



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS DE POTENCIA**  
**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“CONTROL DE TEMPERATURA MEDIANTE UN SISTEMA GEOTÉRMICO  
PARA UN INVERNADERO DE ALTURA”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros Eléctricos en  
Sistemas Eléctricos de Potencia.

**Autores:**

Sópalo Lulluna Edison Santiago

Torres Fonseca Frendy Stalin

**Tutor Académico:**

PhD. Secundino Marrero Ramírez

**LATACUNGA – ECUADOR**

**MARZO 2022**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros **SÓPALO LLULLUNA EDISON SANTIAGO** y **TORRES FONSECA FRENDY STALIN** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “**CONTROL DE TEMPERATURA MEDIANTE UN SISTEMA GEOTÉRMICO PARA UN INVERNADERO DE ALTURA**”, siendo el PhD. **MARRERO RAMÍREZ SECUNDINO** el tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....  
Sópalo Llulluna Edison Santiago

C.C. 1722957774

.....  
Torres Fonseca Frendy Stalin

C.C. 0503901555



## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“CONTROL DE TEMPERATURA MEDIANTE UN SISTEMA GEOTÉRMICO PARA UN INVERNADERO DE ALTURA”**, de **SÓPALO LLULLUNA EDISON SANTIAGO** y **TORRES FONSECA FRENDY STALIN**, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo 2022

El Tutor

Ing. Marrero Ramírez Secundino PhD.

C.C. 1757107907



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes **SÓPALO LLULLUNA EDISON SANTIAGO** y **TORRES FONSECA FRENDY STALIN** con el título de Proyecto de titulación “**CONTROL DE TEMPERATURA MEDIANTE UN SISTEMA GEOTÉRMICO PARA UN INVERNADERO DE ALTURA**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo 2022

Para constancia firman:

**Lector 1 (Presidente)**  
Nombre: Ing. Jessica Castillo MsC.  
CC: 0604590216

**Lector 2**  
Nombre: Ing. Diego Jiménez MsC.  
CC: 0503493702

**Lector 3**  
Nombre: Ing. Rommel Suárez MsC.  
CC: 1804165353

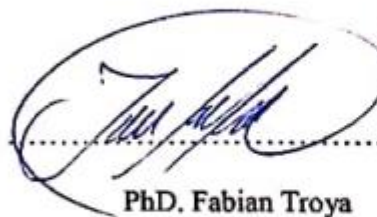


## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante el presente documento pongo a consideración que el Sr. **Sòpalo Llulluna Edison Santiago** y **Torres Fonseca Frendy Stalin** portadores de las cédulas de ciudadanía N° 1722957774 y N° 0503901555 estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la Carrera de Ingeniería Eléctrica realizaron el diseño e implementación de su propuesta tecnológica bajo el nombre de “**CONTROL DE TEMPERATURA MEDIANTE UN SISTEMA GEOTÉRMICO EN UN INVERNADERO DE ALTURA**”; trabajo que fue desarrollado de manera satisfactoria logrando obtener resultados positivos.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente documento en cuanto estime conveniente mientras se encuentre dentro del marco legal.

Atentamente:



PhD. Fabian Troya

C.C. 0501645568

DIRECTOR CEASA



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por guiarme día tras día por el mejor camino, por darme la oportunidad de cumplir cada una de mis metas establecidas, por permitirme ser una persona de bien y de disfrutar de los mejores momentos junto a mis seres queridos.

A mis padres Segundo Sópalo y María Llulluna, por haberme dado la vida y enseñarme a luchar por lo que uno se anhela, por sus sabios consejos son un ejemplo a seguir que ayudaron a formarme a lo largo de la vida, por sus palabras de aliento y motivación para cumplir mis sueños y por su apoyo incondicional a lo largo de mi formación académica.

A mi hermano Cristian Sópalo y hermanos quienes sin esperar nada a cambio con sus palabras de aliento y motivación me dan fuerzas para seguir adelante y superar cualquier problema.

**Santiago**

## **DEDICATORIA**

La culminación de mi carrera quiero dedicarlo a mi Familia, hermanos/a, cuñado, sobrinos Alejandro y Zooey, especialmente con todo mi amor a mis padres, por el sacrificio que realizaron por darme el apoyo económico, porque nunca me negaron nada, por sus consejos, pero sobre todo por el apoyo moral y por ayudarme hacer una persona responsable y de bien para la sociedad.

A Doctor Eduardo Armendariz, Susana Armendariz a quienes estimo tanto y a quien les debo su apoyo incondicional, por facilitarme los caminos para seguir, sin pedir nada a cambio y sin dudar de mi capacidad.

**Santiago**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por protegerme y ayudarme todo el tiempo, además de no abandonarme en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis amados padres Frendy Torres y Mayre Fonseca ya que sin ellos no hubiera sido posible alcanzar mi anhelado sueño de ser un profesional, ya que con sus sabios consejos han logrado hacer de mí una persona de bien y un luchador.

A mis hermanos Patricia, Darlinton y Dylan por apoyo incondicional y por alentarme a seguir cumpliendo mis sueños.

A mis abuelitos Efraín e Hilda que me han apoyado durante este proceso académico, gracias por su amor y comprensión.

**Frendy**

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto de tesis a mis padres, ya que con su ejemplo de esfuerzo y dedicación me han enseñado e inculcado grandes valores y que si se quiere algo se debe luchar hasta conseguirlo.

A mis hermanos por estar conmigo en momentos buenos y malos de mi vida universitaria, y por todas sus palabras de aliento.

**Frendy**

## RESUMEN

**TÍTULO:** “CONTROL DE TEMPERATURA MEDIANTE UN SISTEMA GEOTÉRMICO EN UN INVERNADERO DE ALTURA”

**Autores:**

Sópalo Llulluna Edison Santiago

Torres Fonseca Frendy Stalin

La implementación del sistema geotérmico para el control y monitoreo de temperatura se realizó en un invernadero de altura a 2 752 msnm, este proyecto aprovecha la inercia térmica proporcionada por el subsuelo mediante el pozo canadiense, para la refrigeración que se activa cuando en el interior del invernadero existe temperaturas altas y para la calefacción cuando existe temperaturas bajas en el horario de 01:00 a 06:00 am. El invernadero al estar ubicado en una zona de altura presenta variaciones drásticas como, por ejemplo: vientos fuertes, heladas, días calurosos, días nublados, el registro de datos se realizó en cada uno de estas condiciones climatológicas para saber cómo varía la temperatura, obteniendo un registró de datos de 38 °C en horas pico de 11:00 am a 14:00 pm, temprano en la mañana, la temperatura alcanza los 5°C cuando la temperatura es baja .Al estar trabajando en una zona de muy baja entalpia la temperatura del subsuelo es estable de 15 °C a 17 °C, el pozo canadiense está compuesto por una captación horizontal a 1.80 m de profundidad , para realizar el intercambio de calor, el aire recorre una distancia de 20 m atreves de la tubería, provocando así un intercambio de calor entre el aire que circula y la tierra que lo rodea, se obtuvo un control de temperatura en el interior de 2 °C a 3 °C tanto para calefacción y refrigeración, una limitación del proyecto es el área de construcción. Este sistema geotérmico presenta ventajas, no emiten gases de efecto invernadero, son amigables con el medio ambiente, el consumo de energía eléctrica es menor al de una calefacción convencional.

**Palabras Clave:** Intercambiador de calor, pozo canadiense, temperatura, calefacción, refrigeración.

## **ABSTRACT**

**TITLE:** “TEMPERATURE CONTROL, THROUGH A GEOTHERMAL SYSTEM INTO A HIGH GREENHOUSE”

**Authors:**

Sópalo Llulluna Edison Santiago

Torres Fonseca Frendy Stalin

The geothermal system implementation for temperature control and monitoring was performed into a greenhouse at 2,752 meters above sea level. This project takes advantage the thermal inertia, what provided by subsoil, through the Canadian well, for cooling, which is activated, when was found inside the greenhouse, there are high temperatures and for heating, when there are 01:00 to 06:00 am low temperatures. The greenhouse at being located in a height area presents drastic variations, such as: strong winds, frosts, hot days, cloudy days, the data recording was performed in each one these climatological conditions for knowing how varies the temperature, getting a 38°C data record into peak hours from 11:00 am to 02:00 pm, in the early morning, when there is frost, the temperature reaches 5 °C. At being working into a very low enthalpy zone, the subsoil temperature is stable from 15 °C to 17 °C, the Canadian well is made up a horizontal catchment at a 1.80 m depth, to perform the heat exchange, the air travels a 20 m distance, through the pipe, thus, causing a heat exchange between the circulating air and the surrounding land, it was got 2 °C to 3°C a temperature control inside, both heating and cooling, a project limitation is the construction area. This geothermal system has advantages, they do not emit greenhouse gases, are friendly to the environment, the electrical energy consumption is less, than, conventional heating.

**Keywords:** Heat exchanger, Canadian well, temperature, heating, cooling.

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al Idioma del proyecto de investigación cuyo título versa: **“CONTROL DE TEMPERATURA MEDIANTE UN SISTEMA GEOTÉRMICO PARA UN INVERNADERO DE ALTURA.”** Presentado por: **Sópalo Llulluna Edison Santiago** y **Torres Fonseca Frendy Stalin**, egresados de la Carrera de **Ingeniería Eléctrica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, 23 marzo del 2022

Atentamente,



Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
**CI: 0502666514**



## ÍNDICE GENERAL

1 ÍNDICE GENERAL .....	1
2 INTRODUCCIÓN.....	2
2.1 EL PROBLEMA .....	3
2.1.1 Situación Problemática .....	3
2.1.2 Formulación del problema.....	3
2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	3
2.3 BENEFICIARIOS .....	4
2.3.1 Beneficiarios directos .....	4
2.3.2 Beneficiarios indirectos .....	4
2.4 JUSTIFICACIÓN .....	4
2.5 HIPÓTESIS .....	4
2.6 OBJETIVOS .....	5
2.6.1 General.....	5
2.6.2 Específicos.....	5
2.7 SISTEMAS DE TAREAS.....	5
3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	7
3.1 Energías Renovables.....	7
3.2 Tipos de energías Renovables.....	7
3.2.1 Energía Solar .....	7
3.2.2 Energía hidroeléctrica.....	8
3.2.3 Energía Eólica.....	8
3.2.4 Energía mareomotriz .....	8
3.2.5 Energía Geotérmica .....	8
3.3 Historia de la Energía Geotérmica.....	8

3.3.1 Evaluación de temperaturas y presiones de un yacimiento .....	11
3.4 Entalpía.....	12
3.5 Clasificación de los yacimientos geotérmicos .....	13
3.5.1 Yacimientos geotérmicos de alta entalpía .....	13
3.5.2 Yacimientos geotérmicos de media entalpía .....	13
3.5.3 Yacimientos geotérmicos de baja entalpía .....	14
3.5.4 Yacimientos geotérmicos de muy baja entalpía .....	14
3.6 Baja entalpía .....	14
3.7 Fundamentos térmicos del terreno.....	16
3.8 Captación de energía geotérmica de baja entalpía.....	17
3.8.1 Captación Horizontal.....	17
3.8.2 Captación Vertical .....	17
3.9 Pozos Canadienses o provenzales.....	18
3.10 Criterios para diseñar un sistema de tubos enterrados.....	20
3.11 El uso del suelo - Beneficio de la inercia térmica.....	21
3.12 Propiedades geotérmicas del suelo .....	21
3.12.1 La conductividad térmica ( $\lambda$ ).....	22
3.12.2 Alta capacidad calorífica .....	22
3.13 Leyes de la Termodinámica.....	23
3.13.1 Primera Ley de la termodinámica.....	23
3.13.2 Segunda Ley de la termodinámica.....	23
4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
4.1 Tipos de investigación .....	23
4.1.1 Investigación Exploratoria.....	23
4.1.2 Investigación Descriptiva .....	24

4.1.3 Investigación de campo .....	24
4.1.4 Investigación experimental.....	24
4.2 Métodos de investigación .....	24
4.2.1 Método Analítico.....	24
4.2.2 Método de medición .....	24
4.3 Técnicas e instrumentación.....	24
4.3.1 Multímetro proskit Mt - 3108.....	25
4.3.2 Sensores .....	25
4.3.3 Logo 12 – 24RC 12/24 VDC 8DI - 4DO .....	25
4.3.4 Pantalla Logo TD Text display 6 line, 3 background colors 2.....	26
4.3.5 Señal analógica .....	26
4.3.6 Transmisor o acondicionador RTD PT100 de -50 a 100 °C, 0 - 10 V .....	27
4.3.7 Medición de temperatura.....	27
4.3.8 Selección del sensor de temperatura.....	27
4.3.9 Sensor Pt100.....	28
4.3.10 Conexión del Pt100 .....	28
5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	28
5.1 Ubicación del invernadero.....	28
5.2 Sistema radial .....	29
5.3 Sistema de control temperatura .....	33
5.4 Diseño de comunicación con el Logo 12 – 24RC 12/24VDC 8DI – 4DO.....	33
5.5 Diseño de comunicación para el logo TD Text display 6 line 3 background colors 2.....	33
5.6 Toma de datos de temperatura en el invernadero de altura .....	33
5.7 Temperatura dentro del pozo canadiense .....	35
5.8 Temperatura del invernadero Interior y Exterior del invernadero de altura.....	36

5.9	Temperatura interior en el invernadero de altura sin extractor - ventana cerrada.....	37
5.10	Temperatura interior del invernadero de altura sin extractor – ventana cerrada.....	38
5.11	Temperatura interna en el invernadero con extractor – ventana abierta.....	39
5.12	Temperatura invernadero de altura con extractor – ventana abierta .....	40
5.13	Temperatura invernadero de altura sin extractor - ventana cerrada .....	41
5.14	Temperatura ambiente invernadero con extractor - ventana cerrada .....	43
5.15	Temperatura de la tierra invernadero de altura sin extractor - ventana cerrada .....	44
5.16	Temperatura interior del invernadero de altura – exterior con extractor -ventana cerrada.....	45
5.17	Temperatura interior del invernadero de altura y de la tierra sin extractor - ventana cerrada.....	47
5.18	Temperatura del invernadero de altura con extractor – ventana abierta.....	48
5.19	Función de Transferencia del sistema con control .....	49
5.20	Diagrama de bloque del control de temperatura.....	51
5.20.1	Diagrama de bloques para el Sensor PT100.....	52
6	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS .....	52
6.1	Presupuesto .....	52
6.1.1	Valor actual neto (VAN) .....	55
6.1.2	Tasa interna de retorno (TIR) .....	55
6.1.3	Cantidad de la inversión .....	55
6.1.4	Ingresos.....	55
6.1.5	Egresos .....	55
6.1.6	Resultados considerando el VAN y TIR .....	56
6.2	Análisis de impactos .....	56
6.2.1	Impactos prácticos .....	56

6.2.2 Impactos tecnológicos .....	57
6.2.3 Impactos sociales .....	57
6.2.4 Impactos ambientales .....	57
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	58
7.1 Conclusiones .....	58
7.2 Recomendaciones .....	58
8 BIBLIOGRAFÍA .....	59
9 ANEXOS .....	1

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.3. Energía geotérmica .....	9
Figura 3.3.A. Temperatura según el nivel de reservorio geotérmico .....	12
Figura 3.6. Temperatura Terrestre .....	15
Figura 3.7. Variación de temperatura en la tierra en función de la profundidad.....	16
Figura 3.8.A. Captación horizontal de calor.....	17
Figura 3.8.B. Captación vertical de calor .....	18
Figura 3.9. Pozo canadienses o provenzales.....	18
Figura 3.9.A. Salida interior al Invernadero .....	19
Figura 3.9.B. Evacuación de Condensos dentro de la tubería .....	20
Figura 3.10. Diagrama del sistema .....	21
Figura 4.3.A. Multímetro Digital proskit Mt - 3108 .....	25
Figura 4.3.B. Esquema Logo .....	26
Figura 4.3.C. Tipos de circuitos de puente de Wheatstone a sondas de resistencia .....	28
Figura 5.1. Ubicación del Invernadero mediante OmsAnd.....	29
Figura 5.1.A. Invernadero de Altura.....	29
Figura 5.2. Cilindro hueco con condiciones superficiales convectivas .....	30
Figura 5.3. Circuito de resistencia.....	30
Figura 5.6. Registros de Temperatura interior en el Invernadero de altura.....	34
Figura 5.7. Temperatura en el Pozo Canadiense .....	35
Figura 5.8. Temperatura Interior y Exterior del invernadero de altura .....	36
Figura 5.9. Temperatura interior Invernadero de altura sin extractor y ventana cerrada .....	37
Figura 5.10. Toma de datos temperatura interior en el invernadero de altura en horas pico ...	38
Figura 5.11. Temperatura interior invernadero de altura con extractor y ventana abierta .....	39
Figura 5.12. Temperatura en el invernadero de altura con extractores activos y ventana abierta ...	40

Figura 5.13. Temperatura interior en el invernadero de altura en la madrugada .....	41
Figura 5.14. Temperatura en el invernadero de altura con extractor ventana cerrada .....	43
Figura 5.15. Temperatura interior del invernadero – Tierra.....	44
Figura 5.16. Temperatura interior invernadero de altura - exterior con extractor y ventana cerrada .....	45
Figura 5.17. Temperatura de la tierra – interior invernadero de altura sin extractor con la ventana cerrada .....	47
Figura 5.18. Temperatura del interior del invernadero de altura con extractor y la ventana abierta. ....	48
Figura 5.19. Función de transferencia del sistema con control .....	49
Figura 5.19.A. Curva de la función de transferencia.....	49
Figura 5.19.B. Polos y ceros del sistema de transferencia .....	50
Figura 5.19.C. Incorporación de un controlador PI al sistema.....	50
Figura 5.19.D. Estabilidad del sistema por medio del controlado PI .....	51
Figura 5.20. Diagrama de bloques.....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.4. Clasificación de la energía geotérmica según entalpía y tecnología empleada.....	13
Tabla 3.11.A. Tipos de suelo – Capacidad calorífica - Conductividad térmica.....	22
Tabla 4.3 .9. Relación de Sensores tradicionales según campo .....	27
Tabla 5.6. Rango de temperatura en el interior del invernadero de altura .....	34
Tabla 5.7. Rango de temperatura del Pozo Canadiense. ....	35
Tabla 5.8.A. Rango de temperatura exterior en el invernadero de altura.....	36
Tabla 5.8.B. Rango de temperatura interior en el invernadero de altura.....	37
Tabla 5.9. Rango de Temperatura interior invernadero de altura sin extractor con la ventana cerrada .....	38
Tabla 5.10. Rango de temperatura interior del invernadero de altura en horas pico.....	39
Tabla 5.11. Rango de temperatura interior en el invernadero de altura con extractor – ventana cerrada .....	40
Tabla 5.12. Rango de temperatura interior en el invernadero de altura con extractor – ventana abierta .....	41
Tabla 5.13. Registro de datos de temperatura inteior del invernadero de altura en la madrugada... ..	42
Tabla 5.14. Temperatura en el interior del invernadero de altura con extractor y ventana abierta... ..	43
Tabla 5.15. Rango de temperatura en el interior de la tierra .....	44
Tabla 5.15.A. Rango de temperatura interior del invernadero de altura .....	45
Tabla 5.16.A. Temperatura en el exterior del invernadero de altura.....	46
Tabla 5.16.B. Temperatura en el interior del invernadero.....	46
Tabla 5.17. Temperatura interior invernadero de altura sin extractor con la ventana cerrada .	48
Tabla 6.1. Gastos directos (Material eléctrico).....	52
Tabla 6.2. Gastos directos (Material tubería) .....	53
Tabla 6.3. Gastos indirectos (Materiales).....	54

Tabla 6.4. Resultados precio total .....	55
Tabla 6.5. Valores calculados VAN y TIR.....	56

## 1 ÍNDICE GENERAL

**Título:** Control de temperatura mediante un sistema geotérmico para un invernadero de altura.

**Fecha de inicio:**

Octubre 2021

**Fecha de finalización:**

Marzo 2022

**Lugar de Ejecución:**

Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache

**Facultad que auspicia:**

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería en Eléctrica

**Proyecto Macro Asociado:**

Invernadero inteligente con autonomía energética para cultivos de la familia de la Jícama.

**Equipo de Trabajo:**

**Tutor de Titulación:**

PhD. Marrero Ramírez Secundino

**Estudiante:**

Sópalo Llulluna Edison Santiago

Torres Fonseca Frendy Stalin

**Área de Conocimiento:**

07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0713 Electricidad y Energía.

**Línea de investigación:**

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Control y optimización en el uso de la energía del sector Industrial, Comercial y Residencial.

Grupos Temáticos:

1. Accionamiento eléctrico automatizado
2. Control y automatización de instalaciones Industriales
3. Electrónica Aplicada e Instrumentación Industrial

## 2 INTRODUCCIÓN

En la actualidad es indispensable la utilización de fuentes de energías renovables las cuales permitan una reducción del consumo de fuentes de energía convencionales que por lo general son combustibles fósiles entre los que destacan el petróleo, carbón y gas. Los cuales tienen un elevado precio en el mercado además de ser perjudiciales para el medio ambiente por la producción de gases de efecto invernadero.

Una de las fuentes de energía renovable es la geotermia, la cual está tomando una mayor fuerza a nivel mundial, ya que es un tipo de energía que se puede obtener en todas partes de la tierra por medio de pozos canadienses, esto conlleva a un sistema geotérmico el cual funciona las 24 horas del día, los 365 días del año [1].

La geotermia por lo general se lo utiliza de dos maneras, la primera se trata de aprovechar el calor de la tierra para poder generar energía eléctrica, esto se obtiene mediante el vapor que se encuentra en las rocas extremadamente calientes, con la cual se gira una turbina y se genera electricidad. La segunda aplicación tiene una gran variedad de utilizaciones como la calefacción, refrigeración de espacios en la industria [2].

En el país este tipo de energía es poco utilizada ya sea en balnearios o piscinas termales, por lo que la sociedad ecuatoriana no sabe mucho acerca de este tipo de energía. La geotermia de baja entalpía tiene una gran variedad de usos entre los cuales destacan criadero de peces, calefacción y refrigeración en las industrias [3].

El presente trabajo es el desarrollo teórico – práctico de un intercambio de calor mediante el sistema de pozos canadienses de energía geotérmica de baja entalpía, se logró mediante el intercambiador geotérmico que existe entre la tierra y aire, este sistema es amigable con el medio ambiente porque reduce las emisiones de CO<sub>2</sub>.

El estudio partió de la comparación de los datos obtenidos tanto en el sistema de tubos enterrados instalados insitu, como del cálculo de las ecuaciones mediante el Software Excel. La utilización de los tubos enterrados aprovecha las características del suelo, es decir la inercia térmica existente y su termodinámica de intercambio de calor [4].

## **2.1 EL PROBLEMA**

### **2.1.1 Situación Problemática**

En la actualidad el cambio climático tiene un gran impacto en las áreas agrícolas como por ejemplo existen fuertes lluvias, baja temperatura, heladas y vientos fuertes cada uno de estos factores contribuyen a que no exista una temperatura estable dentro del invernadero.

Los invernaderos están expuestos a un cambio de temperatura drástica debido al clima que existe en el ambiente, esto quiere decir que, si hay más calor, dentro del invernadero aumenta la temperatura, mientras que si existe frío, el invernadero disminuye la temperatura.

Existe un grupo limitado de profesionales que han desarrollado y utilizado nuevos sistemas de ahorro energético en la implementación de un invernadero, lo cual se ha dado por la creciente concienciación del cuidado del medio ambiente y por las exigencias medioambientales. Entre los sistemas desarrollados se tendrá “conductos enterrados”, o también llamados “pozos canadienses – pozos provenzales”, que generaron interés en la última década de los años setenta y primeros ochenta, aunque no alcanzaron una amplia aceptación.

Hoy en día la falta de un estudio adecuado del sistema de tubos enterrados, de hecho, un intercambiador geotérmico que asegura la función de climatización estival o invernal del aire de ventilación. El sistema consiste en hacer circular aire desde el exterior al interior del invernadero a través de conductos bajo tierra, que son los que permiten el intercambio de calor.

### **2.1.2 Formulación del problema**

¿Cuál será el aporte que hace el intercambiador de calor tierra – aire al invernadero de altura?

## **2.2 OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN**

Invernadero y la automatización para mejorar el desarrollo de las semillas ubicadas en la Provincia de Cotopaxi.

