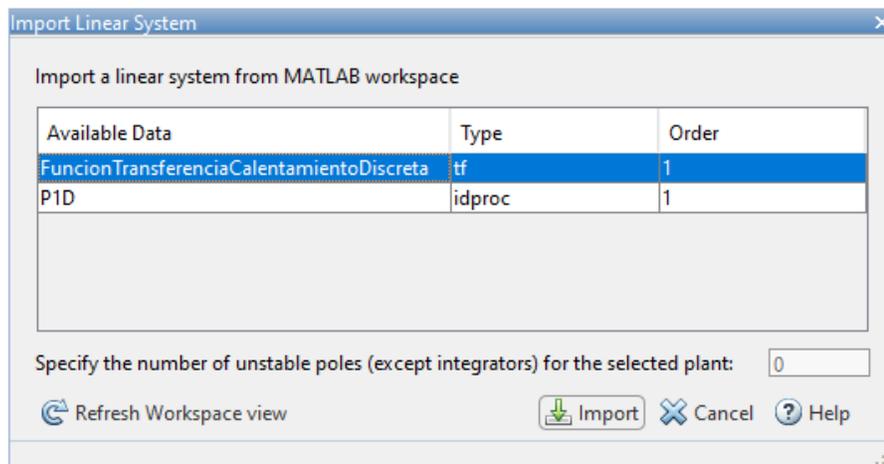
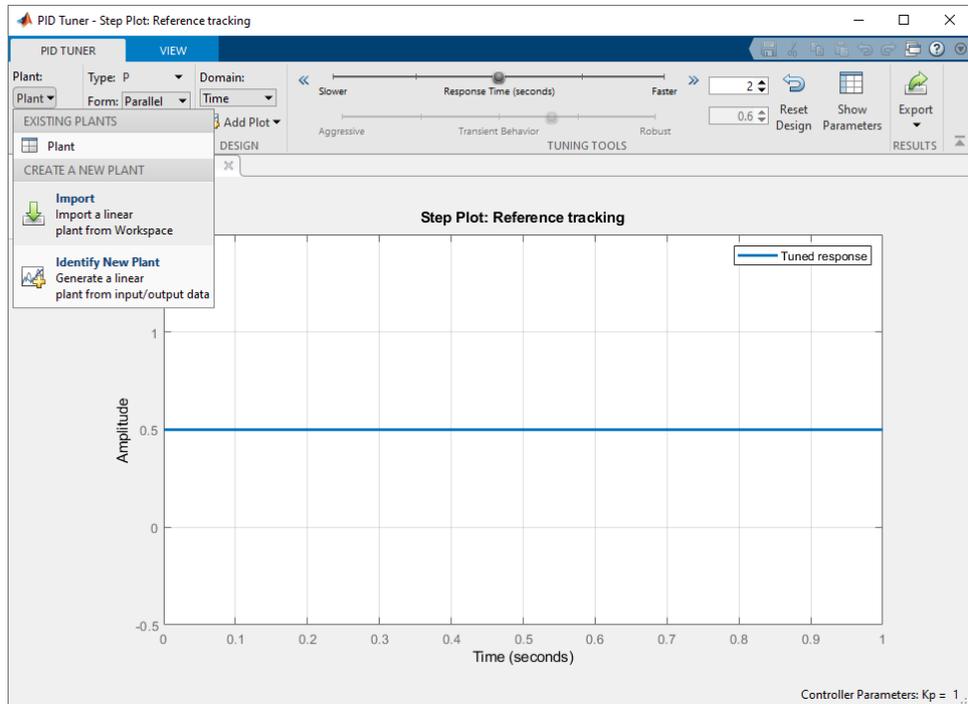


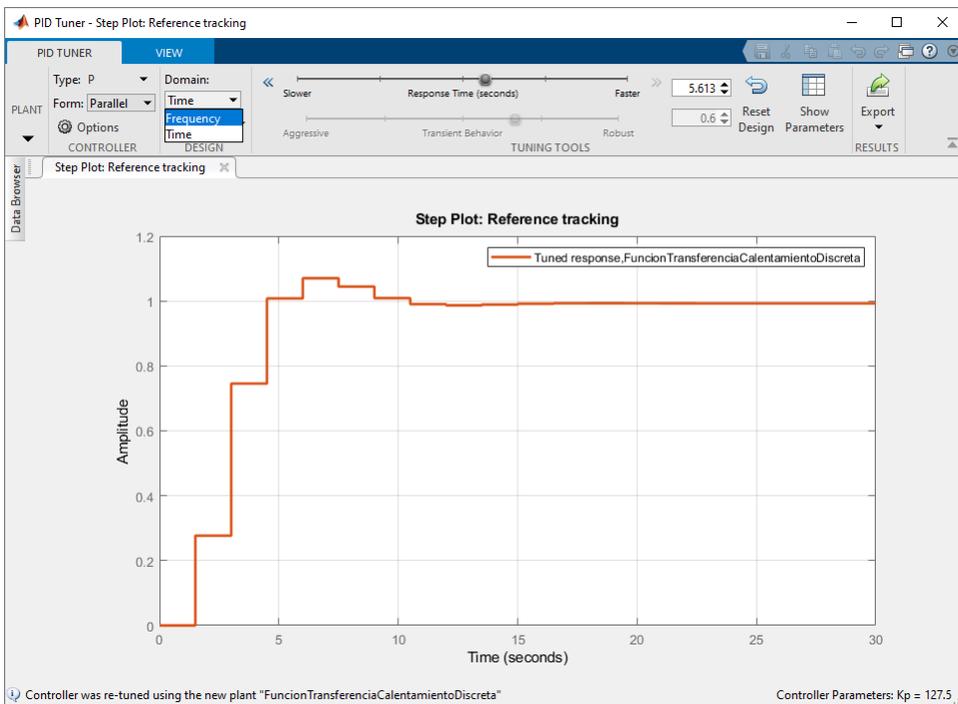
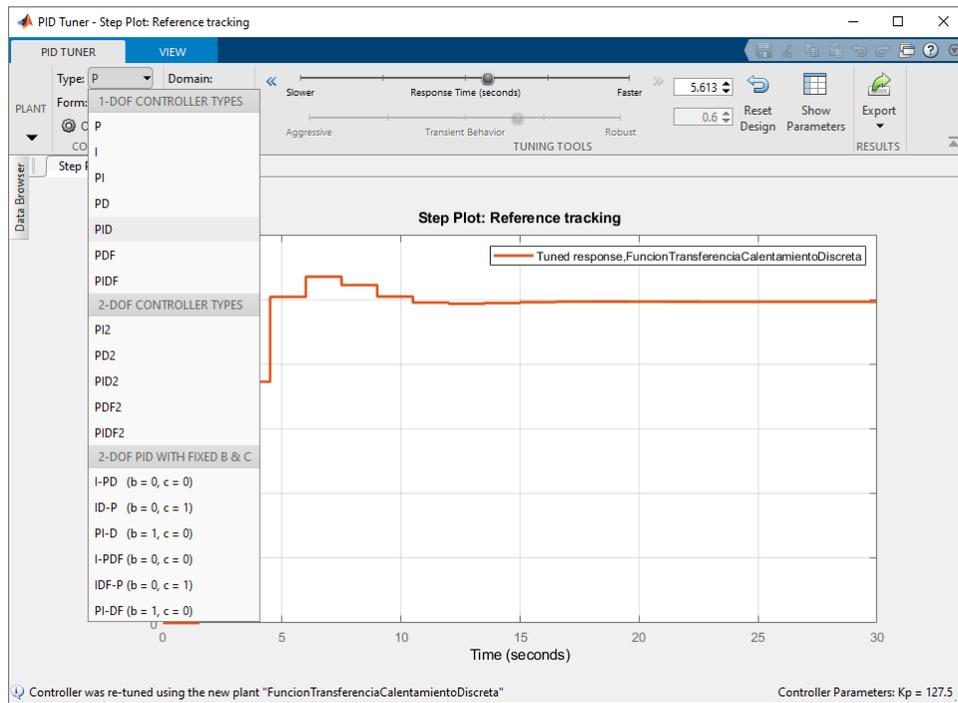
Controller Parameters	
	Tuned
Kp	15.9646
Ki	0.080289
Kd	29.8287
Tf	n/a
Performance and Robustness	
	Tuned
Rise time	45.3 seconds
Settling time	241 seconds
Overshoot	3.12 %
Peak	1.03
Gain margin	21.3 dB @ 4.06 rad/s
Phase margin	90 deg @ 0.0456 rad/s
Closed-loop stability	Stable



- 116 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

Anexo G Valores constantes de calentamiento en tiempo discreto de Matlab

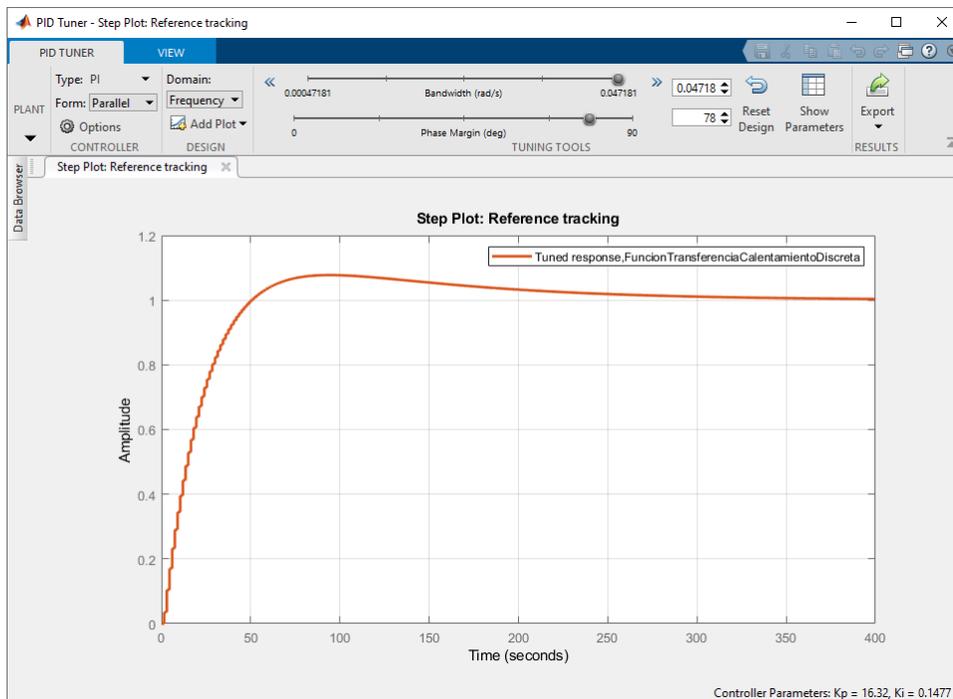




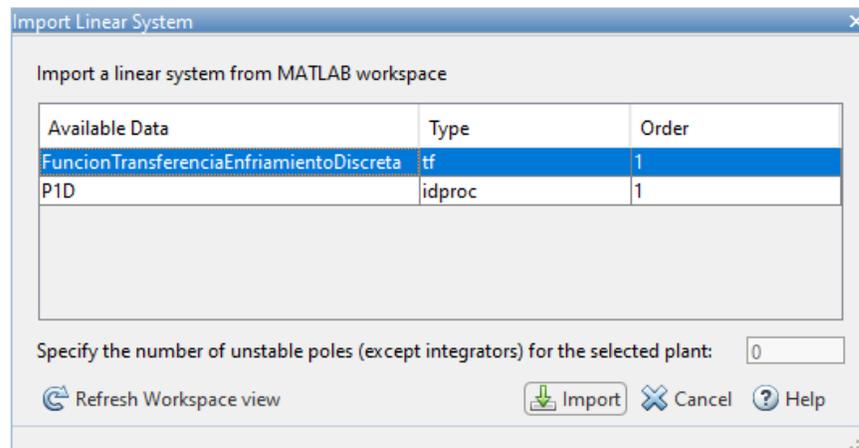
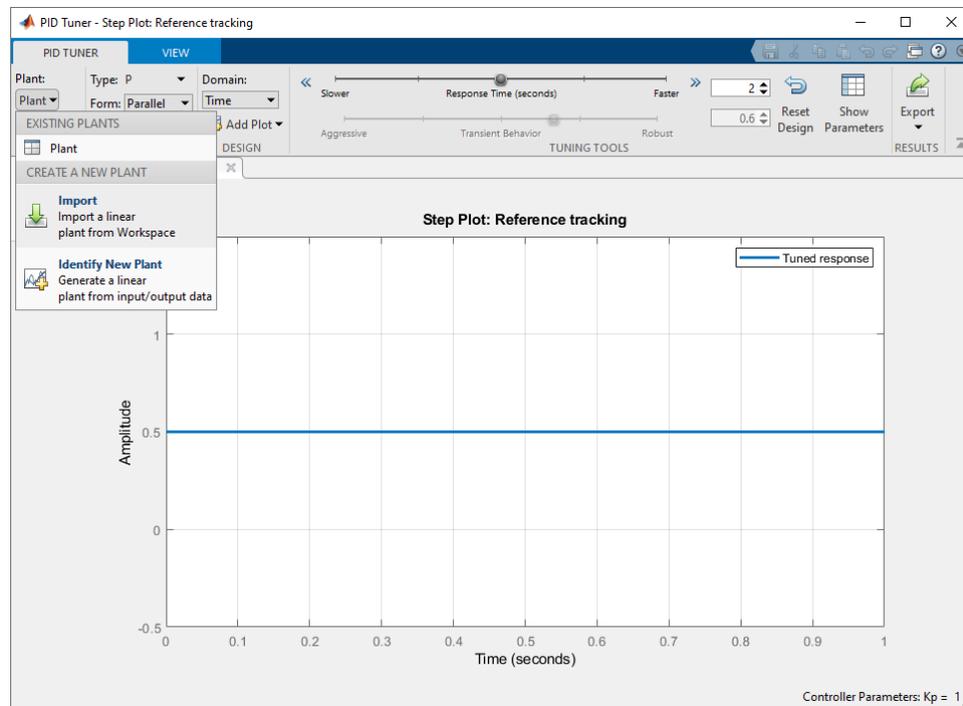
118 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

Controller Parameters	
	Tuned
Kp	16.3247
Ki	0.14773
Kd	n/a
Tf	n/a

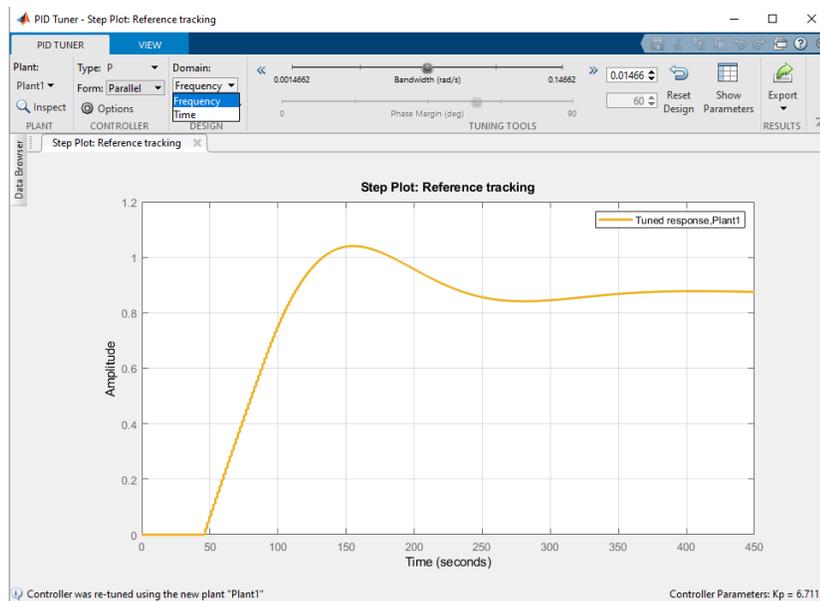
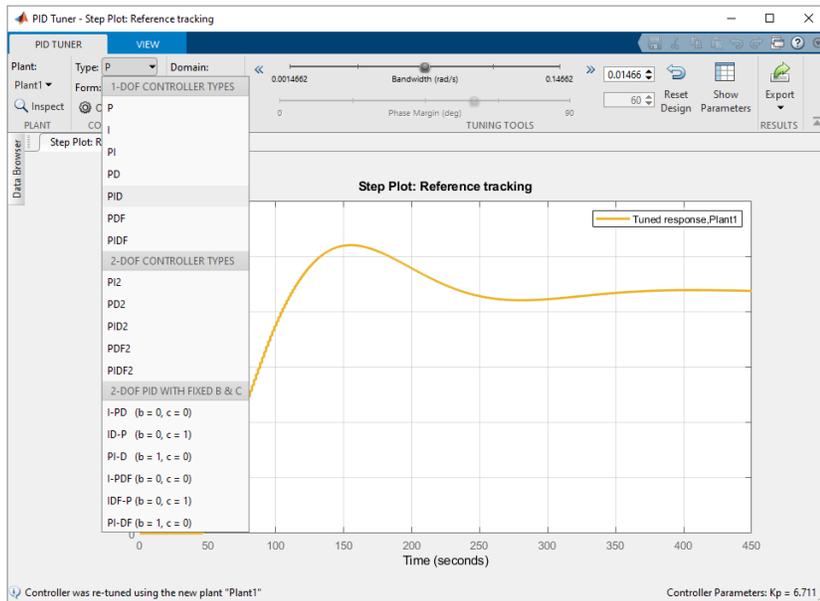
Performance and Robustness	
	Tuned
Rise time	34.5 seconds
Settling time	245 seconds
Overshoot	7.74 %
Peak	1.08
Gain margin	29.2 dB @ 1.05 rad/s
Phase margin	78.3 deg @ 0.0472 rad/s
Closed-loop stability	Stable