El campo de acción para el proyecto:

330000 Ciencias Tecnológicas / 3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas / 330607 Maquinaria Rotativa.

330000 Ciencias Tecnológicas / 3311 Tecnología de la Instrumentación / 331105 Equipos Eléctricos de Control.

330000 Ciencias Tecnológicas / 3311 Tecnología de la Instrumentación / 331101 Tecnología de Automatización.

## **2.3 BENEFICIARIOS**

### **2.3.1 Beneficiarios directos**

Los principales beneficiarios del presente proyecto son el propietario/a de invernadero los estudiantes y Docentes de la carrera de Agronomía.

### **2.3.2 Beneficiarios indirectos**

Serán las personas que consuman los productos cultivados en el invernadero.

Productores aledaños a la zona campus Salache que tengan invernaderos para que puedan adquirir propuestas de cómo mejorar las condiciones de su invernadero.

## **2.4 JUSTIFICACIÓN**

El proyecto resulta de la necesidad de buscar una alternativa que permitirá aprovechar la energía geotérmica que nos proporciona la tierra y así obtener un intercambiador de calor, el cual se produce del suelo de una forma dinámica para poder optimizar el aporte de la ventilación que se podrá obtener de los pozos provenzales.

Existen diversas maneras de poder climatizar un invernadero, pero sus costos son elevados los cuales afectaran directamente al productor, a partir de ello se buscó una alternativa con el fin de climatizar un invernadero pero utilizando recursos renovables, como por ejemplo aprovechar las tipologías del suelo es decir, su inercia térmica y su termodinámica de intercambio de calor, esto quiere decir que se aprovechará las características del suelo a fin de mantener la temperatura interior frente a los cambios exteriores.

Esta investigación se realizará con el fin dar a conocer la energía geotérmica de baja entalpía, ya que en el país no se sabe mucho a cerca del sistema de pozos canadienses en cual tiene múltiples usos como por ejemplo la ventilación de hogares, edificios y en la actualidad se ha integrado estos sistemas a la industria creando invernaderos que utilicen intercambiadores de calor para la ventilación del mismo.

Mediante este sistema se estará contribuyendo al medio ambiente, así como también al ahorro energético, todo esto haciendo uso de energía renovable, esta investigación beneficiará al sector agrícola, y a los productores.

## **2.5 HIPÓTESIS**

Si se implementa el sistema geotérmico a un invernadero se logrará controlar la temperatura en su interior.

## 2.6 OBJETIVOS

### 2.6.1 General

Implementar un sistema geotérmico para el control de temperatura mediante el método de pozo canadiense para un invernadero de altura en el periodo 2021 - 2022.

### 2.6.2 Específicos

- Revisar el estado del arte de la energía geotérmica aplicada a invernaderos de altura
- Dimensionar el sistema geotérmico para el intercambiador de calor tierra - aire para un invernadero
- Implementar el sistema geotérmico en un invernadero de altura
- Evaluar la operación del sistema geotérmico en el invernadero

## 2.7 SISTEMAS DE TAREAS

Objetivos específicos	Actividad	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Revisar el estado del arte de la energía geotérmica aplicada a invernaderos de altura.	Recopilación de información sobre la geotermia en el control de temperatura en Invernaderos de altura. Análisis de las variables para el control de temperatura en invernaderos. Investigación sobre el funcionamiento del pozo canadiense.	Obtención de conocimiento acerca de sistemas geotérmicos para el control de temperatura en invernaderos.	Paper publicados por la IEEE. Libros (Incropera 7th edición Ecuador 2013, Termodinámica - Cengel 7th.) Gestores Académicos (Google Académico)

<p>Dimensionar el sistema geotérmico para el intercambiador de calor tierra - aire para un invernadero.</p>	<p>Dimensionamiento del pozo canadiense, para mantener una temperatura ideal dentro del invernadero.</p> <p>Cálculo de flujo de calor que atravesara la tubería.</p> <p>Cálculo de la potencia para el extractor de calor.</p>	<p>Longitud de la tubería para obtener cierto nivel de temperatura.</p> <p>Obtención de la temperatura que llegará al invernadero.</p> <p>Extracción del flujo de aire que se encuentra en las tuberías.</p>	<p>Microsoft Excel.</p> <p>Extractor de aire.</p>
<p>Implementar el sistema geotérmico en un invernadero de altura.</p>	<p>Realización del pozo canadiense mediante una tubería de PVC.</p> <p>Programación para controlar los extractores de aire para el invernadero.</p> <p>Puesta en funcionamiento del sistema geotérmico.</p>	<p>Intercambiador de calor aire – tierra para el invernadero.</p> <p>Puesta en funcionamiento de los extractores, con el fin de verificar si extrae el aire del pozo canadiense.</p> <p>Comprobación del funcionamiento del sistema geotérmico y el aporte hace al invernadero</p>	<p>Microsoft Excel.</p> <p>Logo Soft Confort.</p> <p>Registro de datos de temperatura tanto en el interior y exterior del invernadero, así como también del pozo.</p>

<p>Evaluar la operación del sistema geotérmico en el invernadero.</p>	<p>Control de la temperatura en el invernadero.</p>	<p>Disminuir la temperatura en el interior del invernadero.</p>	<p>Logo Soft 8 Extractor de aire</p>
	<p>Análisis de datos del invernadero.</p>	<p>Comparar datos antes y después de implementar el sistema geotérmico al invernadero.</p>	<p>Microsoft Excel</p>
	<p>Evaluación costo beneficio entre un invernadero convencional y un invernadero que cuenta con un sistema geotérmico.</p>	<p>Identificar cuál de los invernaderos presenta ventajas económicas y ambientales.</p>	<p>Cálculo del valor actual neto y la tasa interna de retorno.</p>

### 3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1 Energías Renovables

Las energías renovables provienen principalmente de recursos naturales que son inagotables, no tienen impacto ambiental ya que no contienen gases de efecto invernadero.

Este tipo de energías son aquellas que aprovechan la energía solar, hidroeléctrica, eólica, mareomotriz, energía de la biomasa y energía geotérmica [5].

#### 3.2 Tipos de energías Renovables

##### 3.2.1 Energía Solar

Es aquella que aprovecha la radiación del sol para poder producir energía, esto se lo puede lograr mediante el uso de paneles fotovoltaicos o por medio de energía por concentración solar, para poder generar energía térmica.

### **3.2.2 Energía hidroeléctrica**

Este tipo de energía es aquella que aprovecha el agua en su caída, con ello se puede generar energía eléctrica, en la actualidad este tipo de energía es utilizada en mayor parte del mundo.

### **3.2.3 Energía Eólica**

Esta energía explota la energía cinemática del aire en movimiento, esto se lo logra mediante una turbina eólica instalados en tierra firme, en el mar. Este tipo de energía está siendo adoptado y comercializado a gran escala.

### **3.2.4 Energía mareomotriz**

Esta se obtiene por medio de energía potencial, cinética o térmica del mar ya puede ser transformada en energía eléctrica, energía térmica, existe una gran variedad de tecnologías para la obtención de este tipo de energía entre ellas destacan muros de contención de la amplitud de la marea, turbinas marinas, intercambiadores de calor para la conversión de energía térmica oceánica.

### **3.2.5 Energía Geotérmica**

Explota la energía térmica accesible en el interior de la tierra, para obtener esta energía se debe extraer el calor de reservorios geotérmicos mediante pozos, los reservorios se mantienen a la temperatura que la tierra les proporciona esto se puede utilizar para calefacción o refrigeración de viviendas [6].

## **3.3 Historia de la Energía Geotérmica**

La energía geotérmica es la energía que se puede obtener utilizando el calor del interior de la tierra. El término "geotermia" proviene de las palabras griegas geo (tierra) y thermos (calor); literalmente significa "el calor de la tierra". El interior de la tierra es muy caliente y la temperatura aumenta a medida que aumenta la profundidad. Por tanto, la capa profunda está a una temperatura elevada, y suele haber una capa sumergida a esa profundidad en la que se calienta el agua: al ascender, el agua caliente o el vapor producen fenómenos en la superficie, como géiseres o fuentes. En la actualidad, los avances en los métodos de perforación y bombeo han permitido desarrollar la energía geotérmica Figura 3.3, en muchas partes del mundo [7].



**Figura 3.3.** Energía geotérmica [8]

Existen diferentes tipos de áreas geotérmicas:

- Hidrotérmicos que contienen agua a alta presión y temperatura almacenada bajo la corteza de la tierra en una roca permeable cercana a una fuente de calor
- Estructuras de roca caliente, formados por capas de roca impermeable recubren un foco calorífico
- Fuentes de magma que ofrecen energía geotérmica de una elevada temperatura y cuyas manifestaciones naturales son fácilmente observables en géiseres y en aguas termales

La utilización de los recursos hidrotermales es mayor debido a la existencia de tecnologías de perforación y métodos de conversión de energía para generar electricidad o producir agua caliente para uso directo. En 1904, Larderello en Italia hizo el primer uso de la energía geotérmica para generar electricidad. Desde entonces, el uso de la energía geotérmica ha seguido creciendo en todo el mundo. Los usos médicos y turísticos son los usos más antiguos y tradicionales de esta energía. Además, es muy utilizada para la calefacción del hogar, la agricultura, la piscicultura y la industria, pero ¿cómo se crea la energía geotérmica? Para ello hay que tener en cuenta que la corteza no es lisa, se divide en 8 placas grandes y más de 20 placas pequeñas, que se empujan lentamente unas a otras, unos 5 a 10 centímetros por año, que es más o menos la misma. crece más que las uñas.

Cuando las placas se juntan, una puede deslizarse debajo de la otra, formando magma que a veces sube a la superficie para formar volcanes. En la mayoría de los casos, el magma no fluye hacia el exterior, pero puede calentar grandes áreas del subsuelo. Este magma fuente de calor es uno de los elementos principales de un sistema geotérmico, pero requiere más de dos para crear un depósito: un acuífero y un sello. Un acuífero es una formación rocosa que es permeable, es decir, permite el paso de agua u otros fluidos. El sello es otra capa de roca, pero impermeable. Los tres elementos deben instalarse uno encima del otro: la fuente de calor, encima del acuífero y encima de ellos, la cubierta. Es como una olla a presión. Cuando llueve, el agua circula por la superficie de la Tierra, filtrándose en el suelo a través de agujeros y escombros que actúan como verdaderos conductos.

El agua queda atrapada en el acuífero, donde circula y se calienta, pero no puede escapar por completo porque está cubierta por una capa de roca impermeable que impide su paso. Cuando se cumplen estas condiciones, nos encontramos frente a un yacimiento geotérmico. Los géiseres y las fuentes termales son algunos ejemplos de lo que sucede cuando parte de esta agua caliente o vapor sube a la superficie. Aunque a temperaturas superiores a 150 °C, se escapa algo de vapor, lo que lo convierte en una gran fuente de energía. En algunos casos, no existe una fuente de agua natural (como la lluvia o la nieve) para generar este circuito. En ese caso, el agua se puede inyectar manualmente, y el fenómeno es el mismo [9].

La Energía Geotérmica tiene diferentes orígenes, entre los que se destacan:

- Gradiente geotérmico: Una proporción en la que, a cierta distancia desde la superficie a nivel del mar, hacia el interior, se aumenta 1 °C
- Calor radiogénico: Relativo a la energía interna de la materia, generando calor por el decaimiento de distintos isótopos
- Yacimientos geotérmicos: Son puntos en el mapa donde encontramos una mayor temperatura, por cuestiones absolutamente naturales. Pueden ser zonas de grietas o roturas en las placas tectónicas, o zonas con actividad que causan terremotos, erupciones

Hay cuatro tipos de yacimientos:

- Yacimientos de alta temperatura: existe un foco de calor, donde el fluido se almacena a unos 100 °C. El foco está rodeado de roca permeable, que a su vez está rodeada por una capa de rocas que presenta grietas
- Yacimientos de baja temperatura: su temperatura se encuentra entre 100 °C – 60 °C

- Yacimientos de muy baja temperatura: por encima de 15 °C
- Yacimientos de roca caliente: son rocas que se encuentran entre 5 y 8 kilómetros bajo tierra

Uno de los principales puntos calientes de la Tierra se encuentra en la Cuenca del Pacífico, un área conocida como el "Anillo de Fuego" debido a la cantidad de volcanes. También en Alaska, California, Oregón, Nevada e Islandia. Sin embargo, la energía geotérmica cubre toda la superficie de la Tierra, y hay lugares con más calor y lugares con menos calor. Entonces, por ejemplo, para alimentar una casa, no necesita pasar por un punto de acceso, simplemente cava lo suficientemente profundo.

Las principales aplicaciones de la energía geotérmica se encuentran en la vida cotidiana: ya sea en grandes edificios (oficinas, fábricas, hospitales.) o en viviendas, la climatización y el acceso al agua caliente son ecológicamente posibles. Los recursos geotérmicos de alta temperatura (más de 100 °C a 150 °C) se utilizan para la generación de energía, mientras que los recursos geotérmicos más fríos son más adecuados para los sectores industrial, de servicios y residencial.

### **3.3.1 Evaluación de temperaturas y presiones de un yacimiento**

Al explorar los recursos geotérmicos, se debe considerar que la primera medida básica para determinar su utilidad es determinar su temperatura. Si hay alta temperatura en el depósito. En situaciones donde el fluido geotérmico asciende y se descarga a la superficie, es muy útil utilizar ciertas herramientas llamadas geotermómetros químicos. Termómetro de tierra (IIE) que puede distinguir componentes catiónicos. Las pruebas de presión pueden hacer planes de emergencia, porque se reconoce que las características físicas del yacimiento "inyectar o extraer fluido de pozos activos (estimuladores del sistema) provocará la propagación de cambios en la presión del yacimiento. El desarrollo de este cambio se registra en uno o más de los denominados pozos de observación. Estas observaciones se utilizan para prevenir accidentes hidrológicos y pérdidas de presión.

El sistema geotermal se divide en 4 tipos de reservorios, estos reservorios se clasifican principalmente de acuerdo a su temperatura, entre otras cosas, esto permite entender el uso real en el desarrollo del sistema. Cada reservorio geotérmico tiene condiciones específicas que son fáciles de entender, como características geológicas, niveles de temperatura Figura 3.3.A, escenarios y características ambientales [10].



**Figura 3.3.A.** Temperatura según el nivel de reservorio geotérmico [10]

### 3.4 Entalpía

La entalpía, que puede considerarse más o menos proporcional a la temperatura, se utiliza para expresar la cantidad de calor (energía térmica) contenida en el fluido y para dar una idea aproximada de su valor. Según la Real Academia Española, la entalpía es el tamaño termodinámico de un objeto, igual a la suma de su energía interna más el producto de su volumen y presión externa [7].

Además, se puede expresar como la energía térmica que un fluido puede intercambiar con su entorno. Se expresa en kJ / kg o kcal / kg.

Dado que no existe un dispositivo para determinar directamente la entalpía del fluido en el subsuelo, pero si existe una sonda térmica para medir la temperatura, y dado que se puede considerar que la entalpía es más o menos proporcional a la temperatura, la práctica habitual ha sido resumido como usar la temperatura del fluido geotérmico en lugar de su calor, porque después de todo, la temperatura determina sus futuras aplicaciones industriales.

El uso directo del calor es una de las formas más antiguas, versátiles y comunes de utilizar la energía geotérmica. Esta energía tiene muchos usos actuales y futuros en todo el mundo, algunos de los cuales se utilizan para calefacción, agricultura, acuicultura e industriales para el medio ambiente y comunidades enteras [4].

Además de conceptos relacionados con la energía geotérmica, corresponden a la energía geotérmica de alta entalpía, debido a que esta es la más conocida, y por ende aprovechada, a nivel mundial. A continuación, se describe la misma a fines de terminar de comprender el concepto de energía geotérmica y poder discriminar entre las dos grandes clasificaciones (y usos): alta y baja entalpía, y finalmente dedicarnos íntegramente a las investigaciones realizadas, las cuales corresponden a la rama de la geotermia de muy baja entalpía [11].

Por su temperatura o entalpía la energía geotérmica se puede encontrar de la siguiente manera de la Tabla 3.4.

**Tabla 3.4.** Clasificación de la energía geotérmica según entalpía y tecnología empleada [7]

Tipo de Yacimiento	Rango de temperatura °C	Uso Principal	Tecnología
Muy baja entalpía	5 a 25	Climatización	Bomba de calor
Baja entalpía	25 a 100	Balnearios, Climatización	Bomba de calor. Uso directo
Media entalpía	100 a 150	Electricidad	Ciclo Binario
Alta entalpía	mayor a 150	Electricidad	Ciclo Binario, uso combinado

### 3.5 Clasificación de los yacimientos geotérmicos

Los Yacimientos geotérmicos se categorizan usualmente considerando el nivel energético de los fluidos y sus posibles formas de utilización. No existe un orden adecuado con respecto a los límites de inicio y fin en un recurso de alta, mediana, baja o muy baja entalpía.

#### 3.5.1 Yacimientos geotérmicos de alta entalpía

Formado por vapor seco o una mezcla de agua y vapor, donde la fuente de calor permite que el fluido bajo condiciones de alta presión y alta temperatura, las propiedades termodinámicas se pueden utilizar básicamente para la generación de energía. Su temperatura está por encima de los 150 °C. Están ubicados en áreas geográficas con altos gradientes geotérmicos, con profundidades entre 1 500 – 3 000 metros, los recursos de roca seca caliente son un ejemplo de tales depósitos.

#### 3.5.2 Yacimientos geotérmicos de media entalpía

Están ubicados a una profundidad inferior a los 1 000 metros y en zonas con altos gradientes geotérmicos. Su temperatura oscila entre los 90 °C y 150 °C. Se utilizan en centrales eléctricas

con ciclos binarios mediante el uso de fluidos intermedios con temperaturas de vaporización más bajas. También se pueden utilizar con fines térmicos para calefacción y refrigeración en sistemas urbanos y procesos industriales.

### **3.5.3 Yacimientos geotérmicos de baja entalpía**

Su temperatura oscila entre 30 °C y 90 °C, están ubicados en áreas con gradientes geotérmicos normales. Su uso se basa en sistemas de calefacción y aire acondicionado urbanos y el aprovechamiento del calor en diferentes procesos industriales. El fluido geotérmico rara vez se usa directamente, y lo más común es usar su energía a través de intercambiadores de calor o bombas de calor.

Tipo de suelo arenoso con una capacidad calorífica de 1,26 J/cm<sup>3</sup>\*s y una conductividad térmica de 0,003 J/°C\*s.

### **3.5.4 Yacimientos geotérmicos de muy baja entalpía**

La energía almacenada en el suelo o las aguas subterráneas cuando la temperatura es inferior a 30 °C. Casi toda la superficie de la tierra constituye una enorme reserva de recursos geotérmicos de baja entalpía. El aporte energético de los sistemas de ventilación, calefacción y refrigeración de lugares y / o procesos donde se utilizan o no bombas de calor [12].

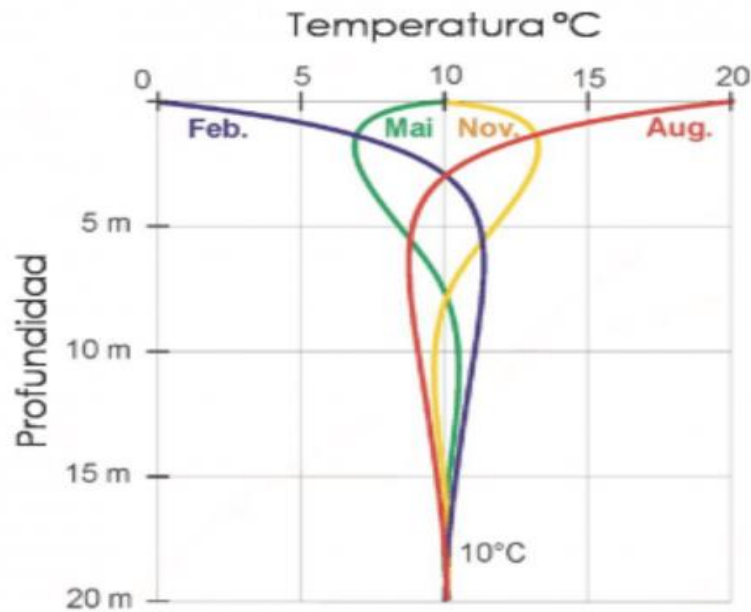
## **3.6 Baja entalpía**

La energía geotérmica de baja entalpía o también conocida como somera es aquella energía la cual se puede aprovechar para la climatización tanto residencial como comercial, esto se lo logra mediante el uso de bombas de calor o también por medio de tecnología de intercambio de calor como lo son los pozos canadienses.

Este término se lo puede encontrar en la literatura como geotermia solar, esto se usa para definir la geotermia de baja entalpía debido a que el sol calienta a la capa terrestre por lo que se considera un aporte de energía propia del sol [1].

Una de las ventajas de la baja entalpía es que se la puede obtener en cualquier sitio de la corteza terrestre, ya que a cierta profundidad la tierra mantiene una temperatura constante esta se encuentra alrededor de los 5 °C hasta los 30 °C, esta temperatura dependerá de la zona [13].

Mediante un estudio que se realizó en diferentes épocas del año para saber cómo se comporta la temperatura en diferentes zonas a lo largo del año se logró obtener la siguiente curva de la Figura 3.6.:



**Figura 3.6.** Temperatura Terrestre [14]

**Azul:** En invierno, a medida que profundizamos, la temperatura va aumentando hasta alcanzar un valor fijo de 10 °C.

**Roja:** En verano ocurre lo contrario; a medida que profundizamos la temperatura desciende hasta los 10 °C.

**Verde y Amarilla:** En primavera y otoño las variaciones son menores, llegando a alcanzar, en profundidad, el mismo valor de 10 °C [14].

Se debe tener en cuenta que la superficie de la tierra recibe el sol a cada instante en forma de calor  $2 \times 10^{17}$ J, por lo que usar esta técnica es positiva ya que se aprovecha la energía de fuentes renovables que evitan la liberación de CO<sub>2</sub> al medio ambiente.

La energía geotérmica que se encuentra a pocos metros del suelo oscila entre 3 °C a 15 °C así que con esta temperatura tiene un potencial apto para utilizarla como energía térmica, para poder obtener la temperatura de la tierra se debe tener en cuenta la estabilidad térmica del suelo en pequeñas profundidades, el límite está por los 400 m de profundidad.

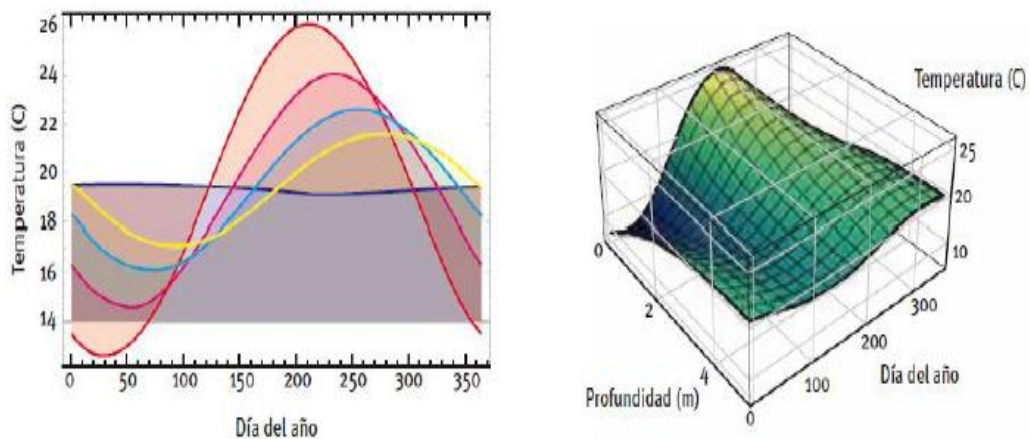
En la mayor parte de la corteza terrestre la tierra contiene un sin fin de yacimientos de recursos energéticos de muy baja temperatura, esta se ve interrumpida por la presencia de agua continental o marina, de otro punto de vista se puede decir que la tierra funciona como un acumulador de energía solar [13].

En la actualidad este tipo de tecnologías son más utilizadas para la calefacción de casas, pero en la agricultura se lo utiliza mayormente para la calefacción de invernaderos, esto se debe a que en lugares de altura la temperatura no es constante en el tiempo, esto afecta directamente a la producción.

### 3.7 Fundamentos térmicos del terreno

La energía calorífica aportada diariamente por el sol presenta precipitaciones y otros efectos atmosféricos, los cuales son transferidos a la tierra en el cual se produce un equilibrio térmico, este equilibrio de temperatura se da a una cierta profundidad (1,8 metros).