Anexo H Valores constantes de enfriamiento en tiempo discreto de Matlab

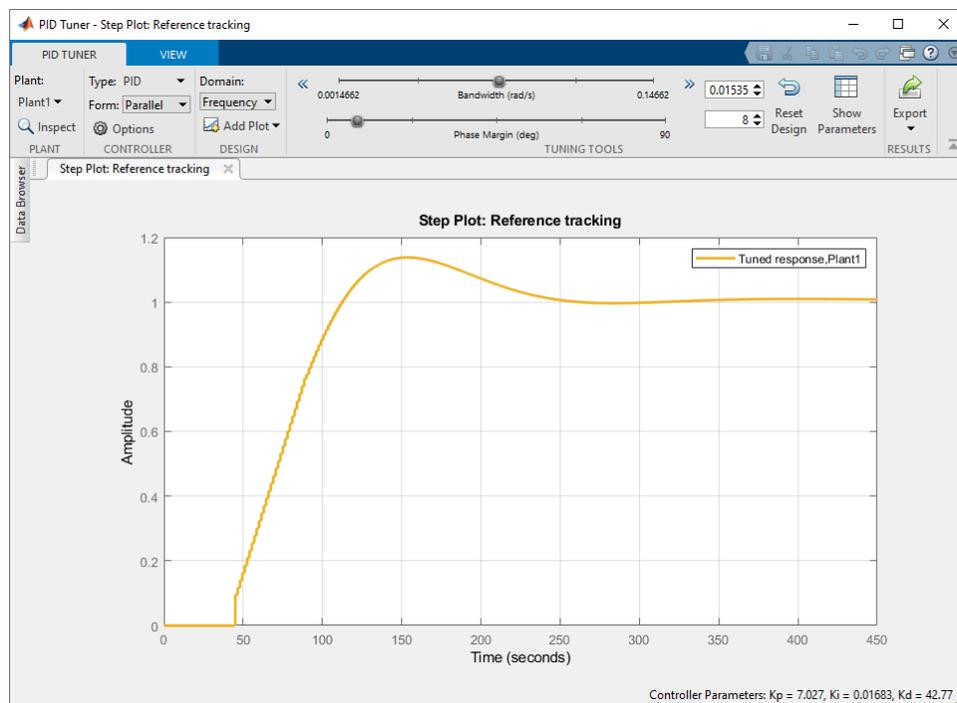


120 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL



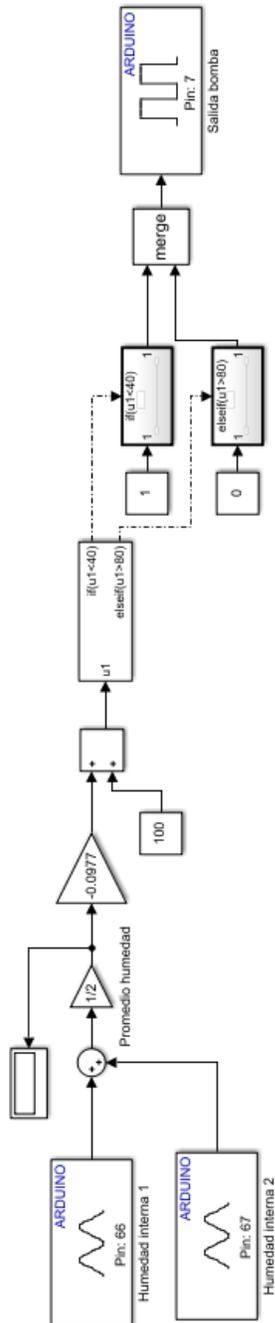
Controller Parameters	
	Tuned
Kp	7.0271
Ki	0.016833
Kd	42.7692
Tf	n/a

Performance and Robustness	
	Tuned
Rise time	55.5 seconds
Settling time	234 seconds
Overshoot	13.8 %
Peak	1.14
Gain margin	8.05 dB @ 0.0394 rad/s
Phase margin	54.2 deg @ 0.0154 rad/s
Closed-loop stability	Stable

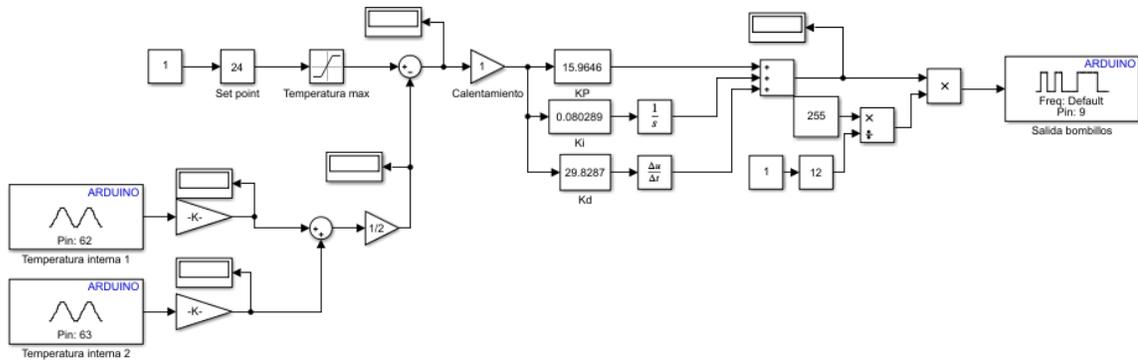


122 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

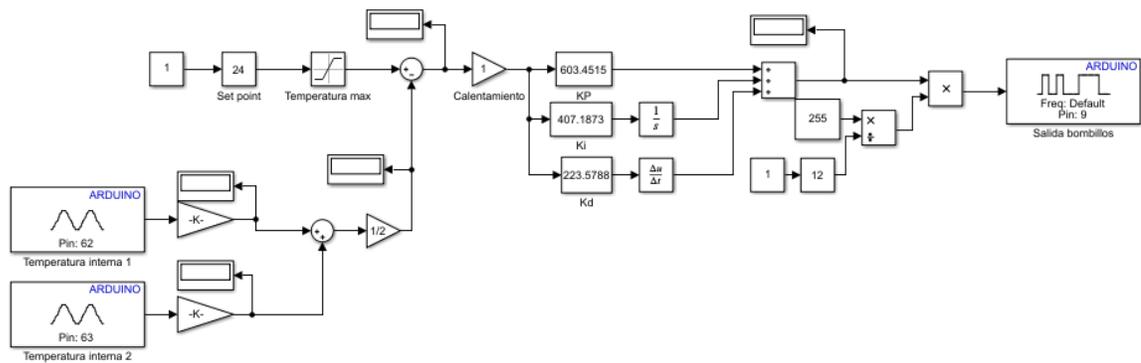
Anexo I Control de humedad On-Off



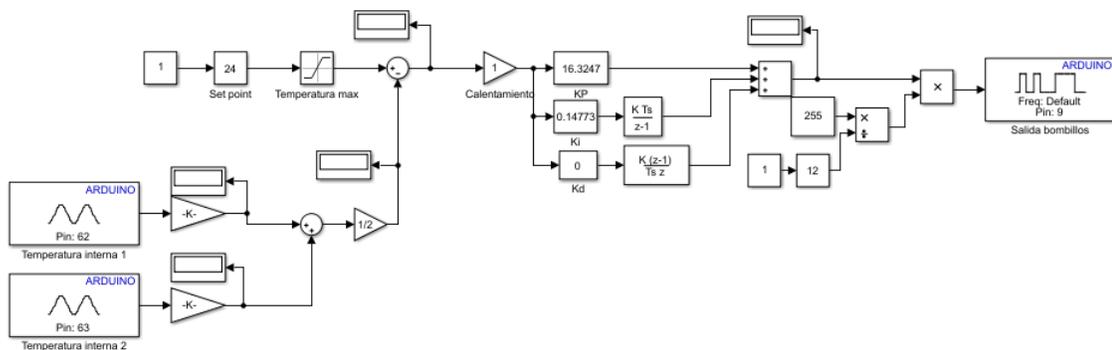
Anexo J Control Calentamiento



Control PID tiempo continuo de calentamiento mediante constantes hallados en Matlab



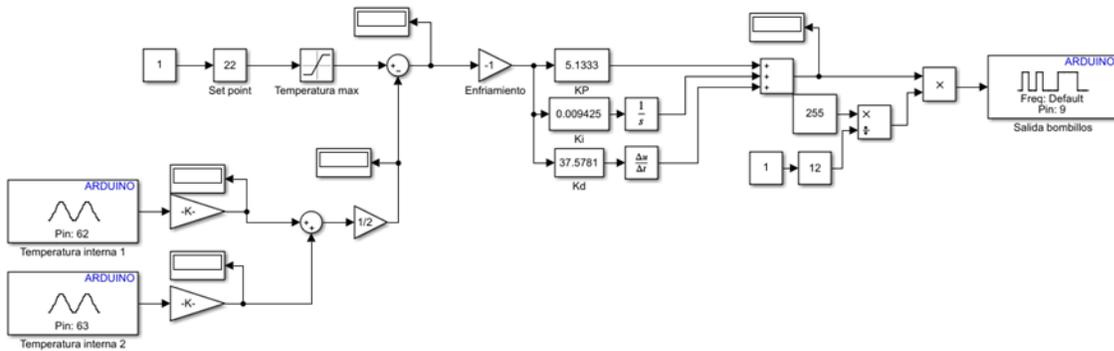
Control PID tiempo continuo de calentamiento mediante método de Ziegler-Nichols



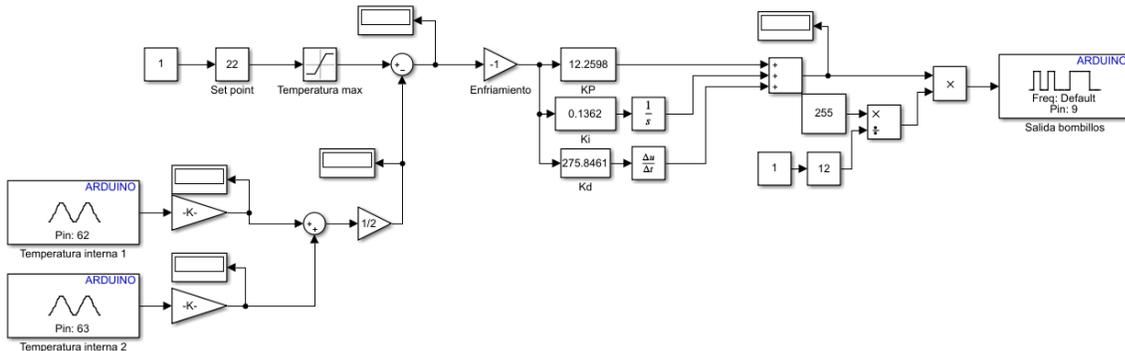
Control PID tiempo discreto de calentamiento mediante constantes hallados en Matlab

124 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

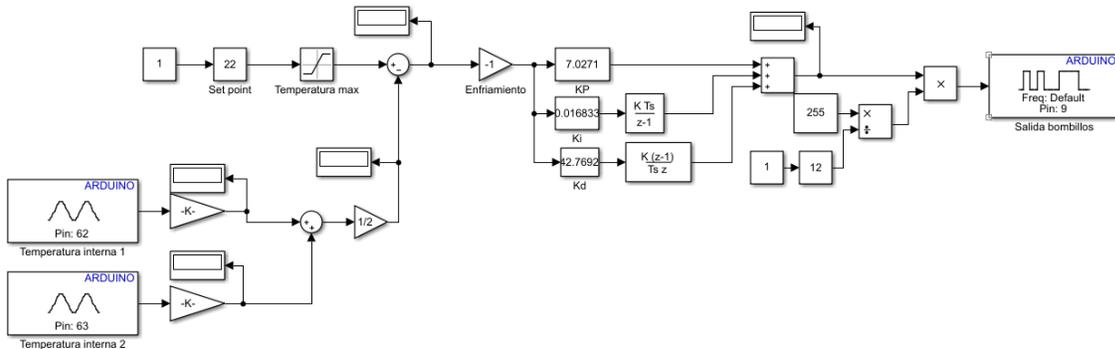
Anexo K Control enfriamiento



Control PID tiempo continuo de enfriamiento mediante constantes hallados en Matlab

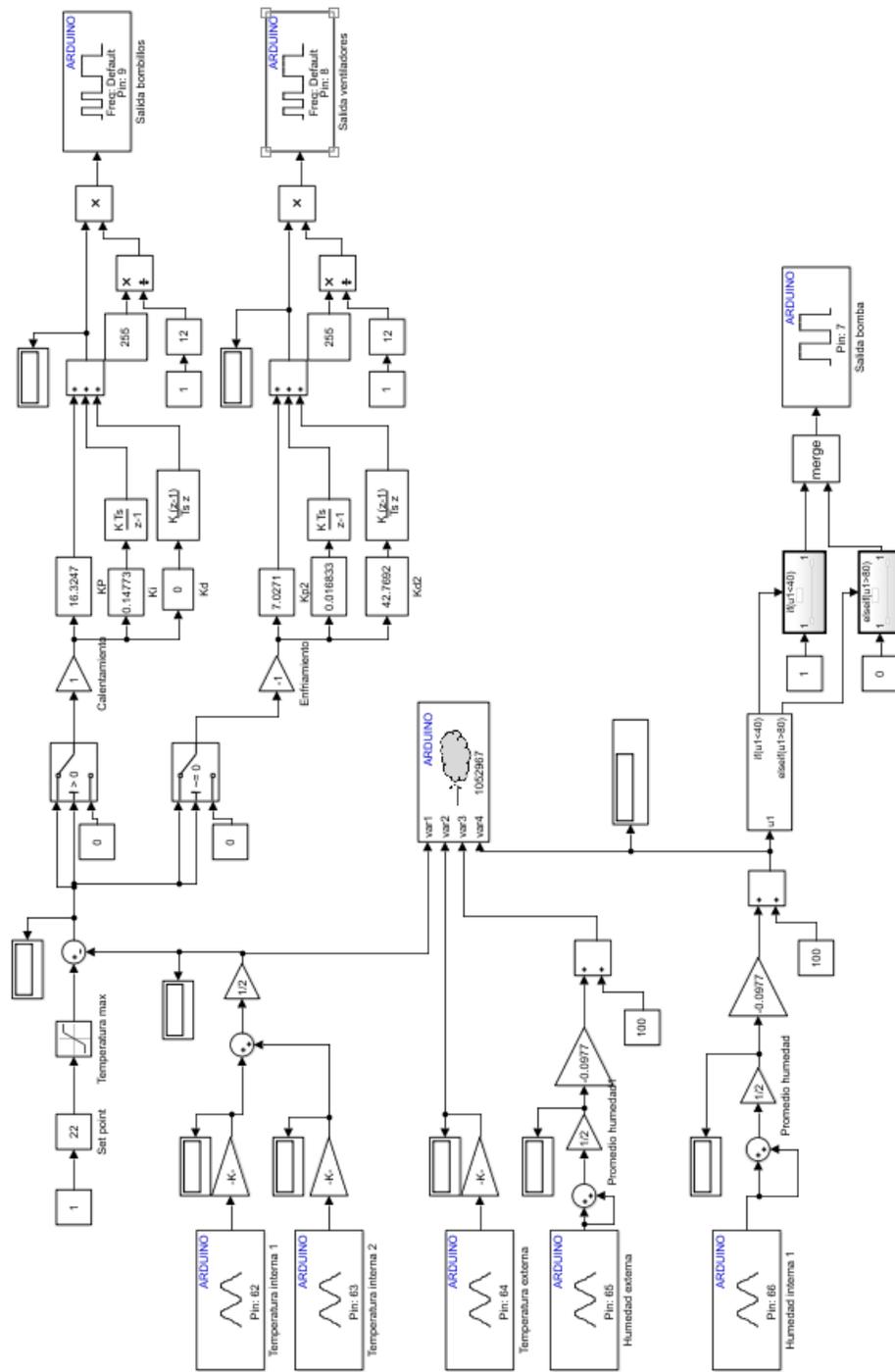


Control PID tiempo continuo de enfriamiento mediante método de Ziegler-Nichols



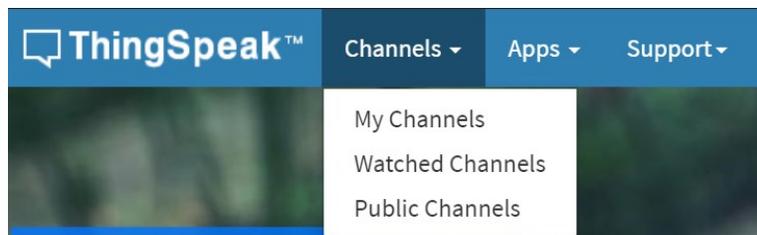
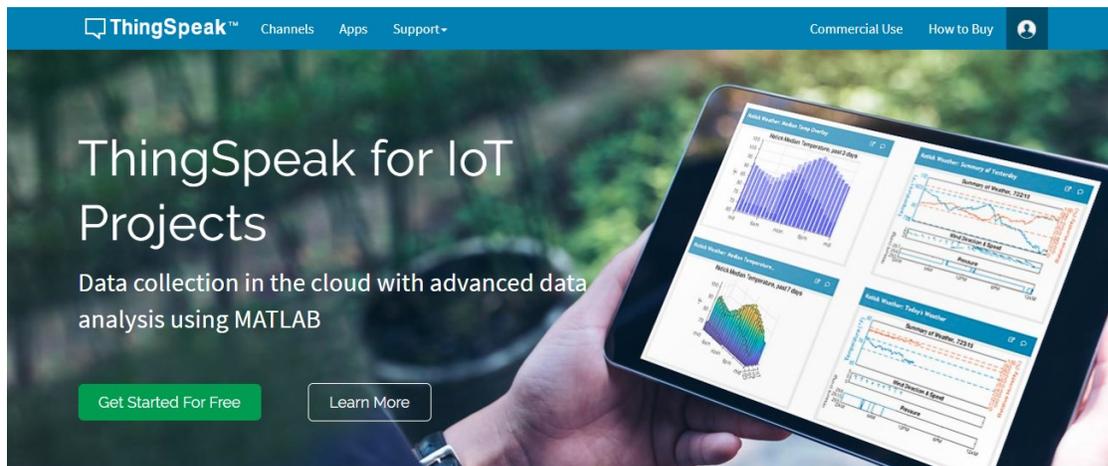
Control PID tiempo discreto de enfriamiento mediante constantes hallados en Matlab

Anexo L Control On-Off, Calentamiento y Enfriamiento



- 126 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL
-

Anexo M Comunicación con ThingSpeak



Mis canales



ThingSpeak™ [Canales](#) [Aplicaciones](#) [Apoyo](#)

Nuevo canal

Nombre

Descripción

Campo 1

Campo 2

Campo 3

Campo 4

Campo 5

Campo 6

Campo 7

Campo 8

Metadatos

Etiquetas
(Las etiquetas están separadas por comas)