A esta profundidad la temperatura suele mantenerse constante, para poder lograr aumentar la temperatura del terreno haría falta tener una profundidad mayor, ya que el calor es directamente proporcional a la profundidad, entre más profundidad más calor existirá, además se debe tener en cuenta el tipo de suelo que se tenga entre ellos resalta su conductividad, difusividad, calor específico.



**Figura 3.7.** Variación de temperatura en la tierra en función de la profundidad [15]

Como se puede observar en la Figura 3.7., en la izquierda se presenta la evolución estacional durante un año, a diferentes profundidades bajo la tierra en la cual se aprecia que, a una mayor profundidad, la amplitud de las oscilaciones térmicas decrece y sus máximos y mínimos se van desfasando.

La curva de color rojo representa la oscilación natural, esta se encuentre inmediatamente bajo la superficie, mientras que el color concho de vino, celeste y amarillo representa la temperatura a 1 m, 2 m, 3 m respectivamente. En la figura derecha se tiene una representación tridimensional que se obtiene por medio de varias profundidades, el cual nos dice que se tenemos un aumento en la profundidad de la tierra la temperatura se va amortiguando hasta hacerse constante.

### 3.8 Captación de energía geotérmica de baja entalpía

Como se sabe la geotermia es una fuente de energía renovable que está al alcance de cualquier persona durante cualquier época del año, una de las formas más habituales que se utiliza para aprovechar este tipo de energía es colocar captadores de energía (tubos), los cuales hacen circular un líquido o fluido, comúnmente se utiliza agua con anticongelante el cual al ponerse en contacto con el suelo capta la energía, esto se da debido a la diferencia de temperatura entre el fluido y el terreno [15].

#### 3.8.1 Captación Horizontal

Este tipo de captación consiste en hacer perforaciones en la tierra como tipo de zanja en las cuales se colocan los captadores de energía como se puede observar en Figura 3.8.A., estos pueden ser enterrados desde 0,6 m hasta 1,8 m de profundidad, una desventaja de utilizar este tipo de captación es que se requiere una gran cantidad de terreno para poder hacer la excavación, además de no sembrar nada a sus alrededores, ya que las raíces de las plantas pueden romper a los captadores de calor [7].



**Figura 3.8.A.** Captación horizontal de calor [16]

#### 3.8.2 Captación Vertical

En la Figura 3.8.B., se puede observar este tipo de captación consiste en hacer perforaciones en la tierra desde los 50 m hasta los 200 m de profundidad, una de las ventajas que presenta este tipo de captación es el poco espacio que se ocupa y una estabilidad térmica, pero además presenta una desventaja y es que su excavación es muy demorada y costosa [7].



**Figura 3.8.B.** Captación vertical de calor [16]

### 3.9 Pozos Canadienses o provenzales

Se los puede definir como un sistema de intercambio de energía entre el aire y la tierra, este tipo de sistema consta de un tubo que tiene una salida al interior del ambiente el cual se va a climatizar y otra al exterior.



**Figura 3.9.** Pozo canadienses o provenzales

En la Figura 3.9., se puede apreciar la construcción del pozo canadiense, en el cual se utilizó un tipo de captación horizontal, además de contar con una inclinación de 5 °C.



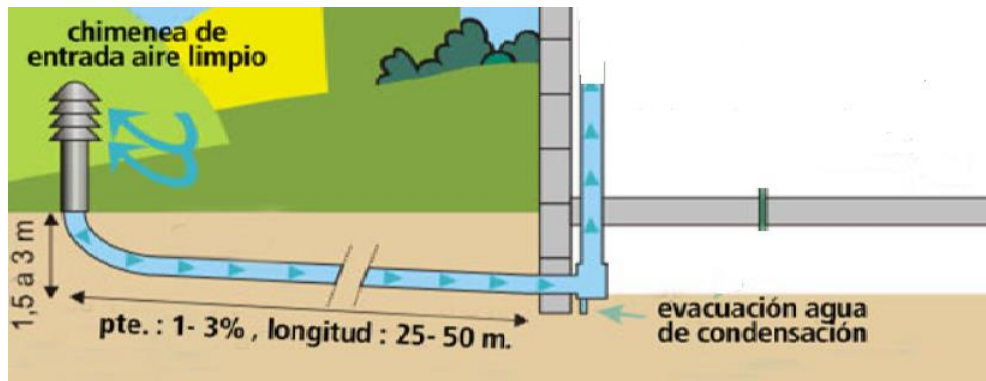
**Figura 3.9.A.** Salida interior al Invernadero

Como se puede observar en la Figura 3.9.A., se puede notar que el tubo se encuentra en contacto con la tierra, por medio del cual se va a extraer el aire desde el interior de la tubería, el aire que pasa por la tubería se irá calentando o enfriando dependiendo del periodo en el que se encuentre. Los provenzales en otros países se los ha utilizado comúnmente para un sistema de refrigeración en el hogar, el cual consiste en ingresar el aire de una manera forzada al interior de la tubería, los cuales se encuentran a una diferente temperatura para posteriormente ser enviados al lugar que se va a climatizar. Cabe mencionar que al implementar este tipo de tecnología se va a tener un sistema de calefacción o de refrigeración durante todo el año, el único requisito que se debe tener es una diferencia de temperatura en el ambiente externo, como en el interior de la tubería [13].

El implementar un pozo canadiense para un sistema de calefacción o de refrigeración presenta sus ventajas entre las que destacan:

- Requiere de poca inversión
- Poco mantenimiento
- Sistema duradero
- Es amigable con el medio ambiente
- No emite CO<sub>2</sub>

En la Figura 3.9.B., se puede observar para el buen funcionamiento del pozo canadiense se debe verificar que a las entradas no llegue el agua, polvo, insectos, roedores ya que así estaremos dejando el paso libre para el aire y para que cumpla normalmente con su función, también es importante que en la tubería se tenga una inclinación entre 1 y 2 grados, esto se lo realiza con el fin de que la tubería no se llene de agua ya que por el calor que aporta la tierra, la tubería tiende a sudar y puede llegar a ocasionar un taponamiento de la misma [17].



**Figura 3.9.B.** Evacuación de Condensos dentro de la tubería [17]

### 3.10 Criterios para diseñar un sistema de tubos enterrados

Para tener un buen proyecto se considerará los siguientes criterios:

Según el espacio a ventilar o climatizar hay que diseñar el uso que queramos darle al sistema "Aire acondicionado" (cálculo de carga).

- Fijar el flujo de aire requerido
- Considerar la temperatura promedio del sector
- Definir las características técnicas del material de la tubería a utilizar
- Tipo de suelo donde se va desarrollar el proyecto
- Cálculo de la longitud requerida de la tubería en metros con un método de simulación dinámica tomando en cuenta los valores que da el fabricante en los cálculos de simulación

Una reducción de temperatura del flujo de aire será mayor si se toma en cuenta lo siguiente:

- Cuanto mayor sea la distancia de recorrido de aire en el tubo
- Cuanto menor sea el diámetro del tubo
- Reducir la velocidad del aire en la tubería
- Cuanto mayor sea la diferencia de temperatura

En la Figura 3.10., se observa la utilización de tuberías enterradas es parte fundamental, aspectos a tomar como el tamaño de la propiedad, tipo de terreno que implicara directamente en la facilidad de incorporar tubos a diferentes profundidades y con la extensión adecuada.

Hay que tomar en cuenta que existan condiciones de flujo dentro del tubo, flujo turbulento o laminar según los metros de tubería instalada y la duración de flujo suficiente para lograr un intercambiador de calor entre el aire inhalado y el subsuelo. Una prioridad es la velocidad del aire en el tubo de intercambio de calor aire - suelo. En donde se encuentre el sistema instalado varios expertos aseguran que debe estar entre 1 y 4 m/ s [4].

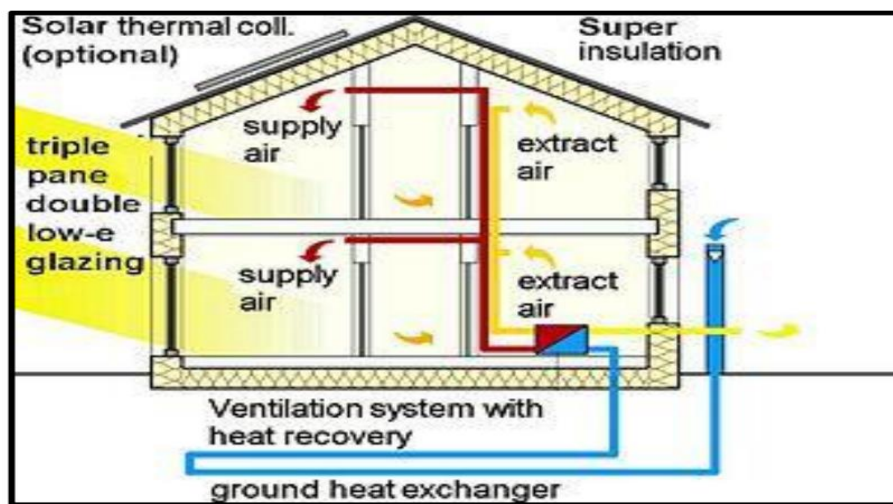


Figura 3.10. Diagrama del sistema [4]

### 3.11 El uso del suelo - Beneficio de la inercia térmica

Los intercambiadores de calor suelo - aire, como las tuberías enterradas, son la mejor opción porque pueden aprovechar la inercia térmica diaria y estacional que existe en el suelo. Utiliza las propiedades del suelo para mantener la temperatura interna en respuesta a las perturbaciones que se producen en los cambios externos. Consigue una temperatura constante de 15 °C en cualquier parte del mundo, de día o de noche, invierno o verano.

### 3.12 Propiedades geotérmicas del suelo

La energía geotérmica es el uso de tuberías enterradas como base para los sistemas de aire acondicionado porque permite que el suelo se utilice como sistema de intercambio de calor. Las propiedades térmicas del suelo se ven afectadas por el contenido volumétrico de agua, la fracción de volumen de aire y la fracción de volumen de sólidos del suelo, pero también están relacionadas con la profundidad. Estudios han demostrado que a mayor profundidad mayor temperatura (2 000 m - 100 °C). En los sistemas de tubos enterradas, el trabajo se realiza a

profundidades operativas y el suelo se mantiene a una temperatura constante durante todo el año. Un estudio de Kusuda, EE. UU. (1 965) determinó que la temperatura ya no cambia a profundidades superiores a los 2 m, correspondientes a la temperatura media anual. La transferencia de calor dentro de un medio como el suelo, se define por dos propiedades: la conductividad térmica y la capacidad calorífica, que son fundamentales para el funcionamiento del pozo.

### 3.12.1 La conductividad térmica ( $\lambda$ )

Las propiedades inherentes del suelo están relacionadas con su capacidad para conducir el calor y el movimiento de la energía térmica en el suelo. El calor se mueve de regiones calientes a regiones más frías y se distribuye para alcanzar el equilibrio, donde el equilibrio se distribuye por toda la sustancia. Cuando la conductividad térmica del suelo es alta, la temperatura de la superficie cambia menos y aumenta con el contenido de agua. Por lo tanto, las arcillas húmedas tienen mejor conductividad térmica que los suelos duros. Suelos rocosos, arenosos o volcánicos que, por el tamaño de las partículas que los componen, crean vacíos y producen un menor intercambio de calor.

### 3.12.2 Alta capacidad calorífica

La temperatura cambia sin cambiar la fase, la propiedad térmica del suelo es almacenar calor, pero se ha observado que es un buen acumulador de calor. Teniendo en cuenta estas dos características, se puede determinar que, a cierta profundidad, la penetración y el enfriamiento del suelo son lentos. En la Tabla 3.11.A., se determina la relación entre diferentes tipos de suelos y la conductividad térmica y la capacidad calorífica.

**Tabla 3.11.A.** Tipos de suelo – Capacidad calorífica - Conductividad térmica [4]

<b>Material</b>	<b>Capacidad Calorífica ( J /cm<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Conductividad Térmica (J /°C/s)</b>
Suelos arenoso húmedo	1,68	0,017
Arena	1,26	0,003
Arcilla	1,26	0,0025
Orgánico	2,39	0,0126
Nieve compacta	0,92	0,0029

Como se mencionó anteriormente, el suelo tiene la capacidad de conservar el calor, es decir tiene una gran inercia térmica entonces el suelo se utiliza como regulador de calor para edificios, casas. Al comprender las características del suelo, el sistema se basa en un fenómeno físico al saber que solo se necesitan unos minutos para que el aire pase a través del equipo (tubería), con la temperatura adecuada dependiendo de la época del año [4].

### **3.13 Leyes de la Termodinámica**

Las leyes de la termodinámica son importantes debido a que es necesario entender cómo es posible el intercambio de calor entre el aire que recorre la tubería y el suelo.

#### **3.13.1 Primera Ley de la termodinámica**

También conocida como la ley de la conservación de la energía que fue propuesta por Antonio Lavoisier, nos dice que, si un sistema intercambia calor con otro, la energía interna cambiara, de ello se puede decir que el calor es una energía necesaria para así poder compensar la diferencia de energía entre la tierra y la tubería.

#### **3.13.2 Segunda Ley de la termodinámica**

Esta ley es aquella que regula la dirección con la que deben llevarse a cabo todos los procesos termodinámicos, esto quiere decir que no puede ocurrir el proceso de manera contraria, además esta ley menciona que al convertirse de la energía de un tipo a otro de energía va a existir pérdidas [13].

La segunda ley impone que existen restricciones para la transferencia de energía que hipotéticamente podrían llevarse a cabo, la transferencia de energía puede darse por diferentes procesos como:

- Conducción
- Convección
- Radiación Térmica

## **4 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1 Tipos de investigación**

#### **4.1.1 Investigación Exploratoria**

Mediante este tipo de investigación se pretenderá tener una visión general de cómo se va a desarrollar el proyecto, como por ejemplo el área en la cual se va a desarrollar el invernadero, lo equipos electrónicos que son necesarios para el sistema de refrigeración, además de darnos

una mejor vista de campo para poder identificar en donde se van a colocar todos los equipos como ventilador, extractor, sensor de temperatura.

#### **4.1.2 Investigación Descriptiva**

En un estudio descriptivo se seleccionan una serie de cuestiones, conceptos o variables y se mide cada una de ellas independientemente de las otras, con el fin, precisamente, de describirlas [18].

#### **4.1.3 Investigación de campo**

Consiste en buscar información para poder solucionar el problema que se tiene en la zona, para ello es necesario recurrir a la zona para constatar el problema y dar una solución la cual debe ser eficiente y de calidad, en este caso particular se encuentra en Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache en un invernadero de altura.

#### **4.1.4 Investigación experimental**

A través de la gestión de los datos de temperatura del invernadero obtenido, se utilizarán para controlar automáticamente, con el fin de desarrollar el mejor sistema que se pueda utilizar [19].

### **4.2 Métodos de investigación**

#### **4.2.1 Método Analítico**

Procedimiento que consiste en diferenciar y distinguir los elementos de un fenómeno para poder revisarlos ordenadamente, cada uno por separado. Para la medición se utilizarán diferentes sensores de medición de temperatura en la tubería y el invernadero, a través de los cuales obtendremos una base de datos de la temperatura.

#### **4.2.2 Método de medición**

Mediante este método se obtendrá datos técnicos los cuales se encuentran en el entorno del proyecto entre los cuales destacan la velocidad del viento en m/s, la temperatura tanto de la tubería, como el interior y exterior del invernadero, con el fin de poder dar un análisis de cómo influye un sistema de pozos canadiense en la refrigeración de un invernadero.

### **4.3 Técnicas e instrumentación**

Es el conjunto de medios e instrumentos a través de las mediciones del sensor de temperatura se puede determinar la probabilidad del rango mínimo y máximo que puede alcanzar el

invernadero, al extraer el aire de la tubería podemos obtener una temperatura adecuada, el fin de determinar un rango óptimo que debe mantener [20].

#### 4.3.1 Multímetro proskit Mt - 3108

Un multímetro es un instrumento que puede medir directamente la energía activa, como Diferencia de corriente y potencial o pasiva, como resistencia, capacidad

. Puede medir corriente continua o corriente alterna.



**Figura 4.3.A.** Multímetro Digital proskit Mt - 3108

Características principales del equipo de la Figura 4.3.A.,:

- Gran pantalla con retroiluminación para trabajar en lugares poco iluminados
- Resistencia y continuidad
- Voltaje máximo CA/CC de 600 V
- Medida de corriente CA/CC de 10 A (sobrecarga de 20 A durante 30 segundos como máximo)

#### 4.3.2 Sensores

Un sensor es un dispositivo que puede detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos dispositivos pueden convertir cantidades físicas o químicas en electricidad [19].

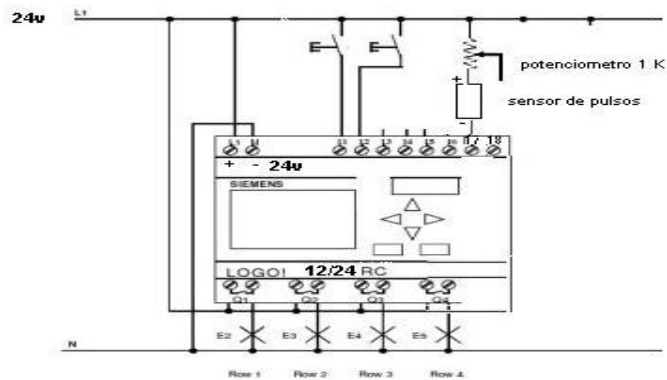
#### 4.3.3 Logo 12 – 24RC 12/24 VDC 8DI - 4DO

Es un módulo lógico programable, en otras palabras, es un controlador programable que permite operar máquinas sin la intervención humana, para lograr esto es necesario programar al logo con una tarea específica [21].

En la Figura 4.3.B., se observa la función es de la siguiente manera al Logo se le da como datos unas variables de entrada (serie de señales) las cuales se procesan en el programa para posteriormente dar datos de salida, estos serían los resultados del programa [21].

Además de ser un equipo con una amplia gama de utilidades presenta ciertas ventajas que nos permitirán optar por trabajar con este tipo de dispositivo entre los cuales tenemos:

- Precios asequibles
- Flexibilidad y versatilidad al momento de programar
- Fácil mantenimiento
- Se puede añadir entradas y salidas



**Figura 4.3.B.** Esquema Logo [21]

#### 4.3.4 Pantalla Logo TD Text display 6 line, 3 background colors 2

La pantalla TDE es un equipo de complemento al PLC Logo que sirve para monitorear y operar directamente con la CPU del PLC logo teniendo acceso a las señales analógicas, digitales y marcas, en el display del logo podemos monitorear nuestro sistema [21].

#### 4.3.5 Señal analógica

Una señal analógica es una señal que cambia continuamente, como las cantidades físicas que existen en la naturaleza: luz, sonido, temperatura, tiempo. Estas señales toman diferentes valores instantáneos en cada período de tiempo, así que toman valores infinitos en el intervalo de tiempo, así mismo la señal eléctrica tomará valores infinitos en este intervalo. En resumen, la señal analógica se reproducirá de la magnitud física que proviene [19].

#### 4.3.6 Transmisor o acondicionador RTD PT100 de -50 a 100 °C, 0 - 10 V

El circuito de acondicionamiento industrial RTD o PT100 para Logo teniendo en cuenta un rango de medición de -50 °C a 100 °C, voltaje de alimentación 24 VDC es por tanto el circuito que necesitamos para obtener la lectura del sensor. Al tratarse de un sensor resistivo [19].

#### 4.3.7 Medición de temperatura

La temperatura de un objeto es una medida de la energía asociada con el movimiento caótico de las partículas que componen el objeto. Si se proporciona energía a un objeto en forma de calor, la velocidad de sus partículas aumentará, lo que provocará un aumento de la temperatura del objeto. Si un objeto cede energía, la velocidad de sus partículas disminuirá y su temperatura también disminuirá.

#### 4.3.8 Selección del sensor de temperatura

Para poder seleccionar un equipo que mida la temperatura se debe tener varias consideraciones como por ejemplo el rango de temperatura a la cual se va a operar, la precisión, velocidad de respuesta el entorno y la rentabilidad.

En la Tabla 4.3.9., se observa los tipos de sensores por lo general se vuelven tradicionales para un campo a pesar de que realmente no sea el apropiado [22].

A partir de ello se identificó que el sensor más apropiado es el Pt 100 debido a que se lo puede utilizar tanto para la calefacción como para la refrigeración, también se tomó en cuenta los rangos de temperatura a los cuales opera el sensor.

**Tabla 4.3.9.** Relación de Sensores tradicionales según campo [23]

<b>Campo</b>	<b>Sensores Tradicionales</b>
Investigación Agrícola	Termistor, Termopar tipo T, Semiconductor
Automóvil	Termistor, Pt 100, Bimetalico
Procesos químicos y de los materiales	Pt 100, Termopar
Criogénicos	Resistencia de óxido de metal
Investigación Ambiental	Termistor, Termopar tipo T, Pt 100, Semiconductor
Industria General	Pt 100
Educación, pasatiempos	Semiconductor, Termistor, Termopar tipo T
Calefacción, ventilación y aire acondicionado	Ni1000, Termistor, Pt 100
En productos mano facturados	Semiconductor, Termistor, Pt 100
Metalúrgica	Termopar tipo K o N

### 4.3.9 Sensor Pt100

El Pt100 es un sensor de temperatura que consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica. El incremento de la resistencia no es lineal [19].

### 4.3.10 Conexión del Pt100

Para conectar las sondas de resistencia por lo general se utilizan puentes Wheatstone o también conocidos como circuitos digitales para medir resistencia.

En la Figura 4.3.C., se observa el puente Wheatstone está conformado por un rectángulo de resistencias cuyos extremos opuestos están conectados a una fuente de tensión constante y otra a un galvanómetro, cuando existe una variación de resistencia esta es detectada por el galvanómetro, este tipo de puente está configurado para estructuras de 2, 3 y hasta de 4 hilos, esto dependerá de la conexión de la sonda de resistencia que se conecte al puente [19].

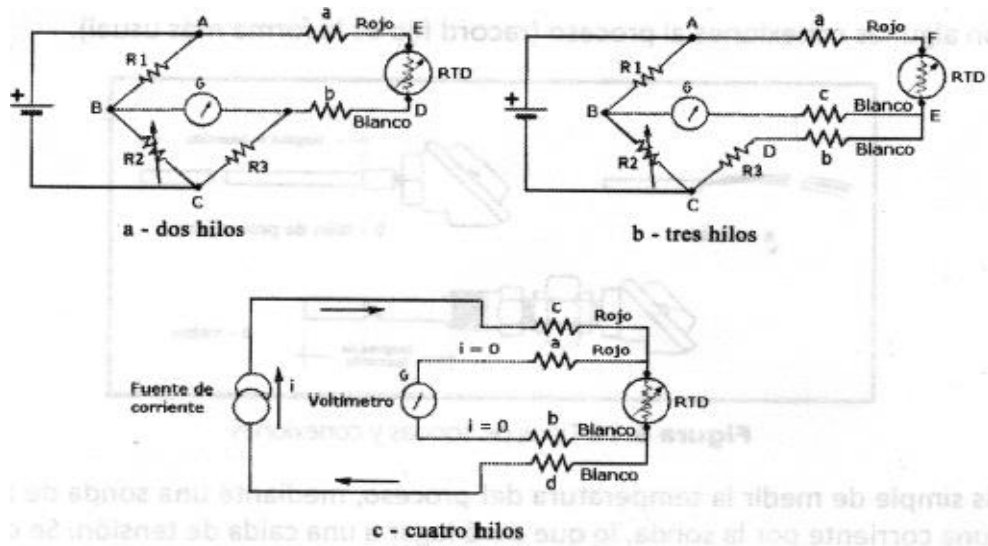
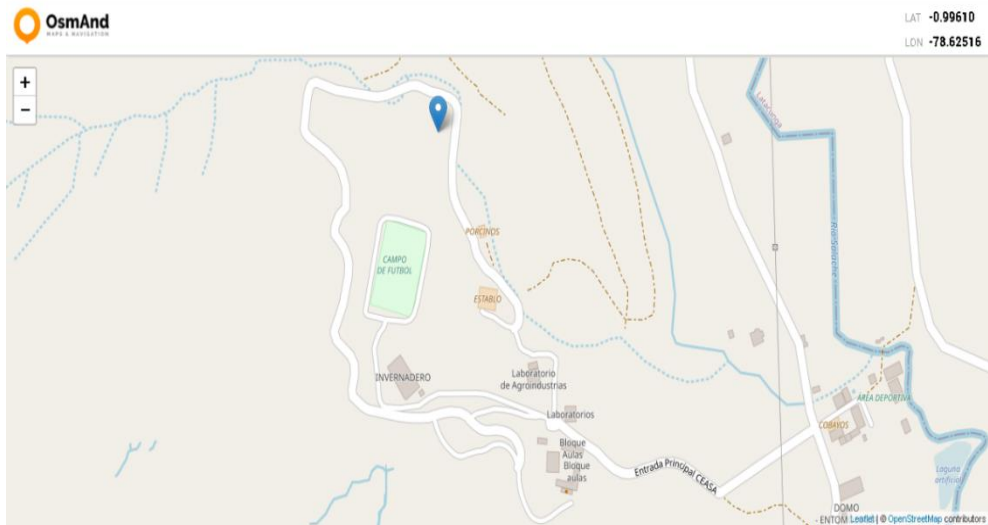


Figura 4.3.C. Tipos de circuitos de puente de Wheatstone a sondas de resistencia [24]

## 5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 Ubicación del invernadero

En la Figura 5.1., se observa la ubicación del invernadero mediante la aplicación OmsAnd en el cual se identificó la latitud -0,99610 y la longitud -78,62516. El invernadero se construyó en la provincia de Cotopaxi en el cantón Latacunga, Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache como se observa en la Figura 5.1.A., este invernadero se encuentra en la zona alta que posee la universidad, el cual se utilizará para la carrera de Agronomía.



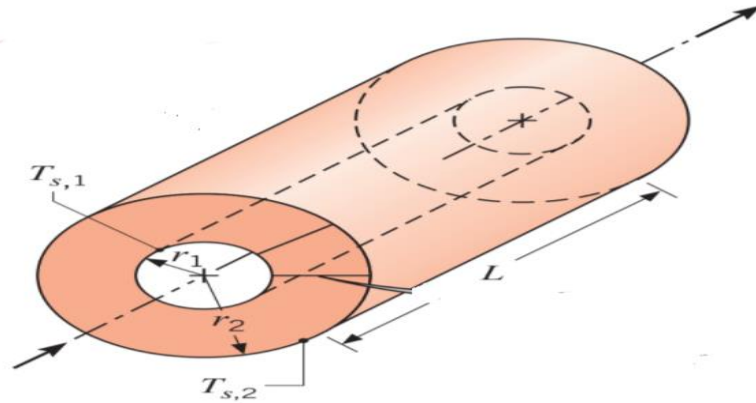
**Figura 5.1.** Ubicación del Invernadero mediante OsmAnd



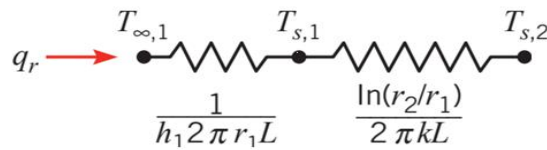
**Figura 5.1.A.** Invernadero de Altura

## 5.2 Sistema radial

La estructura cilíndrica y esférica normalmente experimenta gradientes de temperatura solo en la dirección radial y, por lo tanto, pueden considerarse unidimensional Figura 5.2., además en condiciones de estado estacionario que no generan calor, estos sistemas se pueden analizar utilizando métodos estándar (comenzando con la forma apropiada de la ecuación del calor) o métodos alternativos (comenzando con la forma apropiada de la ley de Fourier). La tasa de energía en una superficie cilíndrica se puede observar en la ecuación (5.1). En esta sección, el sistema cilíndrico se analiza utilizando el método estándar y el sistema esférico se analiza utilizando el método alternativo [25].



**Figura 5.2.** Cilindro hueco con condiciones superficiales convectivas [25]



**Figura 5.3.** Circuito de resistencia [24].

$$q_r = \frac{T_1 - T_2}{\frac{1}{h_i 2\pi r_1 L} + \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi K L}} \quad (5.1)$$

De este resultado es evidente que, para conducción radial en una pared cilíndrica, la temperatura la resistencia es de la forma Resistencia térmica, como se indica en la ecuación (5.2):

$$R_{cond} = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi K L} \quad (5.2)$$

Donde:

$q_r$  = tasa de energía en una superficie cilíndrica [W]

$R_{cond}$  = conducción radial de una superficie  $\left[\frac{K}{W}\right]$

$r_2$  = diámetro exterior [m]

$r_1$  = diámetro interior [m]

$K$  = conductividad térmica del Pvc  $\left[\frac{W}{m} \cdot ^\circ K\right]$

$L$  = longitud [m]

Como se muestra en la ecuación (5.3) el coeficiente de convección interior se puede obtener a partir del conocimiento del número de Reynolds [25].

$$Re = \frac{V * r1}{\gamma} \quad (5.3)$$

Donde:

Re = número de reynolds

V = velocidad del aire  $\left[\frac{m}{s}\right]$

r1 = diametro interior [m]

$\gamma$  = coeficiente cinemático de viscosidad del aire  $\left[\frac{m^2}{s}\right]$

Para una turbulencia completamente desarrollada (hidrodinámica y térmica) en un tubo circular liso, el número de Nusselt local se puede obtener a partir de la ecuación (5.4). La convección interna de la tubería se realizó mediante la ecuación (5.5). Las ecuaciones de Dittus-Boelter son en realidad de la forma calefacción, enfriamiento [25].

$$Nud = 0.023 * Re^{\frac{4}{5}} * Pr^n \quad (5.4)$$

Donde:

Nud = número de nusselt

n = 0.4 (calefacción)

n = 0.3 (enfriamiento)

Re = número de Reynolds

$$hi = \frac{Nud * K}{r1} \quad (5.5)$$

Donde:

hi = transmitancia interna de la tubería  $\left[\frac{W}{m^2} * K\right]$

Nud = número de nusselt

r1 = diametro interior [m]

El añadido de todas las formas de energía en un sistema se denomina energía total, que consiste en las energías interna, potencial y cinética de un sistema compresible simple. La energía interna representa la energía molecular de un sistema y puede existir en formas sensibles, químicas, latentes y nucleares. El flujo másico m se define como la cantidad de masa que fluye a través de la sección transversal por unidad de tiempo y está relacionado con el flujo de

volumétrico  $v$  como se observa en la ecuación (5.6), que es el volumen de fluido que fluye a través de la sección transversal por unidad de tiempo [26].

La ecuación de flujo másico, se indica en (5.7):

$$v = V * A \quad (5.6)$$

Donde:

$$v = \text{flujo volumétrico} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

$$V = \text{velocidad de aire} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$A = \text{área} [\text{m}^2]$$

$$m = \rho * v = \text{Kg/s} \quad (5.7)$$

Donde:

$$m = \text{flujo másico} \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right]$$

$$\rho = \text{Densidad volumétrica} \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$v = \text{flujo volumétrico} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

Debido a que el flujo en un tubo está completamente encerrado, se puede aplicar un balance de energía que determine cómo varía la temperatura media  $T_m(x)$  con la posición a lo largo del tubo y cómo la transferencia de calor por convección total  $q_{\text{conv}}$  está relacionada con la diferencia de temperaturas en el tubo entrada y salida, tasa de energía en una superficie cilíndrica de la ecuación (5.8) [25].

$$q_r = m C_p (T_2 - T_1) \quad (5.8)$$

Donde:

$$T_2 = \text{temperatura interior} [^\circ \text{C}]$$

$$q_r = \text{Tasa de energía en una superficie cilíndrica} [\text{W}]$$

$$m = \text{flujo másico} \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \right]$$

$$T_1 = \text{temperatura de la tierra} [^\circ \text{C}]$$

A partir de la ecuación (5.8) se procede despejar  $T_2$  para obtener la temperatura interior, esto se puede evidenciar en la ecuación (5.9).

$$T_2 = \frac{qr}{m C_p} + T_1 \quad (5.9)$$

### 5.3 Sistema de control temperatura

Debido a que el invernadero se construyó en el trayecto del desarrollo de esta investigación, se implementó un sistema para verificar la temperatura al cual se encuentra el invernadero tanto interior como exteriormente, así como también la del pozo canadiense, esto se logró mediante la toma de datos por las termocuplas tipo K.

La toma de datos se las realizó de las siguientes maneras:

- Interior Exterior del invernadero con cortina cerrada
- Interior Exterior del invernadero con cortina abierta
- Interior invernadero – interior pozo canadiense con cortina cerrada
- Interior invernadero – interior pozo canadiense con cortina abierta
- Interior invernadero – interior tierra con cortina cerrada
- Interior invernadero – interior tierra con cortina abierta

### 5.4 Diseño de comunicación con el Logo 12 – 24RC 12/24VDC 8DI – 4DO

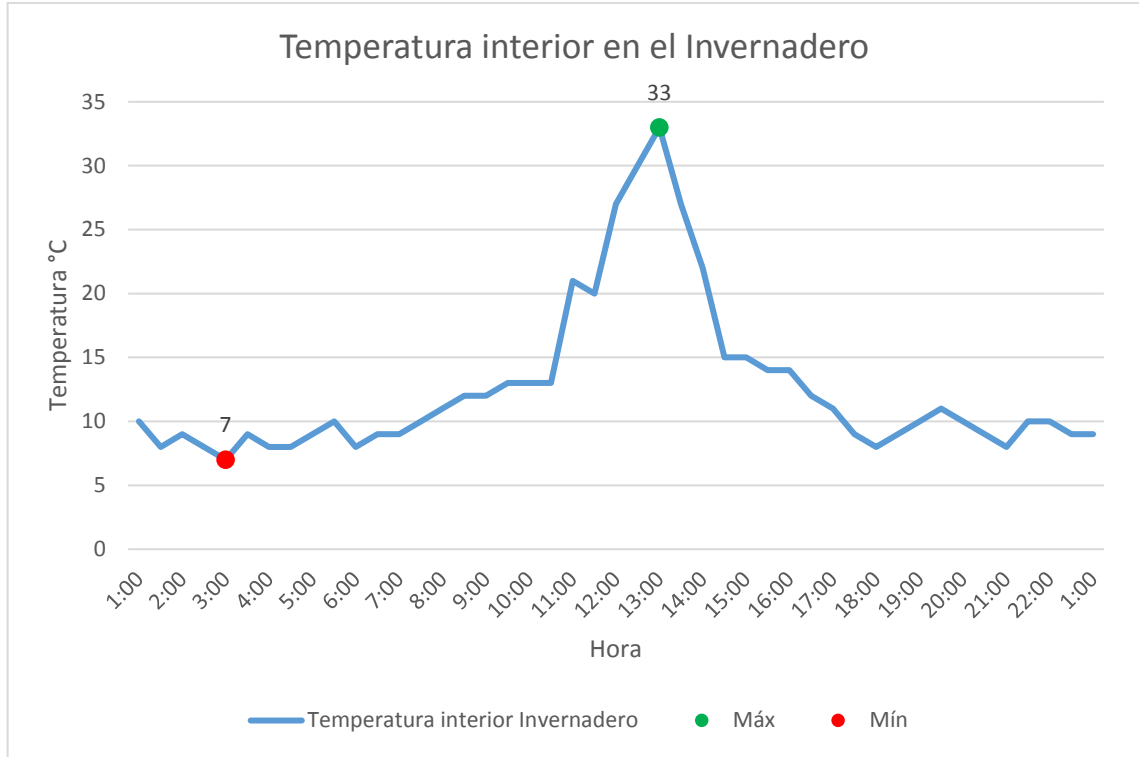
Al logo se lo configuro primeramente la dirección IP, máscara de subred y la pasarela esto se lo realizó mediante el programa LOGO!Soft Comfort V8.3 para la comunicación entre la computadora y el LOGO se utilizó un cable de red, esto se hizo para poder cargar el programa que controlará a los sensores de temperatura.

### 5.5 Diseño de comunicación para el logo TD Text display 6 line 3 background colors 2

De la misma manera que se configuro el LOGO Siemens se configura la pantalla TD primero se hizo la configuración IP de la pantalla, además de configurar la máscara de subred y la pasarela para que se encuentre en el mismo rango que la IP del LOGO, esto se lo realizo en el software LOGO!Soft Comfort V8.3, para que los datos se pasen a la pantalla se utilizó un cable de red.

### 5.6 Toma de datos de temperatura en el invernadero de altura

La temperatura que se presenta en la siguiente Figura 5.6, se la realizo mediante la toma de datos en intervalos de treinta minutos, esta temperatura se lo realizo mediante un sensor de temperatura Pt100 tipo K.



**Figura 5.6.** Registros de Temperatura interior en el Invernadero de altura

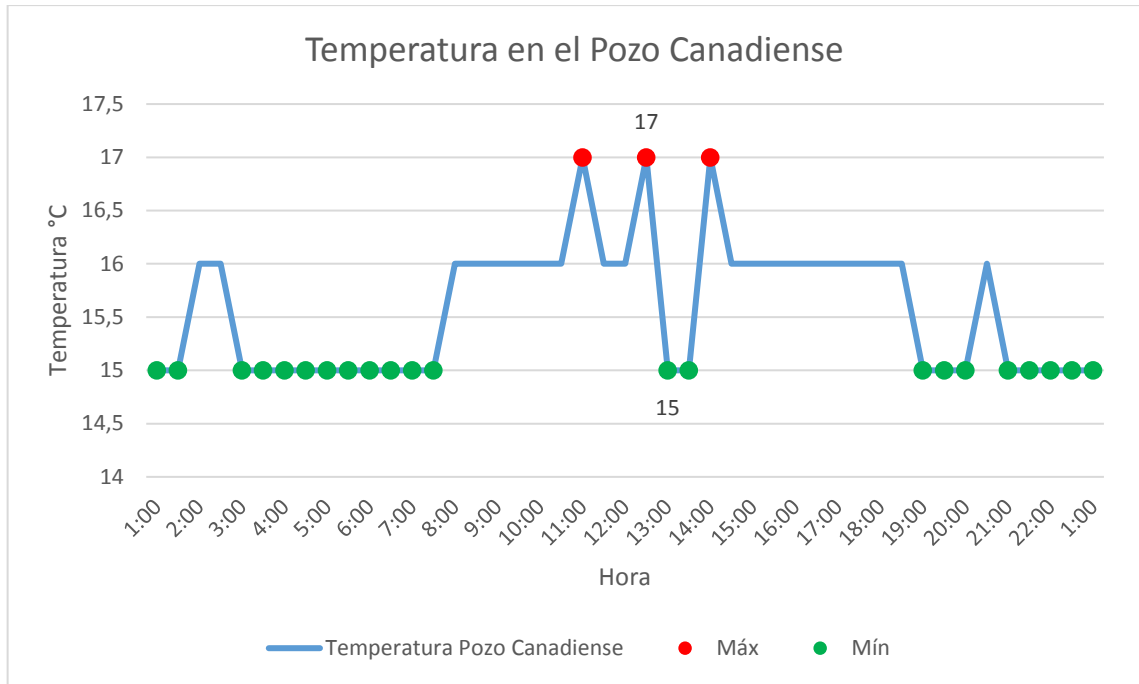
Como se puede observar en la Figura 5.6., el clima es muy variante además de ser en un lugar de altura donde las condiciones climatológicas como la irradiación solar y vientos cambian drásticamente, esto se ve identificado en la toma de datos ya ocurren cambios bruscos en la temperatura.

Además, se puede observar en la Tabla 5.6., que la temperatura dentro del invernadero ha alcanzado un pico máximo de 33 °C esto varía dependiendo de las condiciones climatológicas, por lo general esto se da desde las 11:30 am hasta las 14:00 pm, en la noche y madrugada la temperatura disminuye drásticamente teniendo valores bajos de hasta 7 °C.

**Tabla 5.6.** Rango de temperatura en el interior del invernadero de altura

Temperatura interior invernadero °C	Hora
10	1:00:00
27	12:00:25
33	13:00:27
22	14:00:30
15	14:30:31
10	20:00:43
8	21:00:46

### 5.7 Temperatura dentro del pozo canadiense



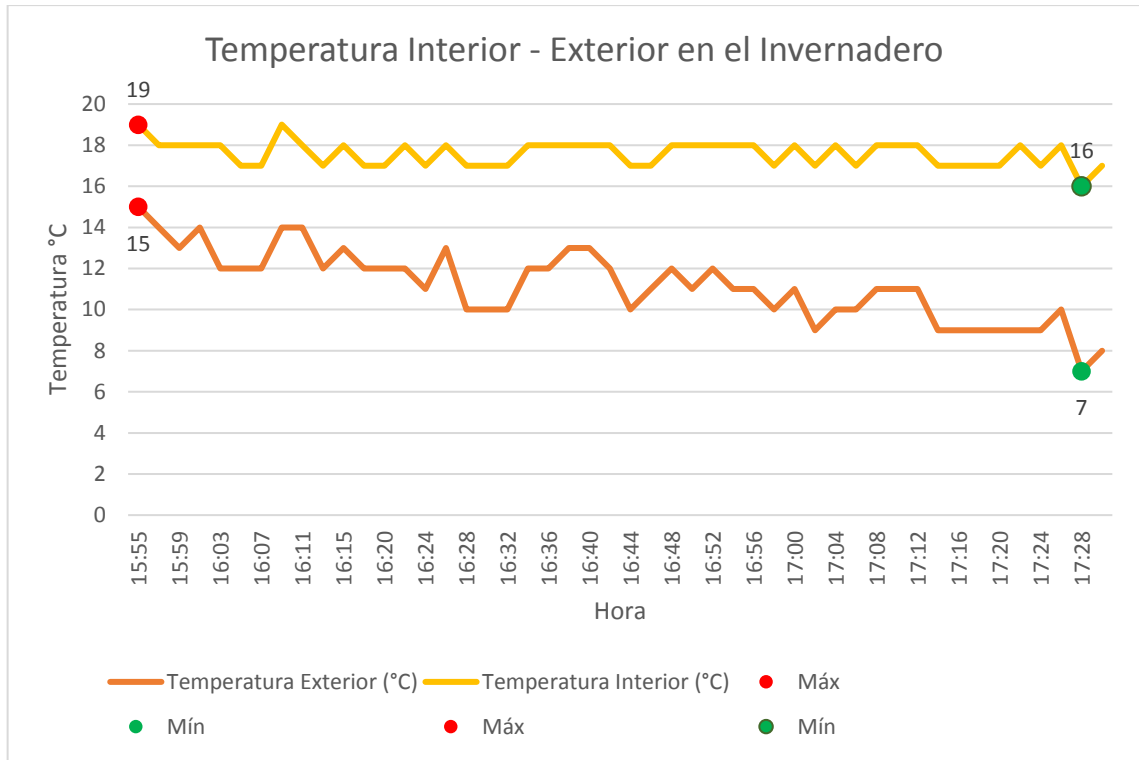
**Figura 5.7.** Temperatura en el Pozo Canadiense

En la toma de datos de la Figura 5.7., se puede identificar que la temperatura interna del pozo canadiense oscila entre los 15 °C a 17 °C, es decir que independientemente de las condiciones climáticas que se tenga en el exterior, el pozo se mantiene por encima de los 15 °C durante todo el día. El intercambiador de calor suelo - aire, como son los tubos enterrados de PVC, son ideales porque aprovechan las inercias térmicas diarias, semanales y estacionales existentes en el subsuelo, el rango de temperatura de pozo canadiense de la Tabla 5.7., se la puede observar en el Anexo V.

**Tabla 5.7.** Rango de temperatura del Pozo Canadiense.

Temperatura pozo canadiense °C	Hora
15	1:00:00
15	7:30:15
16	12:00:25
17	14:00:30
15	21:00:46

**5.8 Temperatura del invernadero Interior y Exterior del invernadero de altura**



**Figura 5.8.** Temperatura Interior y Exterior del invernadero de altura

En la Figura 5.8., se puede visualizar la temperatura interna y externa del invernadero, en la cual se observa tanto los máximos y mínimos alcanzados, cabe mencionar que estas temperaturas varían drásticamente debido a las condiciones climáticas propias del lugar, esto quiere decir que la temperatura interna depende directamente de la externa entonces, si la temperatura externa aumenta gradualmente pasará lo mismo en el interior del invernadero, y este al ser de plástico hace que la temperatura interna aumente incluso más que la externa.

**Tabla 5.8.A.** Rango de temperatura exterior en el invernadero de altura

Temperatura exterior °C	Hora
15	15:55:48
14	16:01:51
10	16:30:05
11	17:00:20
8	17:30:35

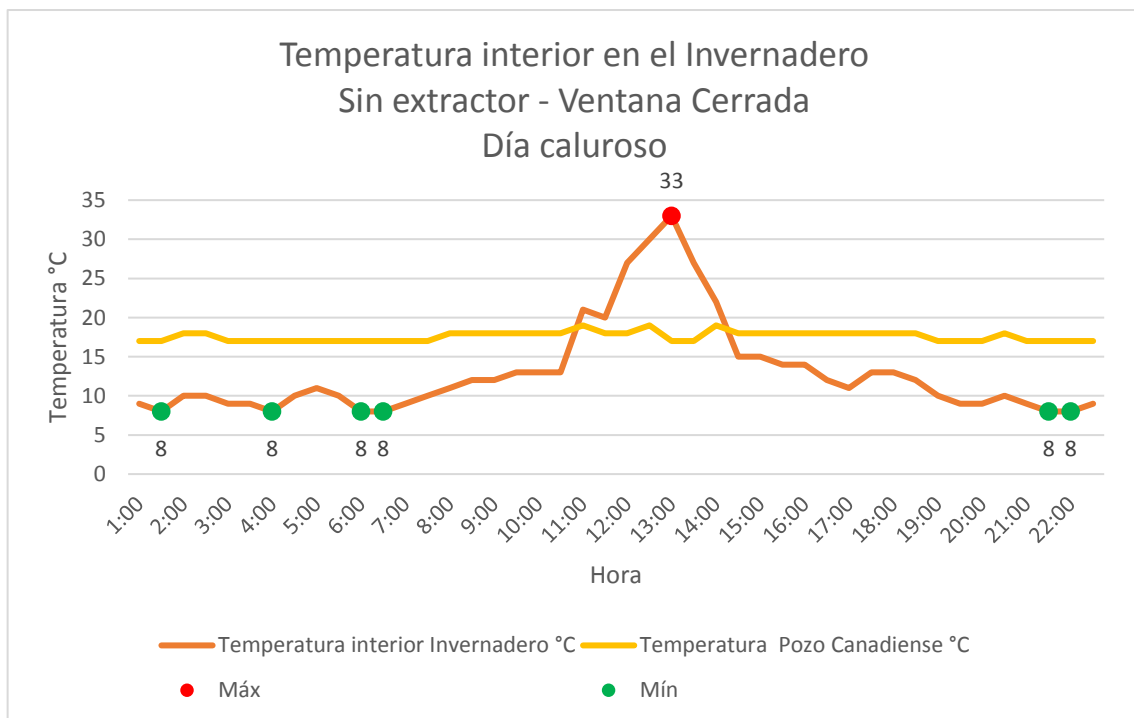
Como se puede observar los datos obtenidos de la temperatura externa en la Tabla 5.8.A., se puede notar que la temperatura disminuye paulatinamente, esto se da por la zona en la que se encuentra el invernadero, los datos de la temperatura externas se las puede evidenciar en el Anexo IV.

**Tabla 5.8.B.** Rango de temperatura interior en el invernadero de altura

Temperatura interior °C	Hora
19	15:55
18	16:01
17	16:30
18	17:30

En la toma de datos de la temperatura interior del invernadero que se puede identificar en la Tabla 5.8.B., se tiene valores que oscilan los 17 °C y 19 °C, cabe mencionar que esta temperatura puede cambiar bruscamente dependiendo del clima que se de en la zona, el registro de datos de la temperatura interna se observa en el Anexo IV.