Enlace al sitio externo

Enlace a GitHub

Elevación

Mostrar ubicación del canal

Latitud

Longitud

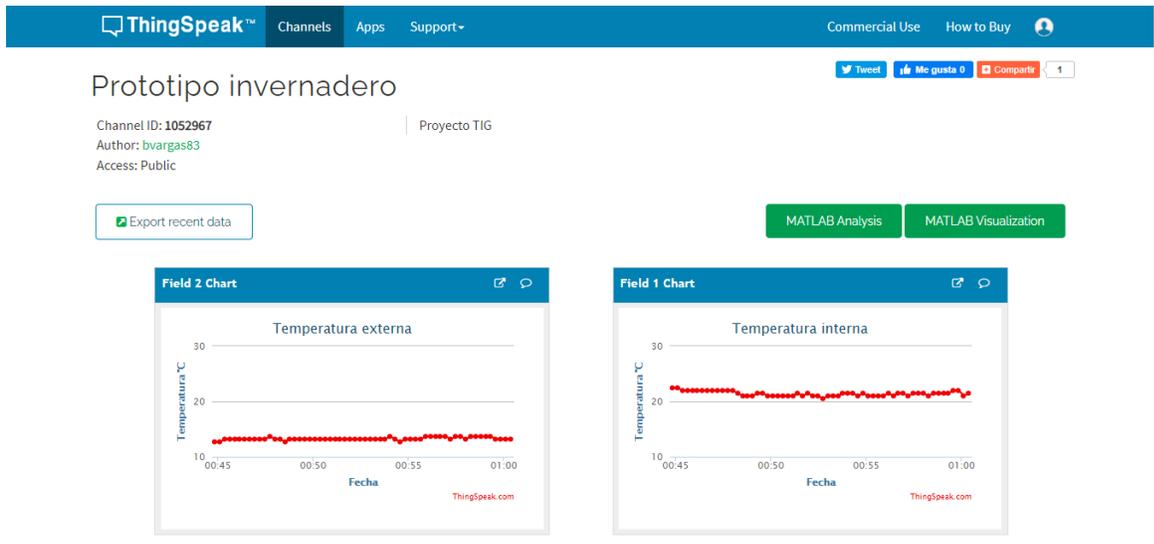
Mostrar video

Youtube
 Vimeo

URL del video

Mostrar estado

128 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL



Campo 1 Opciones de gráfico

Título:	Temperatura interna	Escala de tiempo:	15
Eje X:	Tiempo	Promedio:	
Eje Y:	Temperatura	Mediana:	
Color:	#d62020	Suma:	
Antecedentes:	#ffffff	Redondeo:	
Tipo:	línea	Min de datos:	
¿Dinámica?:	cierto	Datos máximos:	
Días:		Eje Y Min:	18
Resultados:	60	Eje Y Máx. .:	30

Salvar Cancelar

Haga clic en un widget para agregarlo al canal



próximo

Cancelar

Temp.º zointerna Opciones

? x

Nombre

Campo

Min

Max

Mostrar valor

Unidades

Intervalo de tic

Intervalo de actualización segundos

Rango

Guardar

Cancelar

ThingSpeak™

Canales

Aplicaciones

Apoyo

Uso comercial

Cómo comprar

BV

Prototipo invernadero

ID de canal: 1077125

Proyecto PIG

Autor: bvargas83

Acceso: privado

Vista privada

Vista pública

Configuraciones de canal

Compartir

Claves API

Importación / Exportación de datos

Escribir clave API

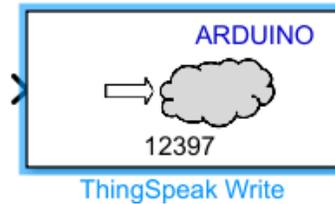
Llave

ZFNQERGJUWIWTLYM

Generar nueva clave de API de escritura

ID de canal: 1077125

130 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL



Block Parameters: ThingSpeak Write

ThingSpeak Write (mask) (link)

Send data to ThingSpeak, the MathWorks IoT Analytics Platform. The hardware must be connected to the Internet. Input ports only accept numeric scalar signals.

Enter the Write API Key for your ThingSpeak channel. Each input variable is written to a field in your ThingSpeak channel. Set Update interval to the number of seconds to wait between two successive data send requests. Visit your ThingSpeak account page to find the minimum update interval for your channel.

Check "Print diagnostic messages" to send the ThingSpeak server response to standard output on the hardware. "Print diagnostic messages" checkbox has no effect when using External mode, Serial Transmit or Serial Receive block using port 0.

[View pin map](#)

Main Optional

Channel ID: 1077125

Write API Key: ZFNQERGGJUWIWTLYM

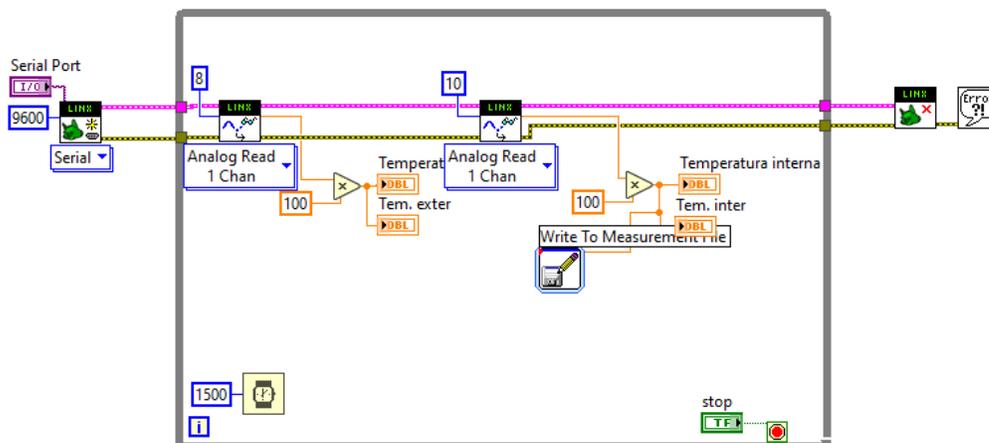
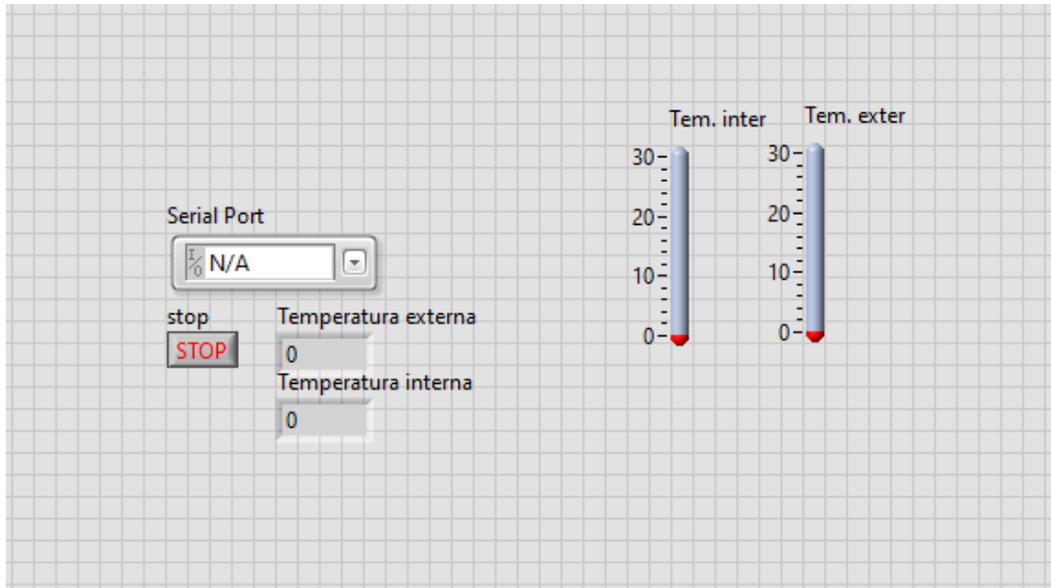
Number of variables to send: 4