**5.9 Temperatura interior en el invernadero de altura sin extractor - ventana cerrada**



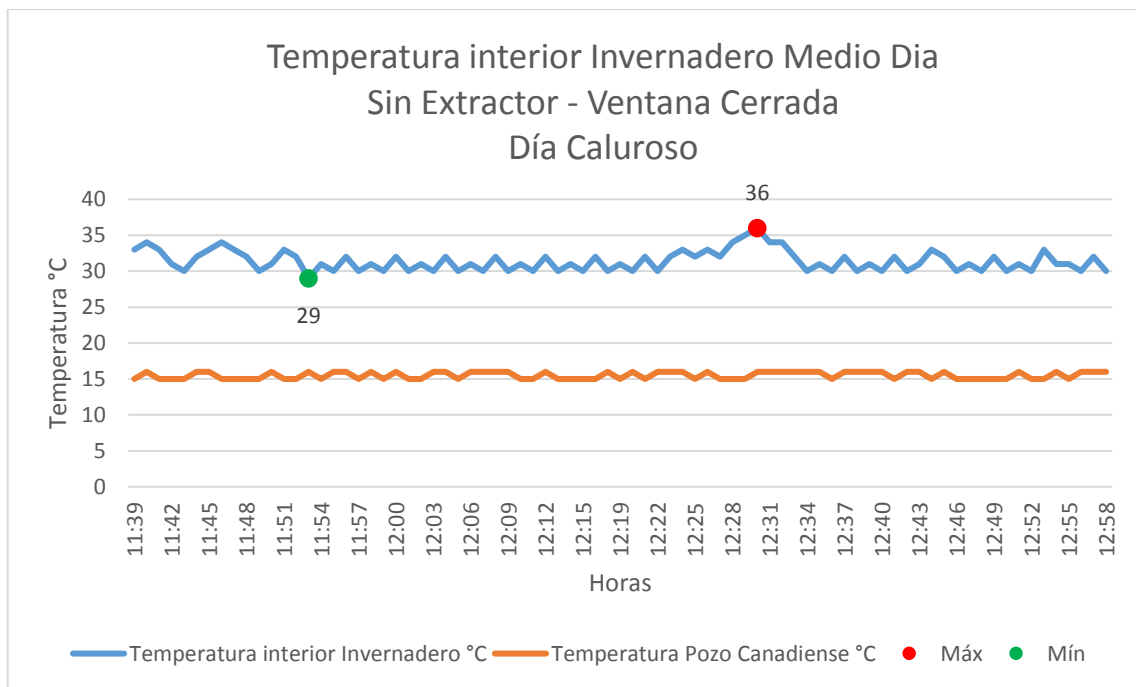
**Figura 5.9.** Temperatura interior Invernadero de altura sin extractor y ventana cerrada

En la Figura 5.9., se puede observar tanto la temperatura que hay en el interior del invernadero así como también la temperatura del Pozo Canadiense, para el registro se realizó la toma de datos del invernadero sin extractor y con la ventana cerrada como se puede observar en la Tabla 5.9., el pico máximo alcanzado se da en el medio día ya que registró 33 °C, esto se da porque el día estuvo soleado, a partir de las 13:00 pm la temperatura disminuye, esto se da por la ausencia de la irradiación solar y vientos fuertes.

**Tabla 5.9.** Rango de Temperatura interior invernadero de altura sin extractor con la ventana cerrada

Temperatura interior °C	Hora
10	1:00:00
27	12:00:25
33	13:00:27
22	14:00:30
8	21:00:46

**5.10 Temperatura interior del invernadero de altura sin extractor – ventana cerrada**



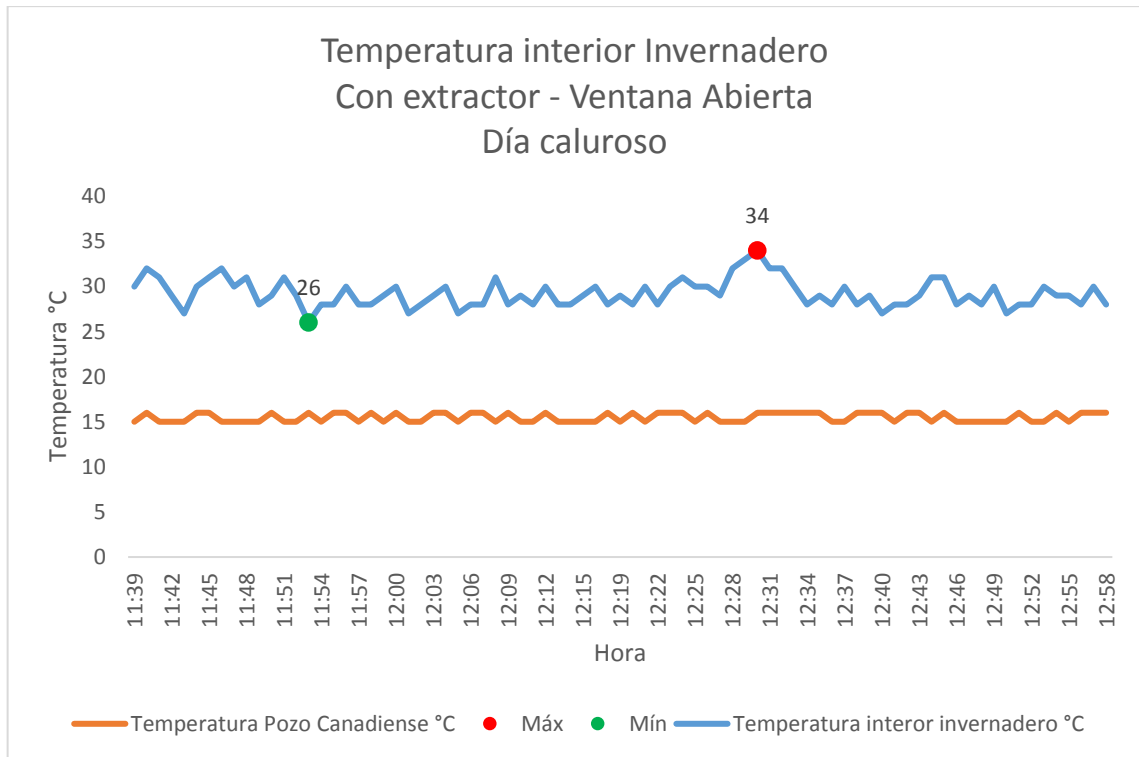
**Figura 5.10.** Toma de datos temperatura interior en el invernadero de altura en horas pico

Se realizó la toma de datos en las horas pico de un día caluroso para saber cómo se comporta la temperatura, en la Tabla 5.10., se registró una temperatura que oscila desde los 29 °C hasta los 36 °C, estos picos de temperatura se pueden observar en la Figura 5.10., la toma de estas medidas se las obtuvo en un intervalo de tres minutos.

**Tabla 5.10.** Rango de temperatura interior del invernadero de altura en horas pico

Temperatura °C	Hora
33	11:39
30	11:49
32	12:00
35	12:29
32	12:49
30	12:58

### 5.11 Temperatura interna en el invernadero con extractor – ventana abierta



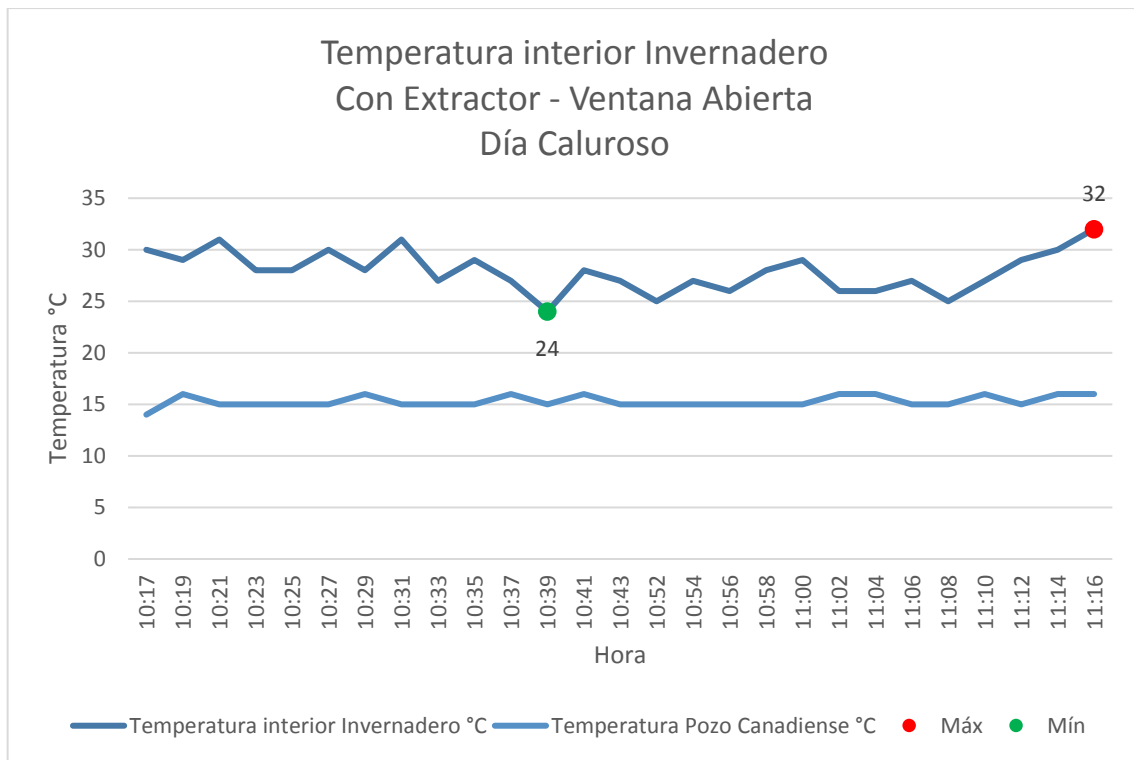
**Figura 5.11.** Temperatura interior invernadero de altura con extractor y ventana abierta

En la Tabla 5.11., se realizó la toma de datos en el mismo horario para identificar si el sistema de pozo canadiense esta funcionando, además se levantó la ventana para bajar la temperatura interior del invernadero, logrando una reducción de 2 °C a 3 °C esto se puede observar en la Figura 5.11.

**Tabla 5.11.** Rango de temperatura interior en el invernadero de altura con extractor – ventana cerrada

Temperatura interior °C	Hora
30	11:39:23
28	11:49:33
30	12:00:44
34	12:29:12
29	12:49:32
28	12:58:41

**5.12 Temperatura invernadero de altura con extractor – ventana abierta**



**Figura 5.12.** Temperatura en el invernadero de altura con extractores activos y ventana abierta

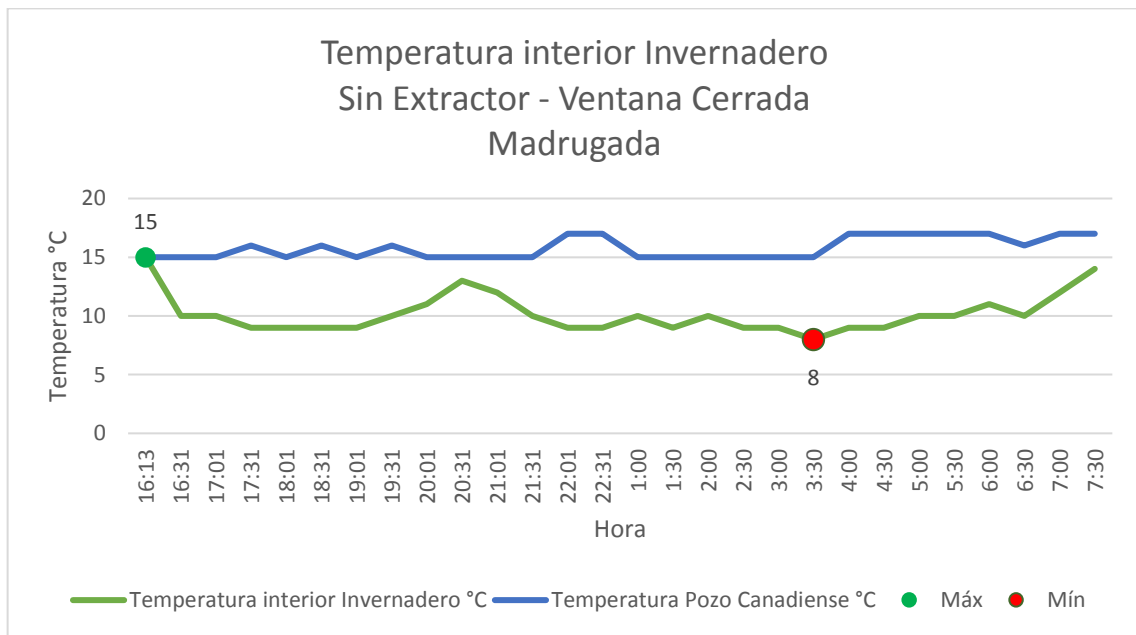
Como se puede observar en la Figura 5.12., se identificó que al activar el extractor y levantar la ventana del invernadero, la temperatura oscila entre los 24 °C hasta 32 °C, esto se logró registrar en un día caluroso, donde la irradiancia del sol es mayor, las mediciones se realizaron en intervalos de 2 minutos.

**Tabla 5.12.** Rango de temperatura interior en el invernadero de altura con extractor – ventana abierta

Temperatura interior °C	Hora
30	10:17:04
28	10:29:10
27	10:43:17
26	11:02:33
32	11:16:40

En la Tabla 5.12., se puede observar el registro de datos en diferentes horas del día teniendo así una temperatura máxima de 32 °C que se dio a las 11:16 am, apartir de esa hora la temperatura en el interior del invernadero aumenta gradualmete.

**5.13 Temperatura invernadero de altura sin extractor - ventana cerrada**



**Figura 5.13.** Temperatura interior en el invernadero de altura en la madrugada

La obtención de datos de la temperatura en el invernadero sin extractores de aire y con la cortina cerrada fueron esenciales ya que con ello se pudo lograr observar que en la madrugada las temperaturas son bajas, esto se da por la zona en la que se encuentra el invernadero y por los vientos muy fuertes que se presentan en el sitio.

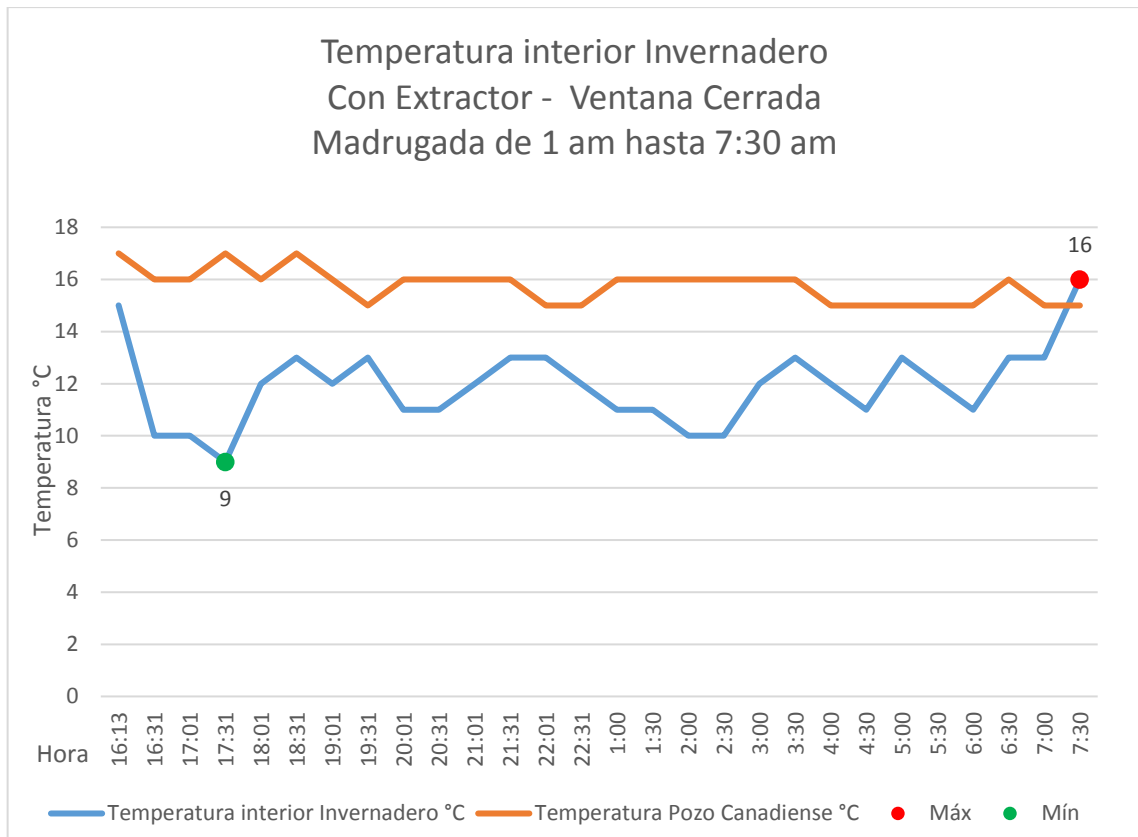
Es así que en la Figura 5.13., se identificó que la temperatura interna se mantiene desde 8 °C hasta los 10 °C, por lo general esta temperatura se da a partir de las 12:00 pm hasta las 07:00 am donde va aumentando paulatinamente, esto depende directamente del clima que se presente en el día.

**Tabla 5.13.** Registro de datos de temperatura interior del invernadero de altura en la madrugada

Hora	Temperatura interior °C
16:13	15
19:00	13
22:00	9
23:30	9
01:30	10
02:30	8
03:30	9
04:30	9
05:30	10
06:30	14
07:30	14

Se debe tener en cuenta que el invernadero al estar con sus ventanas cerradas funciona como un almacenador de calor. La adquisición de datos con las ventanas cerradas en la madrugada se puede observar en la Tabla 5.13., en donde se da a notar como va disminuyendo la temperatura la cuál oscila entre los 8 °C a 10 °C. Los datos de la temperatura en el interior del invernadero con las ventanas cerradas se lo pueden observar en el Anexo IX.

**5.14 Temperatura ambiente invernadero con extractor - ventana cerrada**



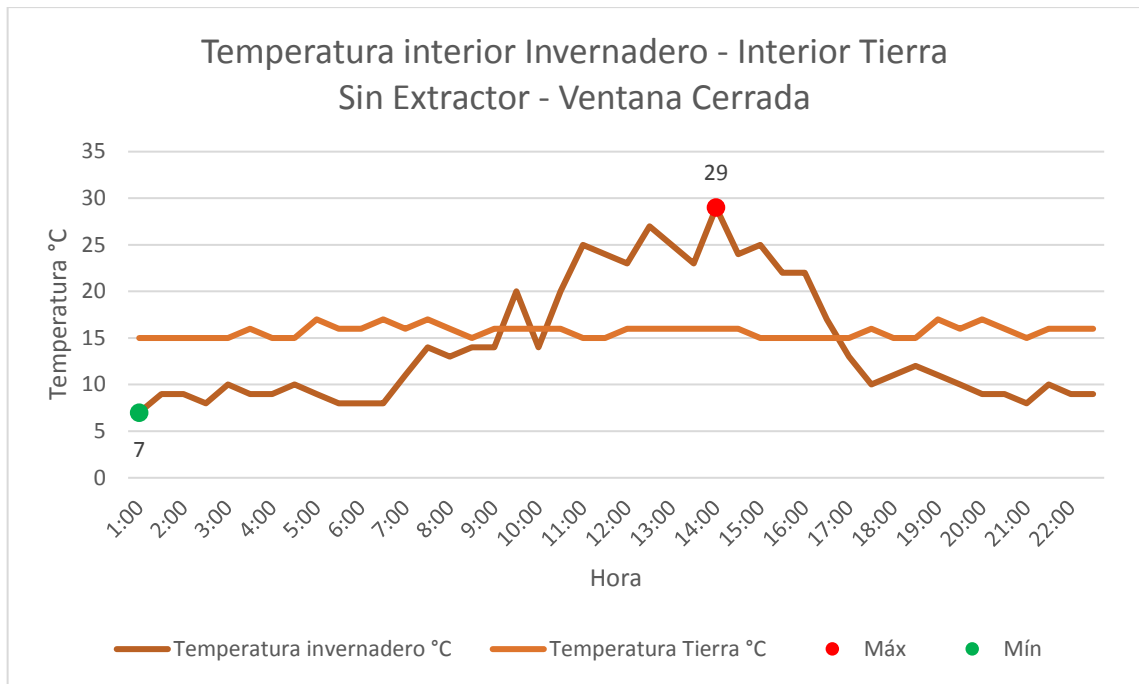
**Figura 5.14.** Temperatura en el invernadero de altura con extractor ventana cerrada

Como se puede observar en la Figura 5.14., la temperatura con el extractor activado en la madrugada y con la ventana cerrada se tiene una temperatura que oscila entre los 2 °C hasta los 4 °C, la recolección de datos se las puede identificar en el Anexo X.

**Tabla 5.14.** Temperatura en el interior del invernadero de altura con extractor y ventana abierta

Hora	Temperatura interior °C
1:01	11
2:00	10
3:00	12
5:00	13
6:00	11
7:00	13

**5.15 Temperatura de la tierra invernadero de altura sin extractor - ventana cerrada**



**Figura 5.15.** Temperatura interior del invernadero – Tierra

La obtención de datos se las realizó en el interior y en la pared de tierra que se encuentra en del invernadero, con el fin se saber el aporte que da la pared al interior, en la Figura 5.15., se puede observar la temperatura media durante un día en la que se denota las temperaturas bajas que se da en la madrugada y en las horas pico es donde se eleva llegando hasta los 29 °C como se puede observar en la Tabla 5.15., a diferencia que la tierra se mantiene en una temperatura casi constante la cual oscila los 15 °C hasta los 20 °C esto depende tambien del clima que se encuentre en el exterior ya que se puede notar que en las horas pico la temperatura de la tierra tiene cierto aumento.

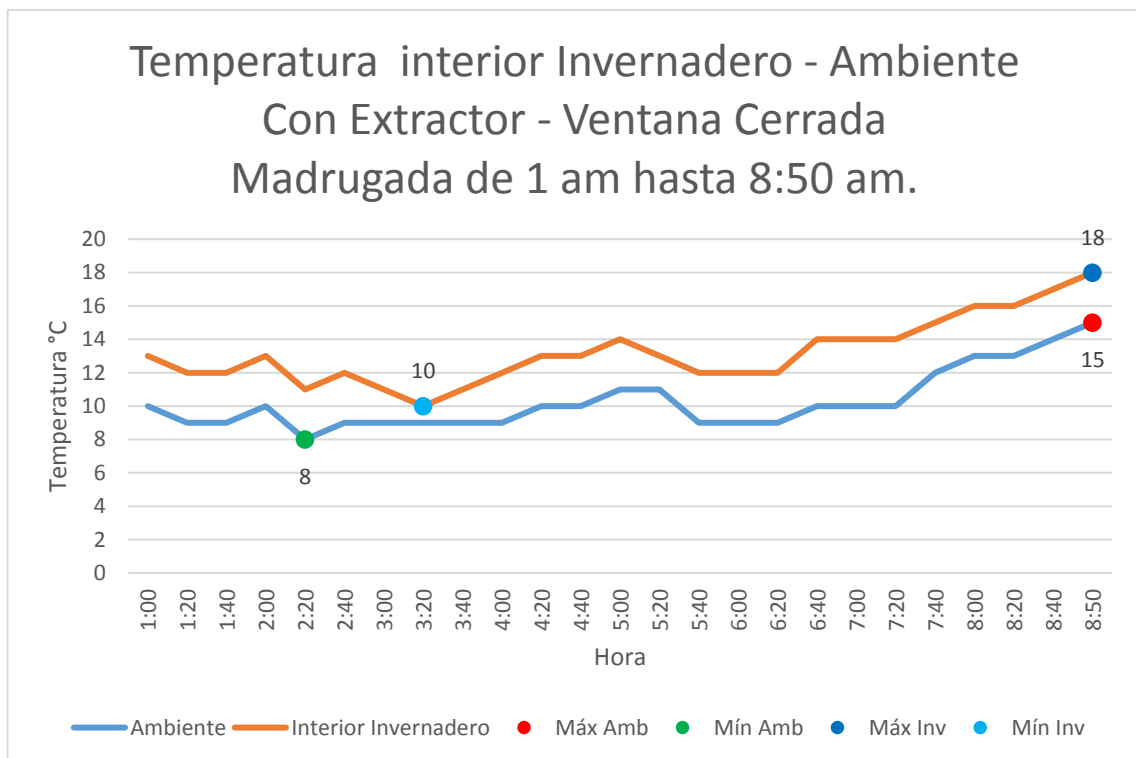
**Tabla 5.15.** Rango de temperatura en el interior de la tierra

Temperatura interior °C	Hora
18	1:00:00
18	5:00:09
17	7:30:15
19	12:30:26
20	14:00:30
19	19:00:41

**Tabla 5.15.A.** Rango de temperatura interior del invernadero de altura

Temperatura interior °C	Hora
8	1:00:00
9	2:00:02
9	5:00:09
14	7:30:15
27	12:30:26
29	14:00:30
11	19:00:41
8	21:00:46

**5.16 Temperatura interior del invernadero de altura – exterior con extractor -ventana cerrada**



**Figura 5.16.** Temperatura interior invernadero de altura - exterior con extractor y ventana cerrada

Debido a que en las temperaturas bajas que se registraron en las madrugadas se optó por encender el extractor para saber el aporte que hace al invernadero, por eso en la Figura 5.16., se puede observar la línea de color azul es la temperatura del exterior llegando a 8 °C, mientras que al interior del invernadero se cerró la cortina para tener un almacenamiento de calor llegó a una temperatura que oscila entre los 10 °C hasta los 18 °C.

**Tabla 5.16.A.** Temperatura en el exterior del invernadero de altura

Temperatura exterior °C	Hora
10	1:00:00
10	2:00:30
9	3:01:00
9	4:01:30
11	5:00:00

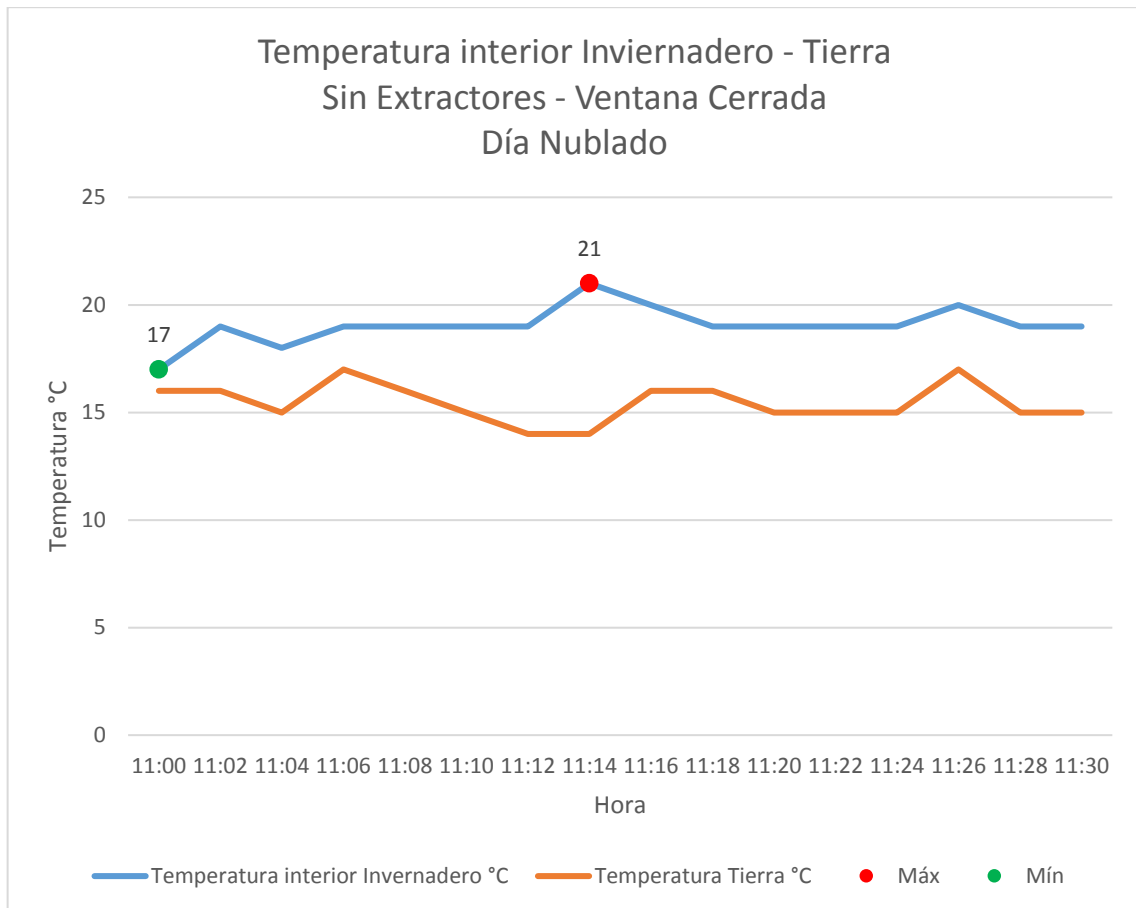
Como se puede observar en la Tabla 5.16.A., se logra identificar la temperatura en el exterior del invernadero estos datos fueron recolectados en días donde hubieron fuertes vientos en el sitio del invernadero, donde se identificó que a partir de las 08:49 am la temperatura comenzó a aumentar, los datos de la temperatura interior y exterior del invernadero se lo puede identificar en el Anexo XII.

**Tabla 5.16.B.** Temperatura en el interior del invernadero

Temperatura interior °C	Hora
13	1:00:00
13	2:00:30
11	3:01:00
12	4:01:30
14	5:00:00
12	6:00:30
16	8:01:31
18	8:49:55

Mediante la toma de datos en el interior del invernadero como se aprecia en la Tabla 5.16.B., se la realizó para verificar que se puede aumentar de 2 °C a 4 °C con el intercambiador de calor y así que no llegue a una temperatura de 8 °C. El registro de datos de la temperatura en el interior del invernadero se la puede evidenciar en el Anexo XII.

**5.17 Temperatura interior del invernadero de altura y de la tierra sin extractor - ventana cerrada**



**Figura 5.17.** Temperatura de la tierra – interior invernadero de altura sin extractor con la ventana cerrada

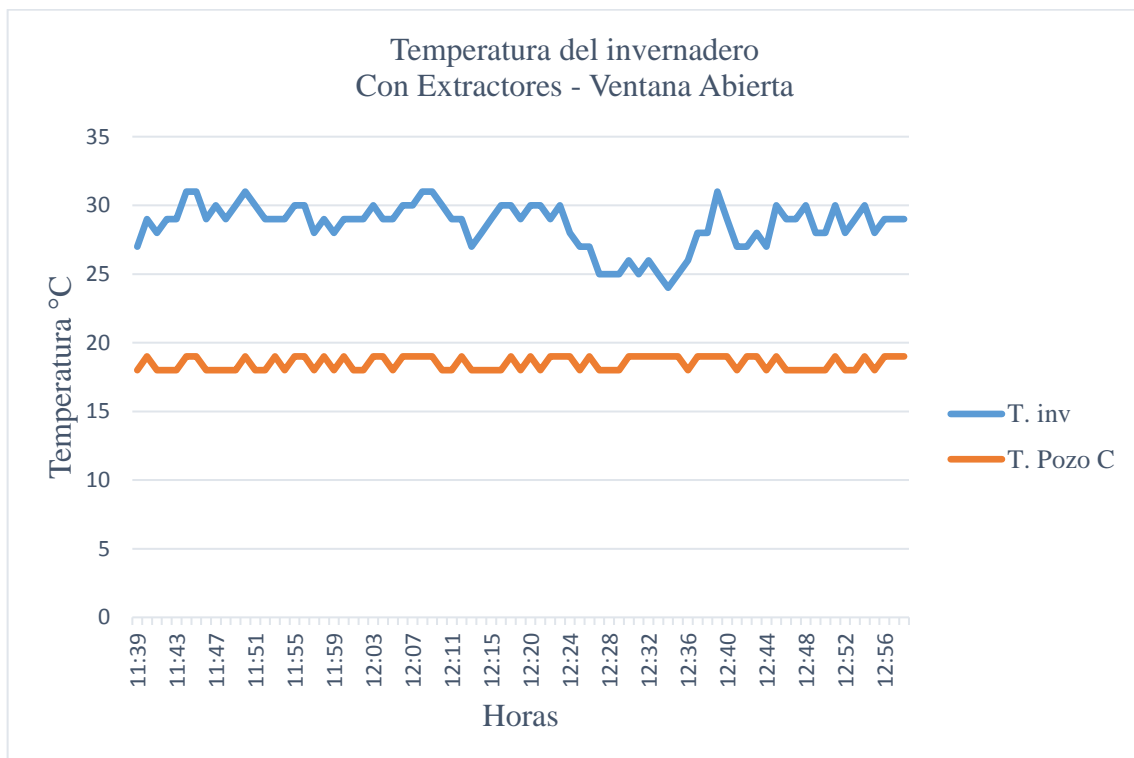
En el registro de datos se realizó la recolección de temperaturas tanto de la tierra como del interior del invernadero, esta toma se la hizo en un día nublado y con vientos fuertes donde se identificó la temperatura de la tierra se mantiene constante oscilando entre 14 °C hasta los 15 °C, mientras que en el invernadero se identificó una temperatura a las 11:00 am es de 17 °C siendo esta la más baja y que a partir de esa hora fue aumentando paulatinamente hasta llegar a su pico máximo de 21 °C a las 11:15 am.

**Tabla 5.17.** Temperatura interior invernadero de altura sin extractor con la ventana cerrada

Hora	Temperatura interior °C
11:00:26	18
11:10:31	19
11:20:36	19
11:26:39	20
11:30:41	19

Como se puede observar en la Tabla 5,17., se logra visualizar que la temperatura en días nublados y con la presencia nula de la irradiación solar, tiene un pico máximo de 20 °C, los datos registrados de la temperatura de la tierra – invernadero con la ventana cerrada se puede observar en el Anexo XIII.

**5.18 Temperatura del invernadero de altura con extractor – ventana abierta**



**Figura 5.18.** Temperatura del interior del invernadero de altura con extractor y la ventana abierta

Como se puede observar en la Figura 5.18., tenemos la temperatura en el pozo canadiense el cuál se mantiene entre los 17 °C hasta 19 °C, mientras en el interior del invernadero la

temperatura esta alrededor de los 28 °C hasta los 32° C, esto se da porque está activo el extractor el cual no permite que la temperatura se eleve gradualmente ya que sin el extractor por lo general se registró que en día soleados la el clima dentro del invernadero puede llegar a los 38 °C esto depende del clima que se de en la zona.

**5.19 Función de Transferencia del sistema con control**

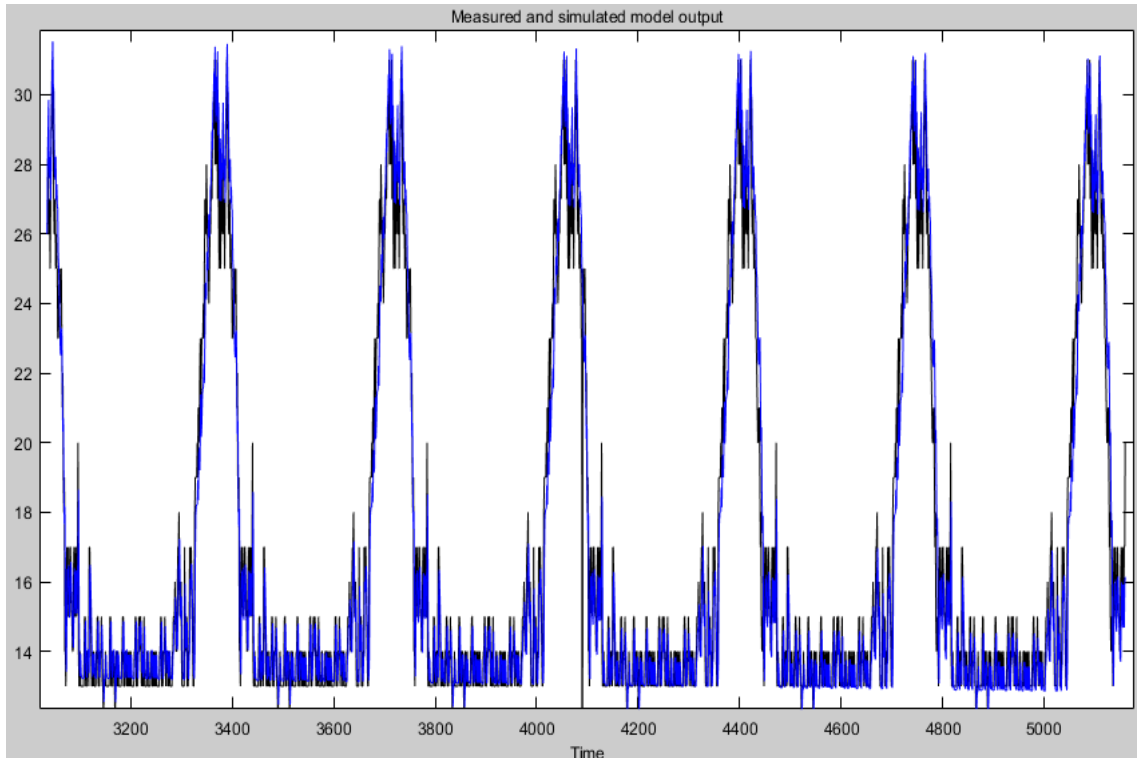
```

From input "u1" to output "y1":
      501.2 s + 0.01814
-----
s^3 + 349.3 s^2 + 596.8 s + 0.02153
Name: tf1
Continuous-time identified transfer function.

Parameterization:
  Number of poles: 3   Number of zeros: 1
  Number of free coefficients: 5
    
```

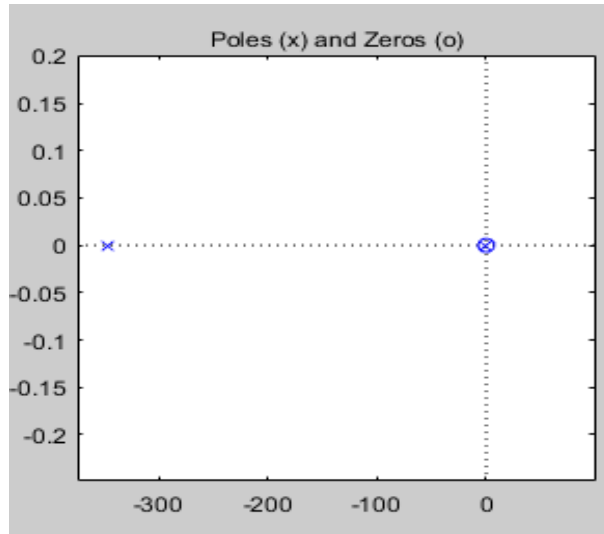
**Figura 5.19.** Función de transferencia del sistema con control

Para la obtención de la función de transferencia se utilizó la herramienta Ident del software Matlab, en el cual se tomó los datos tanto del interior y exterior del invernadero, los cuales fueron adquiridos por medio del registro de datos, con el fin de saber el comportamiento que tiene la temperatura, en la Figura 5.19., se observa la función de transferencia.



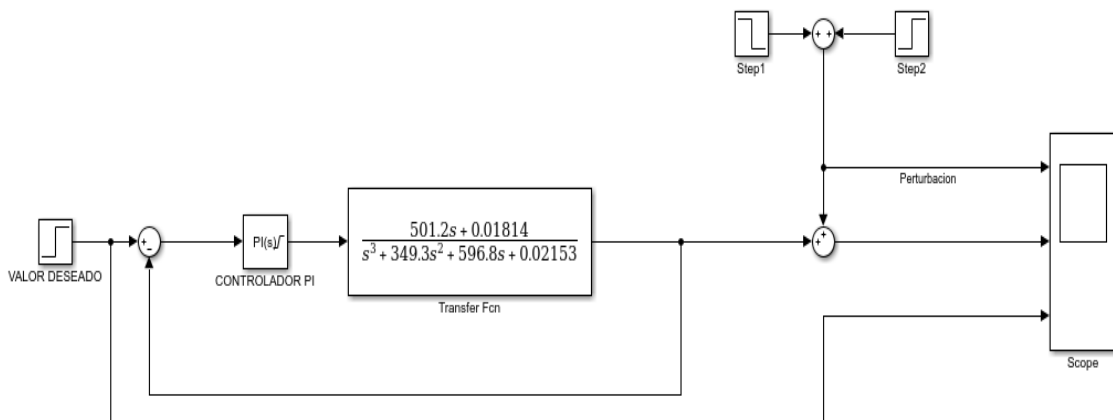
**Figura 5.19.A.** Curva de la función de transferencia

En la Figura 5.19.A., se observa el comportamiento de la temperatura en el invernadero con el extractor activado.



**Figura 5.19.B.** Polos y ceros del sistema de transferencia

En la Figura 5.19.B., se obtuvo la estabilidad del sistema mediante los polos y los ceros en el cual se identificó que el sistema es críticamente estable, este sistema cuenta con tres polos y un cero.

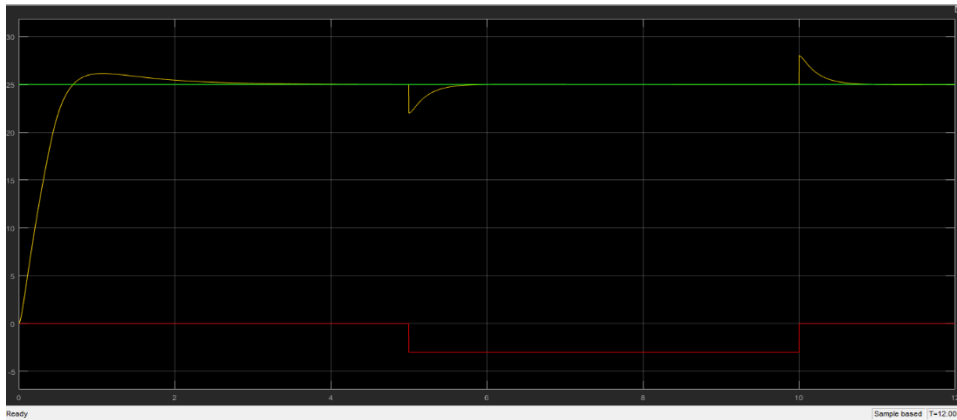


**Figura 5.19.C.** Incorporación de un controlador PI al sistema

En la Figura 5.19.C., se realizó un control PI para el sistema para estabilizar el sistema, esto se logró mediante un controlador PI y la función de transferencia, también se tomó en cuenta la temperatura exterior como perturbaciones que tiene el sistema.

Se realizó la estabilidad del sistema la cual se observa en la Figura 5.19.D., el cual se identificó que el sistema se estabiliza en un intervalo de 2 segundos, y aumenta solo 1 °C lo cual es

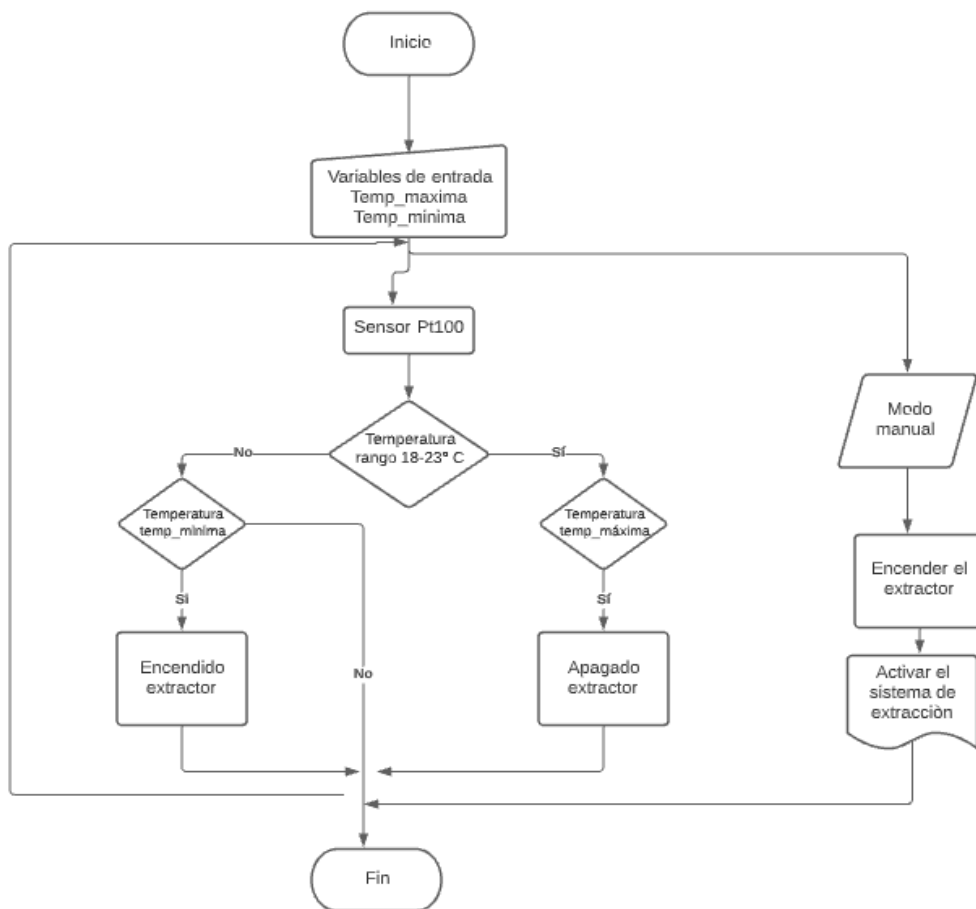
beneficioso para el sistema ya que cuenta con una velocidad de respuesta rápida ante cualquier perturbación que se de en la temperatura exterior.



**Figura 5.19.D.** Estabilidad del sistema por medio del controlado PI

### 5.20 Diagrama de bloque del control de temperatura

La Figura 5.20., como se observa el diagrama de bloques es la representación del sistema interno se realice mediante bloques para el control de temperatura del invernadero de altura.



**Figura 5.20.** Diagrama de bloques

### 5.20.1 Diagrama de bloques para el Sensor PT100

El diagrama de bloques está conformado para el control de temperatura indica una serie de procedimientos dentro del sistema, propuestos para su pleno desarrollo, donde se encontrarán variables de entrada, niveles de temperatura para activar sensores y activar gradualmente los extractores del invernadero. El diagrama de flujo que se puede ver en la Figura 5.20., muestra la ejecución de un sistema de sensor de temperatura tipo k, el cual indica el máximo o mínimo sobre el rango de temperatura de 18 °C a 30 °C cuando se ingresa una variable de temperatura.

## 6 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

### 6.1 Presupuesto

La Tabla 6.1., se observa el presupuesto de la implementación de un sistema pozo canadiense para el control de temperatura de un invernadero ubicado en el Campus Salache un costo de inversión del presente proyecto que se diseñó dentro de un área de 90 m<sup>2</sup>.

**Tabla 6.1.** Gastos directos (Material eléctrico)

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	Logo 12 - 24RC 12/24VDC 8DI - 4DO	180,3571	180,3571
1	Gabinete de control 30X30X20	27,723	27,723
1	Fuente de poder Reg 85 -264VAC 24VDC 75W 3,1A	31,25	31,25
1	Patch cord CAT5E 5mtr gris	2,48	2,48
1	Centrifugo GKE 100L 63W 144CFM Yilida 220/1/60 en línea manga 4" (Extractor)	195,19	195,19
1	Electroventilador (Extractor)	40,18	40,18
2	Acondicionador RTD pt 100 -50 a 100 °C, 0-10V	38	76
2	Pt100 sonda de temperatura -50 a 350°C	19,98	39,96
1	Luz piloto rojo 22mm 220V	0,89	0,89
1	Luz piloto verde 22mm 220V	0,89	0,89
1	Selector 2 posiciones	1,2	1,2

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	Riel Din metálica 1mtr	1,16	1,16
1	Logo! TD Text display 6 Line, 3background colors 2	3,17	269
1	Dimmer	9	9
1	Breakers de riel 1P 6A-6KA CSC	3,12	3,12
1	Breakers Schneider de riel 2P 10A	8,7	8,7
1	Contactador CSC C1-D12 12A-4HP 110V	8,4	8,4
1	Contactador CSC C1-D1 12A-4HP 110V	9,23	9,23
1	Cable flexible #16 10m	0,89	0,89
1	Cable flexible #18 10m	0,63	0,63
1	Cable flexible #16	1,79	1,79
1	Alambre solido #14 THHN 100m	31,5	31,5
1	Alambre solido #14 THHN 20m	4,5	4,5
1	Alambre solido #12 THHN 50m	23,85	23,85
1	Cable sucre 2X14 20m	18	18
1	Manguera 3/4" 20m	3,6	3,6

Tabla 6.2. Gastos directos (Material tubería)

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
6	Tuvo PVC de 110MX3M Pacifi	51,3	51,3
3	Tuvo PVC de 160MX3M Pacifi	40,14	40,14
4	Codo PVC de 160M*90°	25,2	25,2
7	TEE PVC de REDU 160a1 10MM Plastigama	80,01	80,01
2	Codo PVC de 110MM*90°	3,69	3,69
3	Tapón PVC de 110MM plastigama	6,21	6,21

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
4	Reducción PVC de 160A110 BUJE plastigama	36	36
1	Pega Weldon 1 litro	9,18	9,18
6	Tuvo PVC de 110MX3M Pacifi	51,3	51,3
2	Tuvo PVC de 110MX3M Pacifi	12,5	12,5
1	YEE PVC de 110 Pacifi	3,47	3,47
1	Codo PVC de 110MM*90°	1,83	1,83
		<b>Total</b>	\$ 320,83

Tabla 6.3. Gastos indirectos (Materiales)

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Precio Total
1	Manguera 3/4" 50m	9	9
6	Abrazaderas EMP 3/4" 1	0,81	0,81
15	Taco fisher #6	0,27	0,27
15	Tornillo TRIPA 8X1 1/4 (4,2X32)	0,27	0,27
10	Remache POP 3/16"X3/4"	0,27	0,27
1	Broca hierro 3/16" INGCO	0,63	0,63
30	Taco fisher #6	0,54	0,54
30	Tornillo TRIPA 8X1 1/4 (4,2X32)	0,54	0,54
1	Amarra plastica 25cmX7,20 negra	4,19	4,19
1	Candado Globe 40 bronce	2,38	2,38
1	Taípe blanco GRD 3/4" 20YDS	0,89	0,89
1	Invernadero	250	250
1	Techo para extractor	30	30
		<b>Total</b>	\$ 300,24

**Tabla 6.4.** Resultados precio total

<b>Descripción</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Material eléctrico	919,1001	919,1001
Material tubería	320,83	320,83
Adicionales	300,24	300,24
Mano de obra	296,42	296,42
	<b>Subtotal 12%</b>	\$ 1 640,17
	<b>IVA 12%</b>	\$ 196,82
	<b>Total</b>	\$ 1 837,00

### 6.1.1 Valor actual neto (VAN)

Indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que se tendrá en el proyecto de pozo canadiense, el tiempo estimado que se recuperara descontando la inversión inicial para saber si se obtendrán beneficios del proyecto, hallar el van de un proyecto de inversión para saber si dicho proyecto es viable o no [27].