Update interval (seconds): 60

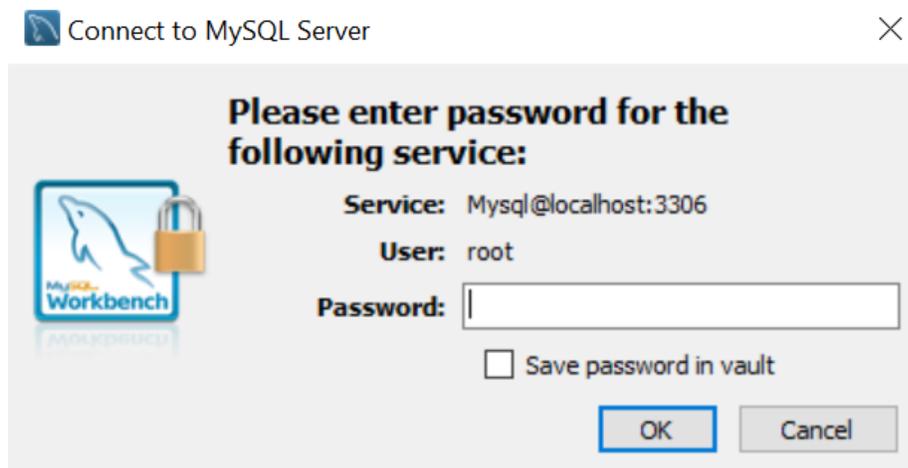
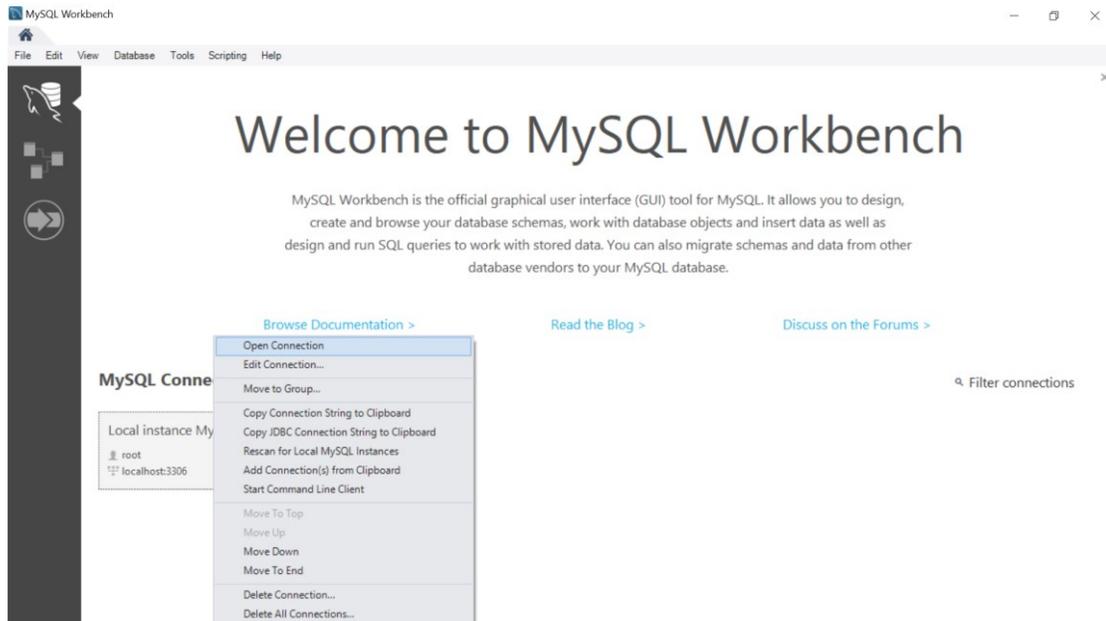
OK Cancel Help Apply

- 132 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

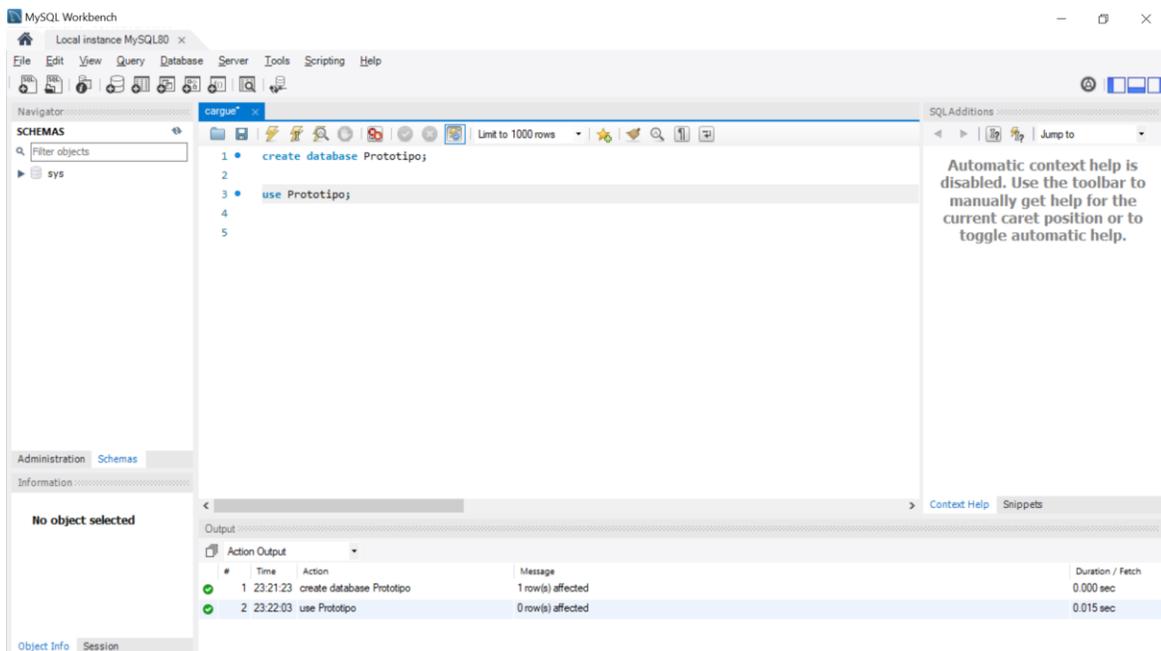
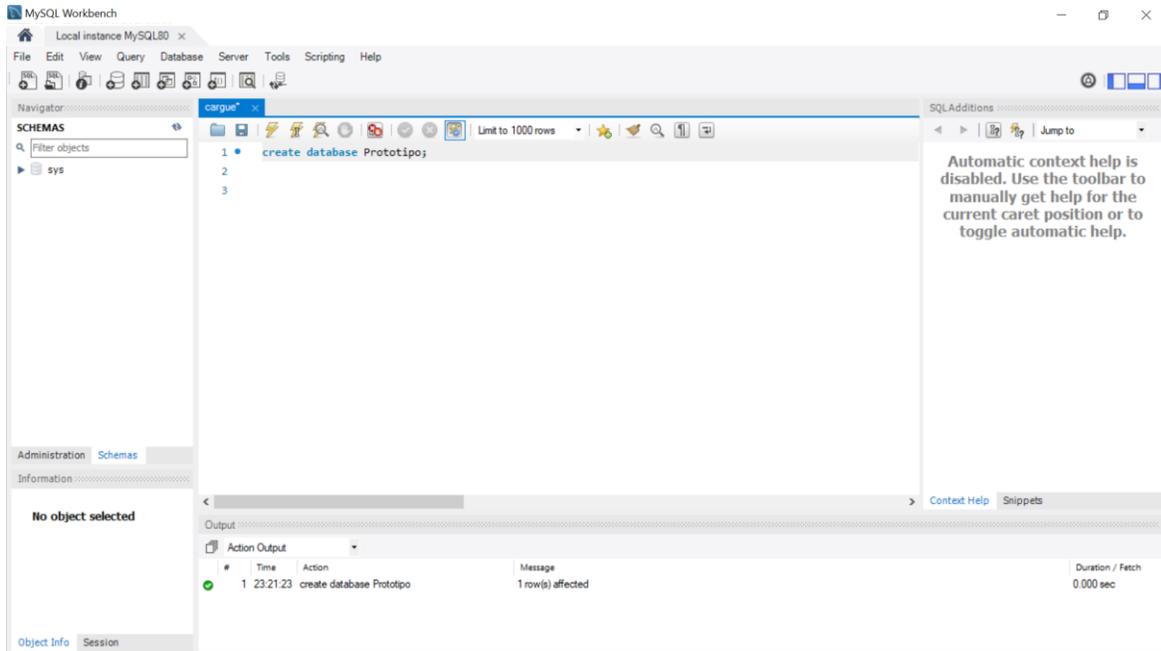
Anexo O Adquisición de datos calentamiento y enfriamiento por LabVIEW