### 6.1.2 Tasa interna de retorno (TIR)

Conocida como la tasa de descuento, es igual al valor presente del ingreso propuesto y el valor presente de los egresos [26].

En el análisis, el proyecto de inversión pública se utilizó la referencia del Banco Central del Ecuador, que es de 9,16 % anual.

### 6.1.3 Cantidad de la inversión

El proyecto del pozo canadiense tiene una inversión de \$ 2 000 y el proyecto de calefacción eléctrica tiene una inversión \$ 4 000.

### 6.1.4 Ingresos

Tenemos ganancias de \$ 900 cada año, flujo de caja proyectado para 5 años.

### 6.1.5 Egresos

Se considera en los egresos el consumo de energía eléctrica anual.

### 6.1.6 Resultados considerando el VAN y TIR

La Tabla 6.5., se observa para poder elegir el mejor proyecto a invertir a y b se considera el VAN y TIR de cada uno, en el cual se identificó que el proyecto es rentable ya que nos da un VAN positivo, y podemos recuperar la inversión en un año, teniendo en cuenta solo el consumo de energía eléctrica.

**Tabla 6.5.** Valores calculados VAN y TIR

		<b>Energía Geotérmica</b>	<b>Calefacción y ventilación eléctrica</b>
a	VAN	\$ 1 079	\$ -2 780
b	TIR	28 %	-23 %

Un VAN positivo (mayor que cero) significa que el proyecto del pozo canadiense es rentable ya que estamos satisfaciendo la tasa de rentabilidad esperada de 9,16 %, pero además obteniendo una ganancia adicional de \$ 1079.

En caso de que hubiésemos tenido como resultado un VAN igual a cero el proyecto también hubiese sido rentable ya que aún estaríamos satisfaciendo la tasa de rentabilidad esperada.

Un VAN negativo el proyecto de calefacción eléctrica no es rentable ya que no estaríamos satisfaciendo la tasa de rentabilidad esperada, y además estaríamos teniendo una pérdida de \$ - 2 780.

Tenemos una tasa interna de retorno (TIR) nos da una medida relativa de la rentabilidad, es decir, va a venir expresada en tanto por ciento [27].

## 6.2 Análisis de impactos

### 6.2.1 Impactos prácticos

La energía geotérmica o intercambiador de calor es manipulada por un sistema de control que nos permite el monitoreo y registro de datos para poder tener fundamentos reales de la temperatura, y así verificar el comportamiento del sistema que ayuda a la climatización y calefacción del invernadero, debido a la variaciones climatológicas del lugar con temperaturas muy variantes a diario, es decir tiene una gran amplitud térmica frío o heladas durante las noches y calor durante el día, al encender el extractor habrá un intercambio de temperaturas que

contribuye al invernadero a soportar las bajas temperaturas que se da en las madrugadas y la ventilación durante los días calurosos. La toma de datos favorecerá para futuros estudios para tener un mejor monitoreo en el invernadero, también se puede verificar cuanto será el consumo energético, además de ser un sistema ecológico con el ambiente, el consumo eléctrico es mínimo.

### **6.2.2 Impactos tecnológicos**

La tecnología ha aportado grandes beneficios en la industria agrícola, ya que se puede tener un control de temperatura dentro de un invernadero, con la implementación de sensores que permiten ver el comportamiento del intercambiador de calor, mediante el software LOGO!Soft Comfort se configura para tener un registro de datos que ayudará a tener información amplia del sistema para futuros estudios.

### **6.2.3 Impactos sociales**

Mediante la implementación del sistema geotérmico para la calefacción o refrigeración de un invernadero en altura, nos da una gran ventaja ya que nos permite el ahorro de energía eléctrica además de ser amigable con el medio ambiente, en los países desarrollados se realizan este tipo de sistemas los cuales se enfocan que en un futuro sin contaminación ambiental.

La energía geotérmica ayuda a la climatización del invernadero, beneficio directo hacia los estudiantes y profesores encargados, es un aporte muy significativo hacia la carrera de Agronomía dentro del ámbito de investigación.

### **6.2.4 Impactos ambientales**

La implementación del pozo canadiense es un proyecto de energía renovable, eficiente y sostenible, amigable con el medio ambiente un sistema con un consumo mínimo de energía eléctrica, especialmente es un sistema de ventilación o recuperador de calor.

El sistema geotérmico utilizado para el control de temperatura en invernaderos de altura se realizó debido a que en zonas altas las condiciones climatológicas varían drásticamente impidiendo así cultivar ciertas plantas, el pozo canadiense realiza la convección aire tierra proporcionando un flujo de calor al interior del invernadero el cual se utiliza para ventilación o calefacción. Este sistema presenta grandes ventajas a comparación con un sistema de ventilación convencional una de ellas es que al estar utilizando energía renovable no emite gases de efecto invernadero al medio ambiente, además de presentar un ahorro económico, su vida útil oscila entre los 70 años, los agricultores del páramo podrán cultivar tomate, babaco,

lechuga, pimiento y fresa, siendo así una ayuda económica tanto para sus hogares como para la comunidad, también ayuda a mejorar la calidad de vida.

## **7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 Conclusiones**

El sistema de pozo canadiense presenta varias ventajas como por ejemplo son amigables con el medio ambiente porque no emiten CO<sub>2</sub>, ni gases de efecto invernadero además su consumo energético es muy reducido.

Al realizar el cálculo del sistema geotérmico se obtuvo una longitud de 20 m para la tubería a una profundidad de 1,80 m, mediante el cual se logró una extracción de aire de una temperatura de 20 °C a 22 °C hacia el interior del invernadero.

Mediante registrador de datos, se determinó que el sistema geotérmico logra disminuir una temperatura de 2 °C a 3 °C para ventilación en horas pico, mientras que en la madrugada se utiliza para calefacción en la cual se aumentó una temperatura de 2 °C a 3 °C, en condiciones drásticas se obtuvo el control de temperatura de 1 °C tanto para calefacción como ventilación.

Tras la implementación del pozo canadiense se pudo observar que este tiene más fiabilidad en el verano ya que se percibe una mejor transferencia de calor entre el pozo y el subsuelo, el pozo tiene mayor eficiencia cuando se acciona la ventilación, esto se debe realizar antes de alcanzar la máxima temperatura en el interior del invernadero. Por lo tanto, en el interior del pozo canadiense podemos decir que se obtiene una temperatura constante, mientras si la condición exterior no presenta perturbaciones muy elevadas de la temperatura.

### **7.2 Recomendaciones**

Si se quiere implementar el sistema geotérmico para un invernadero de mayor longitud tanto para calefacción y refrigeración se recomienda la instalación de más extractores, así como también aumentar la longitud de la tubería y el diámetro de la misma.

Para poder implementar este sistema en lugares de altura muy remotos en donde no existe energía eléctrica se podría instalar paneles fotovoltaicos los cuales almacenen energía para poner en funcionamiento los extractores ya que su consumo de energía es bajo.

Para tener un sistema geotérmico es necesario adquirir una bomba de calor geotérmica aire – tierra, ya que la bomba le da más eficiencia al sistema.

La creación de una nueva ventana en el lado lateral del invernadero sería un aporte que beneficiará a la temperatura en el interior del invernadero en horas picos, además se debe tener en cuenta que en las madrugadas donde se da temperaturas bajas se debe tener un invernadero hermético para no tener pérdidas de calor.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

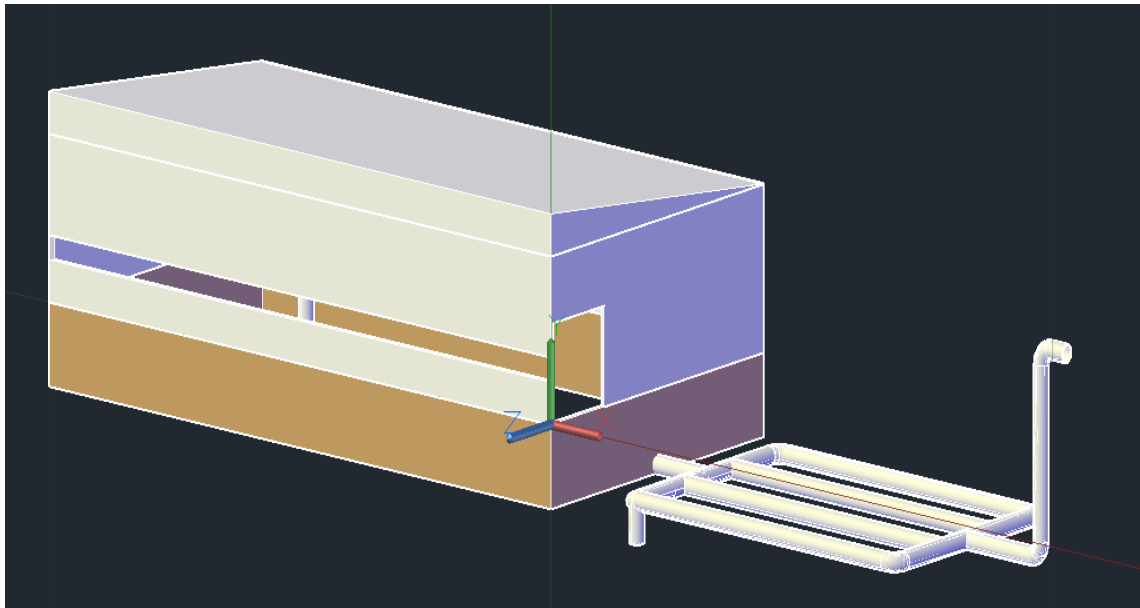
- [1] M. D. Cárcel Francisco, “La energía geotérmica de baja entalpía,” vol. 4, pp. 96–108, 2015.
- [2] E. Rosero Muñoz, “Diseño de una bomba de calor a partir de la energía geotérmica para acondicionar un invernadero florícola,” 2019. [Online]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9753/1/T-UCE-0006-102.pdf>.
- [3] G. Llopis Trillo and V. Rodrigo Angulo, “Guía de la Energía Geotérmica,” Univ. Politécnica Madrid, p. 178, 2008, [Online]. Available: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-la-energia-geotermica.pdf>.
- [4] N. A. Mar, C. Directoras, and N. Rodr, “Eficiencia energetica a traves de utilizacion de pozos canadienses con el analisis de datos de un caso ral ‘Casa Pomaret’,” 2012.
- [5] ICCA, Uso y acceso a las energías renovables en territorios rurales. 2015.
- [6] O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, and Y. Sokona, Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático. 2011.
- [7] F. A. Santilli, “Energía Geotérmica de Baja Entalpía: Comprobación de presencia y análisis conceptual de aprovechamiento,” 2014.
- [8] European Commission, “CORDIS Results Pack on geothermal energy,” no. April, 2020.
- [9] A. Saunders, La Energía Geotérmica. 2015.
- [10] M. Á. Abril C., “Estudio sobre la generación de energía geotérmica para su aprovechamiento en el sector de la construcción y las cimentaciones,” Univ. St. Tomás, pp. 1–104, 2017.
- [11] M. Seisdedos, “Climatización De Edificios Por Medio Del Intercambio De Calor Con El Subsuelo Y Agua Subterránea Aspectos a Considerar En El Contexto Local,” Univ. Chile Fac. Ciencias Físicas Y Matemáticas Dep. Geol., pp. 31–45, 2012, [Online]. Available: [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111538/cf-seisdedos\\_ms.pdf?sequence=1](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/111538/cf-seisdedos_ms.pdf?sequence=1).
- [12] R. Peralta and R. Miranda, “Análisis de estudio de la energía Geotérmica de las aguas termales de Putina empleando isobutano para la generación de energía eléctrica para la localidad de Putina,” 2017.
- [13] A. Carol and O. Roylam, “Estado del arte del aprovechamiento de energía geotérmica para climatización de ambientes mediante la técnica de pozo canadiense,” pp. 44–52, 2019.
- [14] G. Girod, “Qué es la energía geotérmica,” 2018. <https://girodgeotermia.com/que-es-la-energia-geotermica/> (accessed Dec. 27, 2021).

- [15] O. Molina, “Valoración del potencial energético basado en el recurso geotérmico de baja entalpía en la isla de gran Canaria,” pp. 1–86.
- [16] Reunidas, “Geotermia ¿Captación Horizontal o Captación Vertical?,” 2017. <https://www.t-reunidas.es/geotermia-captacion-horizontal-captacion-vertical/>.
- [17] J. Escuer, “Intercambiadores tierra-aire en la climatización de construcciones. Pozos provenzales y técnicas emparentadas.,” pp. 1–12, 2009.
- [18] P. Cazau, I. A. La, I. En, C. Investigación, and E. I. Científica, “Investigación en Ciencias Sociales,” *Rev. Occident.*, vol. 2018-Decem, no. 451, pp. 121–123, 2018.
- [19] V. Carlos and A. Ronald, “Diseño e implementación de un sistema de control de temperatura y nivel de agua en la planta de llenado de tanques del laboratorio de automatización industrial utilizando un algoritmo pid,” *Adv. Opt. Mater.*, vol. 10, no. 1, pp. 8–9, 2018, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16060>.
- [20] H. Sánchez Carlessi, C. Reyes Romero, and K. Mejía Sáenz, *Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística*. 2018.
- [21] A. Jeklin, “Qué es un Siemens LOGO,” *Siemens LOGO*, 2014. [https://siemenslogo.com/module/ph\\_simpleblog/module-ph\\_simpleblog-single?sb\\_category=general&rewrite=que-es-un-siemens-logo](https://siemenslogo.com/module/ph_simpleblog/module-ph_simpleblog-single?sb_category=general&rewrite=que-es-un-siemens-logo) (accessed Jan. 05, 2022).
- [22] B. Abad and J. P. Farez, “Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de variables climáticas que afectan al cultivo de café, en la plantación ASOPROCCSI ubicado en Santa Isabel,” 2018.
- [23] J. A. Encinas Pajares and E. Llobet Valero, “Simulador de Temperatura de un Sensor RTD PT100 mediante MicroConvertidor ADuC812 e Interfaz de Usuario LabVIEW,” *Trab. grado*, 2011.
- [24] A. Creus, *Instrumentación Industrial*. 2010.
- [25] D. D. p. Incropera Frank P., *Fundamentos de transferencia calor y masa*. 2011.
- [26] Y. Cengel and M. Boles, *Termodinámica*. 2005.
- [27] J. Torres and J. Paredes, “Análisis de tentabilidad económica de los nuevos alojamientos turísticos regulados por el misterio de turismo e el año 2015 para determinar el punto de equilibrio en puerto Ayora - Galápagos,” *Universidad Central del Ecuador sede Galápagos*, 2016.

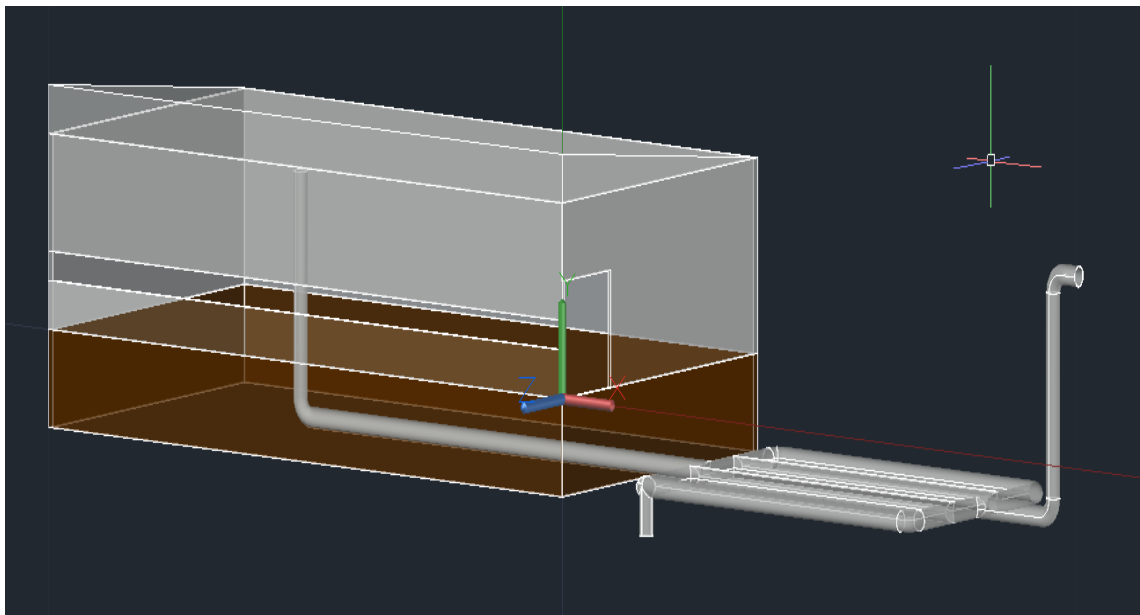
## 9 ANEXOS

### ANEXO I.

En la Figura A.1., se observa el diseño del sistema de pozo canadiense y del invernadero en AutoCAD 3D el cual se encuentra ubicado en la Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache.



**Figura A.1.** Diseño del sistema geotérmico



**Figura A.1.1** Diseño del invernadero y tubería

**ANEXO II.**

En la Figura A.2., se observa la excavación tanto del pozo canadiense como del invernadero además de la construcción del invernadero y el sistema de tubos enterrados.



**Figura A. 2.** Excavación del área para el pozo canadiense



**Figura A. 2.1.** Ducto recolector de agua



**Figura A.2.2.** Desfogue para el agua que almacena la tubería



**Figura A.2.3.** Soterramiento de la tubería



**Figura A.2.4.** Soterramiento de la tubería



**Figura A.2.5.** Soterramiento de la tubería



**Figura A.2.6.** Construcción del invernadero

**ANEXO III.**

La Anexo III., se observa las temperaturas interiores del invernadero y pozo canadiense.

**Anexo III.** Temperatura del invernadero y pozo canadiense

Fecha	Hora	Temperatura Invernadero	Temperatura Pozo Canadiense
24/1/2022	15:03:01	25	19
24/1/2022	15:33:02	25	19
24/1/2022	16:03:03	21	19
24/1/2022	16:33:04	18	19
24/1/2022	17:03:05	10	18
24/1/2022	17:33:07	9	19
24/1/2022	18:03:08	7	18
24/1/2022	18:33:09	8	18
24/1/2022	19:03:10	9	18
24/1/2022	19:33:11	9	17
24/1/2022	20:03:13	10	19
24/1/2022	20:33:14	8	17
24/1/2022	21:03:15	9	17
24/1/2022	21:33:16	9	17
24/1/2022	22:03:17	10	18
24/1/2022	22:33:18	9	17
25/1/2022	1:00:00	10	17

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

Fecha	Hora	Temperatura Invernadero	Temperatura Pozo Canadiense
25/1/2022	1:30:00	8	17
25/1/2022	2:00:02	9	18
25/1/2022	2:30:03	8	18
25/1/2022	3:00:04	7	17
25/1/2022	3:30:05	9	17
25/1/2022	4:00:06	8	17
25/1/2022	4:30:07	8	17
25/1/2022	5:00:09	9	17
25/1/2022	5:30:10	10	17
25/1/2022	6:00:11	8	17
25/1/2022	6:30:12	9	17
25/1/2022	7:00:13	9	17
25/1/2022	7:30:15	10	17
25/1/2022	8:00:16	11	18
25/1/2022	8:30:17	12	18
25/1/2022	9:00:18	12	18
25/1/2022	9:30:19	13	18
25/1/2022	10:00:20	13	18
25/1/2022	10:30:22	13	18
25/1/2022	11:00:23	21	19
25/1/2022	11:30:24	20	18
25/1/2022	12:00:25	27	18
25/1/2022	12:30:26	30	19
25/1/2022	13:00:27	33	17
25/1/2022	13:30:29	27	17
25/1/2022	14:00:30	22	19
25/1/2022	14:30:31	15	18
25/1/2022	15:00:32	15	18
25/1/2022	15:30:33	14	18
25/1/2022	16:00:34	14	18
25/1/2022	16:30:36	12	18
25/1/2022	17:00:36	11	18
25/1/2022	17:30:38	9	18
25/1/2022	18:00:39	8	18
25/1/2022	18:30:40	9	18
25/1/2022	19:00:41	10	17
25/1/2022	19:30:42	11	17
25/1/2022	20:00:43	10	17
25/1/2022	20:30:45	9	18
25/1/2022	21:00:46	8	17
25/1/2022	21:30:47	10	17
25/1/2022	22:00:48	10	17

Fecha	Hora	Temperatura Invernadero	Temperatura Pozo Canadiense
25/1/2022	22:30:49	9	17
26/1/2022	1:00:00	9	17
26/1/2022	1:30:01	8	17
26/1/2022	2:00:02	8	17
26/1/2022	2:30:03	9	16
26/1/2022	3:00:04	10	17
26/1/2022	3:30:06	11	16
26/1/2022	4:00:06	10	16
26/1/2022	4:30:08	9	17
26/1/2022	5:00:09	9	16
26/1/2022	5:30:10	9	16
26/1/2022	6:00:11	8	16
26/1/2022	6:30:12	10	16
26/1/2022	7:00:14	10	16
26/1/2022	7:30:15	10	18
26/1/2022	8:00:16	9	17
26/1/2022	8:30:17	8	18
26/1/2022	9:00:18	10	18
26/1/2022	9:30:19	11	18
26/1/2022	10:00:21	12	18

**ANEXO IV.**

En el Anexo IV., se observa el registro de datos de la Temperatura tanto Interior como Exterior del invernadero.

**Anexo IV.** Temperatura interior – exterior del invernadero

Fecha	Hora	Temperatura Externa (°C)	Temperatura Interna (°C)
28/01/2022	15:55:48	15	19
28/01/2022	15:57:49	14	18
28/01/2022	15:59:50	13	18
28/01/2022	16:01:51	14	18
28/01/2022	16:03:52	12	18
28/01/2022	16:05:53	12	17
28/01/2022	16:07:54	12	17
28/01/2022	16:09:55	14	19
28/01/2022	16:11:56	14	18

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

Fecha	Hora	Temperatura Invernadero	Temperatura Pozo Canadiense
28/01/2022	16:13:57	12	17
28/01/2022	16:15:58	13	18
28/01/2022	16:17:59	12	17
28/01/2022	16:20:00	12	17
28/01/2022	16:22:01	12	18
28/01/2022	16:24:02	11	17
28/01/2022	16:26:03	13	18
28/01/2022	16:28:04	10	17
28/01/2022	16:30:05	10	17
28/01/2022	16:32:06	10	17
28/01/2022	16:34:07	12	18
28/01/2022	16:36:08	12	18
28/01/2022	16:38:09	13	18
28/01/2022	16:40:10	13	18
28/01/2022	16:42:11	12	18
28/01/2022	16:44:12	10	17
28/01/2022	16:46:13	11	17
28/01/2022	16:48:14	12	18
28/01/2022	16:50:15	11	18
28/01/2022	16:52:16	12	18
28/01/2022	16:54:17	11	18
28/01/2022	16:56:18	11	18
28/01/2022	16:58:19	10	17
28/01/2022	17:00:20	11	18
28/01/2022	17:02:21	9	17
28/01/2022	17:04:22	10	18
28/01/2022	17:06:23	10	17
28/01/2022	17:08:24	11	18
28/01/2022	17:10:25	11	18
28/01/2022	17:12:26	11	18
28/01/2022	17:14:27	9	17
28/01/2022	17:16:28	9	17
28/01/2022	17:18:29	9	17
28/01/2022	17:20:30	9	17
28/01/2022	17:22:31	9	18
28/01/2022	17:24:32	9	17
28/01/2022	17:26:33	10	18
28/01/2022	17:28:34	7	16
28/01/2022	17:30:35	8	17

**ANEXO V.**

En el anexo V., se observa la toma de datos de la temperatura del invernadero sin extractor con la ventana cerrada en un día caluroso.