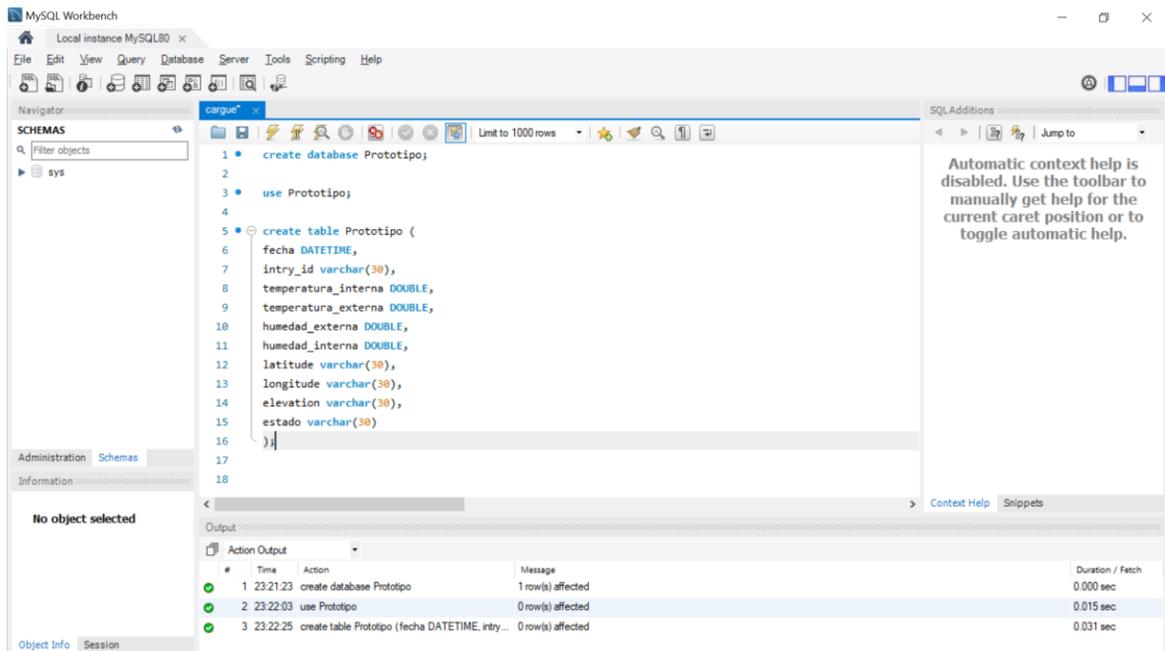
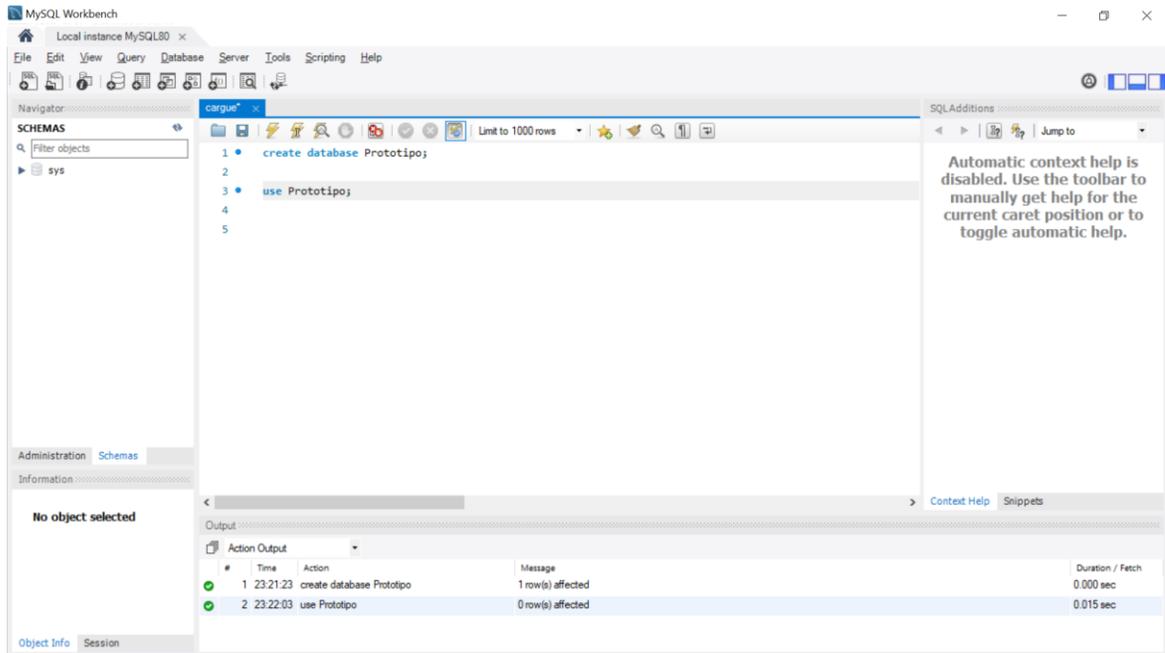


Anexo P Creación de la base de datos

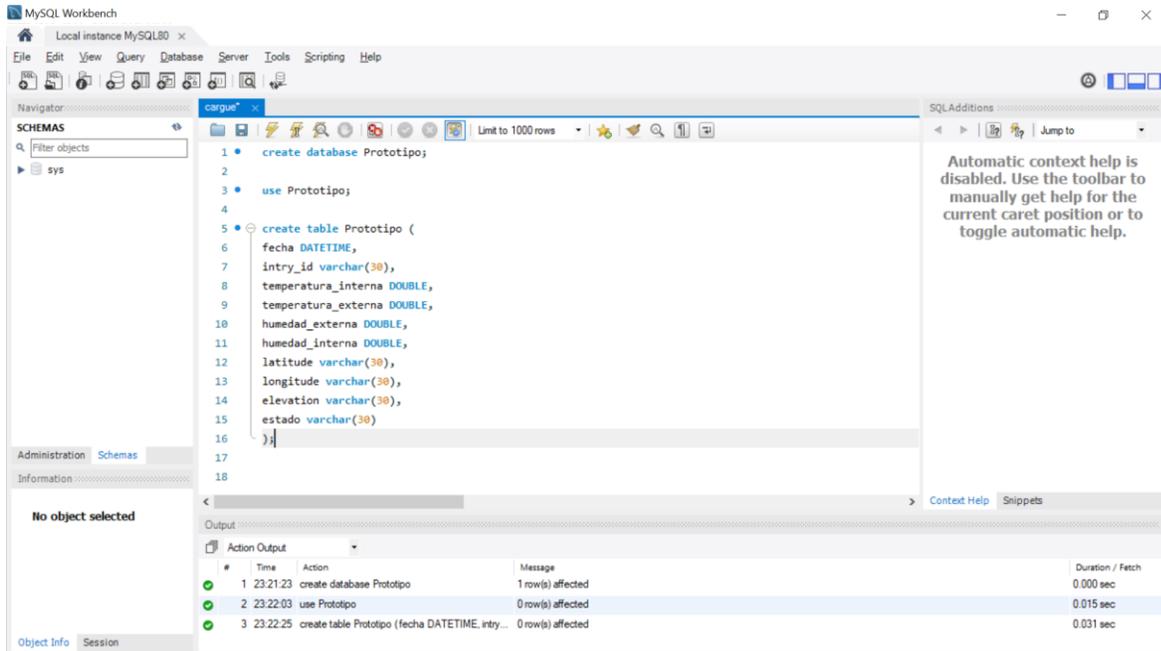


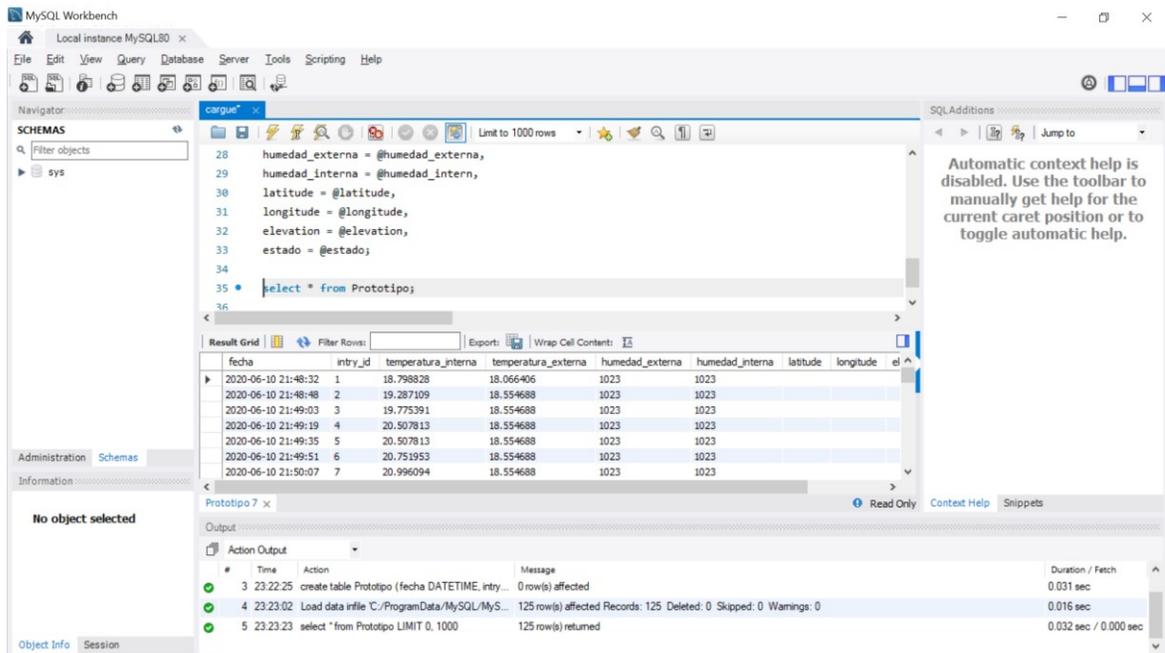
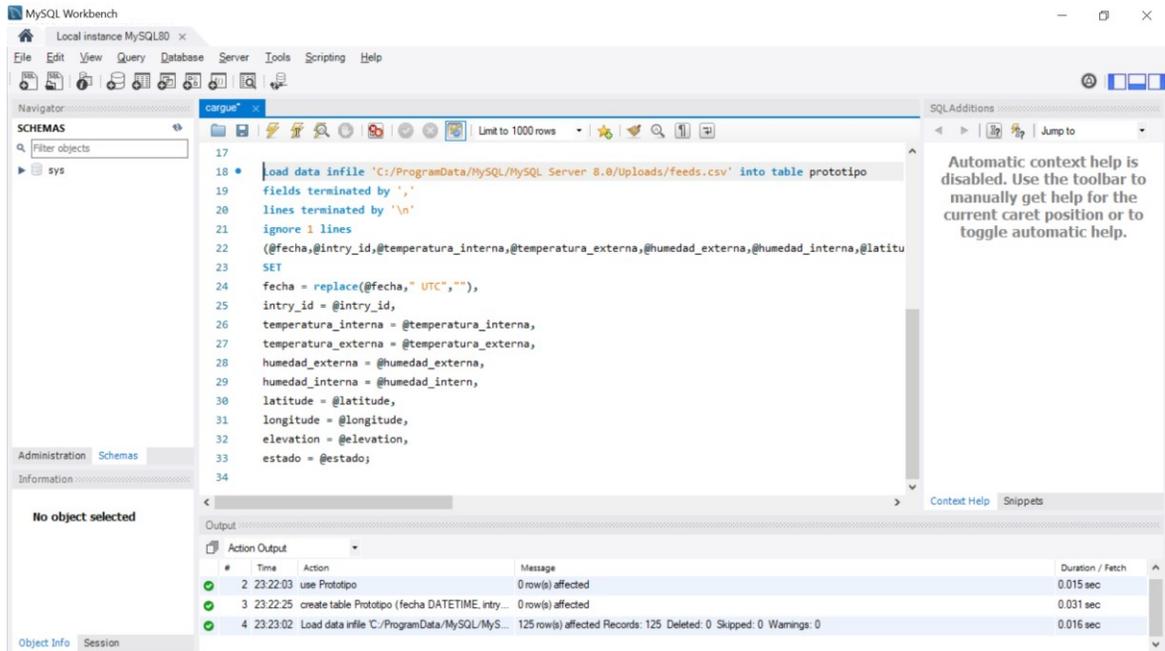
134 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL



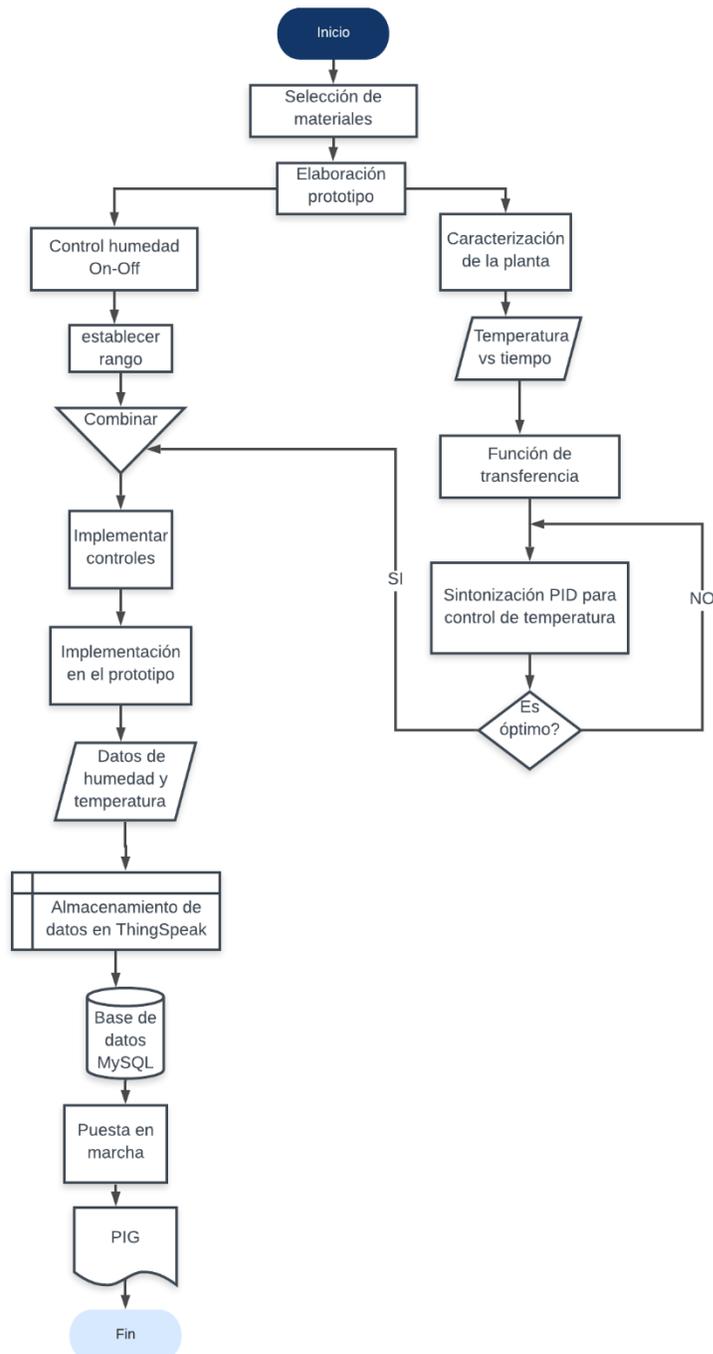


136 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL





Anexo Q Diagrama de flujo del proyecto



9. Bibliografía

- Aguilar, L. J. (2013). *Big Data*. Ciudad de México, México: Alfaomega.
- Al-Hadithi, B. M. (2012). *Sistemas Discretos de Control*. Madrid, España: Vision Net.
- Andrés, M. B. (2018). *Internet de las Cosas*. Madrid, España: Reus.
- Ávila, R. (01 de Enero de 2019). <https://www.dinero.com/>. Obtenido de <https://www.dinero.com/edicion-impresa/sectores/articulo/nuevas-tecnologias-aplicadas-al-agro-en-colombia/278637>
- Caita, J. F. (2009). *Control Climatico de Invernaderos*. Bogotá.
- Canales, A. R. (2010). *Automatización y Telecontrol en Sistemas de Riego*. Barcelona, España: Marcombo.
- Castaño, S. A. (2020). <https://controlautomaticoeducacion.com/>. Obtenido de Control Automatico Educación.
- Cermeño, Z. S. (2005). *Construccion de Invernaderos (Tercera ed.)*. Mexico,s.a de C.V: Mundi Prensa.
- Cornelio, E. R. (2004). *Base de Datos Relacionales*. Madrid, España: Universidad Pontificia Comillas, Madrid.
- Corporation, O. (2020). <https://www.mysql.com/>. Obtenido de MySQL.
- Date, C. J. (2008). *introducción a los Sistemas de Bases de Datos*. Ciudad de México, México: Pearson Educación.
- Díaz, F. R. (2004). *Control y Robótica en la agricultura*. Almería, España: Escobar Impresores, S.I.
- Espinosa, M. A. (17 de Julio de 2019). www.eltiempo.com. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/como-afecta-el-cambio-climatico-la-agricultura-en-colombia-387304>
- Gilat, A. (2005). *Matlab, Una Introducción con ejemplos Practicos*. Ohio, USA: Reverté.
- Inc., A. (2020). <https://www.accuweather.com/es/co/colombia-weather>. Obtenido de Accuweather.

140 Diseño de un prototipo de invernadero automatizado e implementación de estrategias de control PID y On-Off para el control de temperatura y humedad, supervisadas por medio de la plataforma ThingSpeak y almacenamiento de datos en MySQL

- Inc., T. M. (2020). <https://thingspeak.com/>. Obtenido de ThingSpeak.
- Kacira, M. (2005). *Plant response-based sensing for control strategies in sustainable greenhouse production [2005]*.
- Kroenke, D. M. (2013). *Procesamiento de bases de Datos*. Ciudad de México, México: Pearson Educación.
- Kuo, B. C. (1996). *Sistemas de Control Automático*. Chicago, Illinois: Prentice Hall.
- Luis Moreno, S. G. (2003). *Ingeniería de Control*. Barcelona, España: Ariel S.A.
- Mayer-Schonberger, V. (2013). *Big Data, La Revolución de los Datos Masivos*. Madrid, España: Turner.
- Miranda, C. V. (2015). *Sistemas de Control Continuos y Discretos*. 2010: Paraninfo.
- Mott, R. L. (2016). *Mecánica de Fluidos*. Ciudad de México, México: Pearson Educación.
- Muñoz, O. Q. (2019). *Internet de las Cosas*. Ciudad de México, México: Ibukku.
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de Control Moderna*. Madrid, España: Pearson Educacion.
- Pardo, C. (2020). <https://www.picuino.com/es/arduprog/control-index.html>. Obtenido de Picuino Educación.
- Peláez, J. P. (2019). *Internet de las Cosas con Arduino*. Madrid, España: Paraninfo.
- Ramírez, J. A. (2015). Control Jerárquico Multiobjetivo de Crecimiento de Cultivos Bajo Invernadero.(Tesis Doctoral) Universidad de Almería. Almería, España.
- Rivero, N. (2018). *Mantenimiento y Manejo de Invernaderos*. (Segunda ed.). Antaquera, Málaga: IC Editorial.
- Rodríguez, J. H. (2016). Máquinas Hidráulicas, Problemas y Soluciones. En *Máquinas Hidráulicas, Problemas y Soluciones*. Madrid, España: Universidad Nacional de Educacion a Distancia.
- Sigie, G. (01 de Junio de 2003). <http://www.teorema.com.mx>. Obtenido de <http://www.teorema.com.mx/legislacionambiental/la-importancia-de-la-tecnologia-en-los-agronegocios/>
- Tomasi, W. (2013). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*. Phoenix, Arizona: Pearson Education.