**Anexo V.** Temperatura invernadero interior – pozo canadiense día caluroso

Fecha	Temperatura interior Invernadero °C	Temperatura Pozo Canadiense °C	Hora
25/01/2022	9	17	1:00:00
25/01/2022	8	17	1:30:00
25/01/2022	10	17	2:00:02
25/01/2022	10	17	2:30:03
25/01/2022	9	16	3:00:04
25/01/2022	9	17	3:30:05
25/01/2022	8	16	4:00:06
25/01/2022	10	16	4:30:07
25/01/2022	11	16	5:00:09
25/01/2022	10	15	5:30:10
25/01/2022	8	17	6:00:11
25/01/2022	8	15	6:30:12
25/01/2022	9	15	7:00:13
25/01/2022	10	15	7:30:15
25/01/2022	11	16	8:00:16
25/01/2022	12	15	8:30:17
25/01/2022	12	15	9:00:18
25/01/2022	13	15	9:30:19
25/01/2022	13	16	10:00:20
25/01/2022	13	16	10:30:22
25/01/2022	21	15	11:00:23
25/01/2022	20	15	11:30:24
25/01/2022	27	15	12:00:25
25/01/2022	30	15	12:30:26
25/01/2022	33	15	13:00:27
25/01/2022	27	15	13:30:29
25/01/2022	22	15	14:00:30
25/01/2022	15	15	14:30:31
25/01/2022	15	15	15:00:32
25/01/2022	14	15	15:30:33
25/01/2022	14	16	16:00:34
25/01/2022	12	16	16:30:36
25/01/2022	11	16	17:00:36
25/01/2022	13	16	17:30:38
25/01/2022	13	16	18:00:39

Fecha	Temperatura interior Invernadero °C	Temperatura Pozo Canadiense °C	Hora
25/01/2022	12	16	18:30:40
25/01/2022	10	17	19:00:41
25/01/2022	9	16	19:30:42
25/01/2022	9	16	20:00:43
25/01/2022	10	17	20:30:45
25/01/2022	9	15	21:00:46
25/01/2022	8	15	21:30:47
25/01/2022	8	17	22:00:48
25/01/2022	9	16	22:30:49

**ANEXO VI.**

En el anexo VI., se observa la toma de datos de la temperatura en el invernadero al medio día sin extractor con ventana cerrada en un día caluroso.

**Anexo VI.** Temperatura interior invernadero – pozo canadiense día caluroso

Fecha	Hora	Temperatura interior Invernadero °C	Temperatura Pozo Canadiense °C
26/01/2022	11:39	33	15
26/01/2022	11:40	34	16
26/01/2022	11:41	33	15
26/01/2022	11:42	31	15
26/01/2022	11:43	30	15
26/01/2022	11:44	32	16
26/01/2022	11:45	33	16
26/01/2022	11:46	34	15
26/01/2022	11:47	33	15
26/01/2022	11:48	32	15
26/01/2022	11:49	30	15
26/01/2022	11:50	31	16
26/01/2022	11:51	33	15
26/01/2022	11:52	32	15
26/01/2022	11:53	29	16
26/01/2022	11:54	31	15
26/01/2022	11:55	30	16
26/01/2022	11:56	32	16
26/01/2022	11:57	30	15
26/01/2022	11:58	31	16
26/01/2022	11:59	30	15
26/01/2022	12:00	32	16
26/01/2022	12:01	30	15

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

Fecha	Hora	Temperatura interior Invernadero °C	Temperatura Pozo Canadiense °C
26/01/2022	12:02	31	15
26/01/2022	12:03	30	16
26/01/2022	12:04	32	16
26/01/2022	12:05	30	15
26/01/2022	12:06	31	16
26/01/2022	12:07	30	16
26/01/2022	12:08	32	16
26/01/2022	12:09	30	16
26/01/2022	12:10	31	15
26/01/2022	12:11	30	15
26/01/2022	12:12	32	16
26/01/2022	12:13	30	15
26/01/2022	12:14	31	15
26/01/2022	12:15	30	15
26/01/2022	12:17	32	15
26/01/2022	12:18	30	16
26/01/2022	12:19	31	15
26/01/2022	12:20	30	16
26/01/2022	12:21	32	15
26/01/2022	12:22	30	16
26/01/2022	12:23	32	16
26/01/2022	12:24	33	16
26/01/2022	12:25	32	15
26/01/2022	12:26	33	16
26/01/2022	12:27	32	15
26/01/2022	12:28	34	15
26/01/2022	12:29	35	15
26/01/2022	12:30	36	16
26/01/2022	12:31	34	16
26/01/2022	12:32	34	16
26/01/2022	12:33	32	16
26/01/2022	12:34	30	16
26/01/2022	12:35	31	16
26/01/2022	12:36	30	15
26/01/2022	12:37	32	16
26/01/2022	12:38	30	16
26/01/2022	12:39	31	16
26/01/2022	12:40	30	16
26/01/2022	12:41	32	15
26/01/2022	12:42	30	16
26/01/2022	12:43	31	16
26/01/2022	12:44	33	15

Fecha	Hora	Temperatura interior Invernadero °C	Temperatura Pozo Canadiense °C
26/01/2022	12:45	32	16
26/01/2022	12:46	30	15
26/01/2022	12:47	31	15
26/01/2022	12:48	30	15
26/01/2022	12:49	32	15
26/01/2022	12:50	30	15
26/01/2022	12:51	31	16
26/01/2022	12:52	30	15
26/01/2022	12:53	33	15
26/01/2022	12:54	31	16
26/01/2022	12:55	31	15
26/01/2022	12:56	30	16
26/01/2022	12:57	32	16
26/01/2022	12:58	30	16

**ANEXO VII.**

En el anexo VII., se observa la toma de datos de la temperatura en el Invernadero con el extractor activado y la ventana abierta en un día caluroso.

**Anexo VII.** Temperatura interior invernadero – pozo canadiense

Fecha	Hora	Temperatura invernadero °C	Temperatura Pozo Canadiense °C
24/01/2022	11:39:23	27	15
24/01/2022	11:40:24	29	16
24/01/2022	11:41:25	28	15
24/01/2022	11:42:26	29	15
24/01/2022	11:43:27	29	15
24/01/2022	11:44:28	31	16
24/01/2022	11:45:29	31	16
24/01/2022	11:46:30	29	15
24/01/2022	11:47:31	30	15
24/01/2022	11:48:32	29	15
24/01/2022	11:49:33	30	15
24/01/2022	11:50:34	31	16
24/01/2022	11:51:35	30	15
24/01/2022	11:52:36	29	15
24/01/2022	11:53:37	29	16
24/01/2022	11:54:38	29	15
24/01/2022	11:55:39	30	16
24/01/2022	11:56:40	30	16

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

Fecha	Hora	Temperatura invernadero °C	Temperatura Pozo Canadiense °C
24/01/2022	11:57:41	28	15
24/01/2022	11:58:42	29	16
24/01/2022	11:59:43	28	15
24/01/2022	12:00:44	29	16
24/01/2022	12:01:45	29	15
24/01/2022	12:02:46	29	15
24/01/2022	12:03:47	30	16
24/01/2022	12:04:48	29	16
24/01/2022	12:05:49	29	15
24/01/2022	12:06:50	30	16
24/01/2022	12:07:51	30	16
24/01/2022	12:08:52	31	16
24/01/2022	12:09:53	31	16
24/01/2022	12:10:54	30	15
24/01/2022	12:11:55	29	15
24/01/2022	12:12:56	29	17
24/01/2022	12:13:57	27	17
24/01/2022	12:14:58	28	15
24/01/2022	12:15:59	29	15
24/01/2022	12:17:00	30	15
24/01/2022	12:18:01	30	16
24/01/2022	12:19:02	29	15
24/01/2022	12:20:03	30	16
24/01/2022	12:21:04	30	15
24/01/2022	12:22:05	29	16
24/01/2022	12:23:06	30	16
24/01/2022	12:24:07	28	16
24/01/2022	12:25:08	27	15
24/01/2022	12:26:09	27	16
24/01/2022	12:27:10	25	15
24/01/2022	12:28:11	25	15
24/01/2022	12:29:12	25	15
24/01/2022	12:30:13	26	16
24/01/2022	12:31:14	25	16
24/01/2022	12:32:15	26	15
24/01/2022	12:33:16	25	15
24/01/2022	12:34:17	24	15
24/01/2022	12:35:18	25	16
24/01/2022	12:36:19	26	16
24/01/2022	12:37:20	28	15
24/01/2022	12:38:21	28	15
24/01/2022	12:39:22	31	15

Fecha	Hora	Temperatura invernadero °C	Temperatura Pozo Canadiense °C
24/01/2022	12:40:23	29	15
24/01/2022	12:41:24	27	15
24/01/2022	12:42:25	27	15
24/01/2022	12:43:26	28	16
24/01/2022	12:44:27	27	16
24/01/2022	12:45:28	30	16
24/01/2022	12:46:29	29	15
24/01/2022	12:47:30	29	15
24/01/2022	12:48:31	30	15
24/01/2022	12:49:32	28	15
24/01/2022	12:50:33	28	15
24/01/2022	12:51:34	30	16
24/01/2022	12:52:35	28	15
24/01/2022	12:53:36	29	15
24/01/2022	12:54:37	30	16
24/01/2022	12:55:38	28	15
24/01/2022	12:56:39	29	16
24/01/2022	12:57:40	29	15
24/01/2022	12:58:41	29	17

**ANEXO VIII.**

En el Anexo VIII., se observa la toma de datos de la temperatura en el invernadero con el extractor activado y la ventana abierta en un día caluroso.

**Anexo VIII.** Temperatura invernadero con extractor activo y ventana abierta

Fecha	Hora	Temperatura Invernadero °C	Temperatura Pozo Canadiense °C
26/01/2022	10:17:04	30	15
26/01/2022	10:19:05	29	16
26/01/2022	10:21:06	31	15
26/01/2022	10:23:07	28	15
26/01/2022	10:25:08	28	15
26/01/2022	10:27:09	30	15
26/01/2022	10:29:10	28	16
26/01/2022	10:31:11	31	15
26/01/2022	10:33:12	27	15
26/01/2022	10:35:13	29	15
26/01/2022	10:37:14	27	16

Fecha	Hora	Temperatura Invernadero °C	Temperatura Pozo Canadiense °C
26/01/2022	10:39:15	25	15
26/01/2022	10:41:16	28	16
26/01/2022	10:43:17	27	15
26/01/2022	10:52:28	25	15
26/01/2022	10:54:29	27	15
26/01/2022	10:56:30	26	15
26/01/2022	10:58:31	28	15
26/01/2022	11:00:32	29	15
26/01/2022	11:02:33	26	16
26/01/2022	11:04:34	26	16
26/01/2022	11:06:35	27	15
26/01/2022	11:08:36	25	15
26/01/2022	11:10:37	27	16
26/01/2022	11:12:38	29	15
26/01/2022	11:14:39	30	16
26/01/2022	11:16:40	31	16

**ANEXO IX.**

En el Anexo IX., se observa la toma de datos de la temperatura en el invernadero sin extractor y con la ventana cerrada en la madrugada.

**Anexo IX.** Temperatura invernadero sin extractor – ventana cerrada en la madrugada

Fecha	Hora	Temperatura Invernadero °C	Temperatura Pozo Canadiense °C
23/01/2022	16:13:35	15	15
23/01/2022	16:31:39	10	15
23/01/2022	17:01:40	10	15
23/01/2022	17:31:42	9	16
23/01/2022	18:01:42	8	15
23/01/2022	18:31:44	9	16
23/01/2022	19:01:45	9	15
23/01/2022	19:31:46	10	14
23/01/2022	20:01:47	11	15
23/01/2022	20:31:49	13	15
23/01/2022	21:01:49	12	15
23/01/2022	21:31:51	10	15
23/01/2022	22:01:52	9	14
23/01/2022	22:31:53	9	15
23/01/2022	1:00:00	8	17

Fecha	Hora	Temperatura Invernadero °C	Temperatura Pozo Canadiense °C
23/01/2022	1:30:01	9	16
23/01/2022	2:00:02	10	15
23/01/2022	2:30:03	9	15
23/01/2022	3:00:04	9	15
23/01/2022	3:30:06	8	15
23/01/2022	4:00:06	9	15
23/01/2022	4:30:08	8	15
23/01/2022	5:00:09	10	15
23/01/2022	5:30:10	10	15
23/01/2022	6:00:11	11	15
23/01/2022	6:30:12	10	16
23/01/2022	7:00:13	12	17
23/01/2022	7:30:15	14	17

**ANEXO X.**

Toma de datos de la temperatura en el invernadero con extractor activo y la ventana cerrada en la madrugada.

**Anexo X.** Temperatura invernadero – pozo canadiense en la madrugada con extractor.

Fecha	Hora	Temperatura Invernadero °C	Temperatura Pozo Canadiense °C
24/01/2022	16:13	15	15
24/01/2022	16:31	10	15
24/01/2022	17:01	10	15
24/01/2022	17:31	9	16
24/01/2022	18:01	12	16
24/01/2022	18:31	13	16
24/01/2022	19:01	12	15
24/01/2022	19:31	13	15
24/01/2022	20:01	11	15
24/01/2022	20:31	11	15
24/01/2022	21:01	12	15
24/01/2022	21:31	13	15
24/01/2022	22:01	13	14
24/01/2022	22:31	12	14
24/01/2022	1:00	11	15
24/01/2022	1:30	11	15
24/01/2022	2:00	10	15
24/01/2022	2:30	10	15

Fecha	Hora	Temperatura Invernadero °C	Temperatura Pozo Canadiense °C
24/01/2022	3:00	12	15
24/01/2022	3:30	13	15
24/01/2022	4:00	12	14
24/01/2022	4:30	11	15
24/01/2022	5:00	13	15
24/01/2022	5:30	12	15
24/01/2022	6:00	11	15
24/01/2022	6:30	13	16
24/01/2022	7:00	13	17
24/01/2022	7:30	16	17

**ANEXO XI.**

Toma de datos de la temperatura en el invernadero y la tierra sin extractor con la ventana cerrada.

**Anexo XI.** Temperatura invernadero – tierra sin extractor

Fecha	Hora	Temperatura invernadero °C	Temperatura Tierra °C
30/01/2022	13:13:57	23	18
30/01/2022	13:44:46	16	20
30/01/2022	14:14:47	24	20
30/01/2022	14:44:48	21	20
30/01/2022	15:14:49	18	20
30/01/2022	15:44:50	12	19
30/01/2022	16:14:51	11	19
30/01/2022	16:44:53	10	18
30/01/2022	17:14:54	12	18
30/01/2022	17:44:55	11	19
30/01/2022	18:14:56	11	19
30/01/2022	18:44:57	10	18
30/01/2022	19:14:59	9	19
30/01/2022	19:45:00	9	19
30/01/2022	20:15:01	8	18
30/01/2022	20:45:02	8	18
30/01/2022	21:15:03	9	18
30/01/2022	21:45:04	9	18
30/01/2022	22:15:06	10	18
30/01/2022	22:45:07	11	17
31/01/2022	1:00:00	8	18
31/01/2022	1:30:00	9	17

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

Fecha	Hora	Temperatura invernadero °C	Temperatura Tierra °C
31/01/2022	2:00:02	9	18
31/01/2022	2:30:03	8	18
31/01/2022	3:00:04	10	18
31/01/2022	3:30:05	9	17
31/01/2022	4:00:06	9	18
31/01/2022	4:30:07	10	17
31/01/2022	5:00:09	9	18
31/01/2022	5:30:10	8	16
31/01/2022	6:00:11	8	16
31/01/2022	6:30:12	8	16
31/01/2022	7:00:13	11	18
31/01/2022	7:30:15	14	17
31/01/2022	8:00:16	13	17
31/01/2022	8:30:17	14	17
31/01/2022	9:00:18	14	18
31/01/2022	9:30:19	20	18
31/01/2022	10:00:20	14	18
31/01/2022	10:30:22	20	18
31/01/2022	11:00:23	25	19
31/01/2022	11:30:24	24	18
31/01/2022	12:00:25	23	18
31/01/2022	12:30:26	27	19
31/01/2022	13:00:27	25	19
31/01/2022	13:30:29	23	20
31/01/2022	14:00:30	29	21
31/01/2022	14:30:31	24	20
31/01/2022	15:00:32	25	22
31/01/2022	15:30:33	22	21
31/01/2022	16:00:34	22	21
31/01/2022	16:30:36	17	21
31/01/2022	17:00:36	13	21
31/01/2022	17:30:38	10	20
31/01/2022	18:00:39	11	19
31/01/2022	18:30:40	12	19
31/01/2022	19:00:41	11	19
31/01/2022	19:30:42	10	18
31/01/2022	20:00:43	9	19
31/01/2022	20:30:45	9	19
31/01/2022	21:00:46	8	19
31/01/2022	21:30:47	10	18
31/01/2022	22:00:48	9	18
31/01/2022	22:30:49	9	19

Fecha	Hora	Temperatura invernadero °C	Temperatura Tierra °C
01/02/2022	1:00:00	10	18
01/02/2022	1:30:01	8	18
01/02/2022	2:00:02	9	18
01/02/2022	2:30:03	10	17
01/02/2022	3:00:04	8	18
01/02/2022	3:30:06	8	18
01/02/2022	4:00:06	9	17
01/02/2022	4:30:08	9	17
01/02/2022	5:00:09	8	18
01/02/2022	5:30:10	10	18
01/02/2022	6:00:11	10	18
01/02/2022	6:30:12	11	18
01/02/2022	7:00:13	12	16
01/02/2022	7:30:15	14	17
01/02/2022	8:00:16	16	17
01/02/2022	8:30:17	15	18
01/02/2022	9:00:18	14	18
01/02/2022	9:30:19	13	17
01/02/2022	10:00:20	14	18
01/02/2022	10:30:22	14	19
01/02/2022	11:00:23	14	18
01/02/2022	11:30:24	18	18
01/02/2022	12:00:25	25	19
01/02/2022	12:30:26	26	19
01/02/2022	13:00:28	21	19
01/02/2022	13:30:29	21	19
01/02/2022	14:00:30	22	20
01/02/2022	14:30:31	24	20
01/02/2022	15:00:32	25	21
01/02/2022	15:30:33	16	20

**ANEXO XII.**

Toma de datos de la temperatura en el invernadero y en el ambiente con el extractor activo y la ventana cerrada en la madrugada.

**Anexo XII.** Temperatura Invernadero – Ambiente

Fecha	Hora	Temperatura Ambiente °C	Temperatura Invernadero interior °C
29/01/2022	1:00:00	10	13
29/01/2022	1:02:00	9	12

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

Fecha	Hora	Temperatura Ambiente °C	Temperatura Invernadero interior °C
29/01/2022	1:04:02	9	12
29/01/2022	1:06:02	10	13
29/01/2022	1:08:04	9	11
29/01/2022	1:10:04	9	12
29/01/2022	1:12:06	9	11
29/01/2022	1:14:06	9	11
29/01/2022	1:16:08	9	11
29/01/2022	1:18:08	9	12
29/01/2022	1:20:10	9	12
29/01/2022	1:22:10	10	13
29/01/2022	1:24:12	11	13
29/01/2022	1:26:12	11	13
29/01/2022	1:28:14	9	12
29/01/2022	1:30:14	9	12
29/01/2022	1:32:16	9	12
29/01/2022	1:34:16	10	13
29/01/2022	1:36:18	10	12
29/01/2022	1:38:18	10	12
29/01/2022	1:40:20	9	12
29/01/2022	1:42:20	13	11
29/01/2022	1:44:22	13	12
29/01/2022	1:46:22	12	11
29/01/2022	1:48:24	11	11
29/01/2022	1:50:24	10	11
29/01/2022	1:52:26	9	12
29/01/2022	1:54:26	9	13
29/01/2022	1:56:28	10	13
29/01/2022	1:58:28	9	14
29/01/2022	2:00:30	10	13
29/01/2022	2:02:31	9	12
29/01/2022	2:04:32	9	12
29/01/2022	2:06:33	9	12
29/01/2022	2:08:34	9	13
29/01/2022	2:10:35	10	12
29/01/2022	2:12:36	10	12
29/01/2022	2:14:37	11	13
29/01/2022	2:16:00	11	11
29/01/2022	2:18:39	9	12
29/01/2022	2:20:40	9	11
29/01/2022	2:22:41	9	11
29/01/2022	2:24:42	10	11

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

Fecha	Hora	Temperatura Ambiente °C	Temperatura Invernadero interior °C
29/01/2022	2:26:00	10	12
29/01/2022	2:28:00	10	13
29/01/2022	2:30:45	11	13
29/01/2022	2:32:46	10	14
29/01/2022	2:34:00	9	13
29/01/2022	2:36:48	9	12
29/01/2022	2:38:00	8	12
29/01/2022	2:40:50	9	12
29/01/2022	2:42:51	9	13
29/01/2022	2:44:52	9	12
29/01/2022	2:46:53	10	12
29/01/2022	2:48:54	9	13
29/01/2022	2:50:00	9	11
29/01/2022	2:52:56	9	12
29/01/2022	2:54:00	9	11
29/01/2022	2:56:00	9	11
29/01/2022	2:58:00	9	11
29/01/2022	3:01:00	9	11
29/01/2022	3:03:01	10	13
29/01/2022	3:05:00	11	13
29/01/2022	3:07:03	11	14
29/01/2022	3:09:00	9	13
29/01/2022	3:11:00	9	12
29/01/2022	3:13:06	9	12
29/01/2022	3:15:00	10	12
29/01/2022	3:17:08	10	13
29/01/2022	3:19:00	10	12
29/01/2022	3:21:00	9	11
29/01/2022	3:23:11	9	13
29/01/2022	3:25:12	8	11
29/01/2022	3:27:00	9	12
29/01/2022	3:29:00	10	11
29/01/2022	3:31:15	10	11
29/01/2022	3:33:00	9	11
29/01/2022	3:35:17	9	12
29/01/2022	3:37:18	10	13
29/01/2022	3:39:19	9	13
29/01/2022	3:41:00	9	11
29/01/2022	3:43:21	9	13
29/01/2022	3:45:22	9	12
29/01/2022	3:47:00	9	12
29/01/2022	3:49:24	9	12

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

Fecha	Hora	Temperatura Ambiente °C	Temperatura Invernadero interior °C
29/01/2022	3:51:00	10	13
29/01/2022	3:53:26	10	12
29/01/2022	3:55:27	11	12
29/01/2022	3:57:00	11	13
29/01/2022	3:59:30	9	11
29/01/2022	4:01:30	9	12
29/01/2022	4:03:00	9	11
29/01/2022	4:05:00	10	11
29/01/2022	4:07:00	10	11
29/01/2022	4:09:00	10	12
29/01/2022	4:11:36	9	13
29/01/2022	4:13:36	9	13
29/01/2022	4:15:00	10	14
29/01/2022	4:17:38	9	13
29/01/2022	4:19:40	9	12
29/01/2022	4:21:40	10	13
29/01/2022	4:23:00	9	12
29/01/2022	4:25:00	9	13
29/01/2022	4:27:00	10	12
29/01/2022	4:29:44	9	12
29/01/2022	4:31:46	9	13
29/01/2022	4:33:46	9	11
29/01/2022	4:35:00	9	12
29/01/2022	4:37:48	9	11
29/01/2022	4:39:00	9	11
29/01/2022	4:41:50	10	11
29/01/2022	4:43:52	10	12
29/01/2022	4:45:52	11	13
29/01/2022	4:47:54	11	13
29/01/2022	4:49:54	9	14
29/01/2022	4:51:56	9	13
29/01/2022	4:53:56	9	12
29/01/2022	4:55:58	10	12
29/01/2022	4:57:58	10	12
29/01/2022	5:00:00	11	14
29/01/2022	5:02:01	10	12
29/01/2022	5:04:02	11	12
29/01/2022	5:06:00	11	13
29/01/2022	5:08:00	10	11
29/01/2022	5:10:05	9	12
29/01/2022	5:12:00	10	11
29/01/2022	5:14:07	9	11

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

Fecha	Hora	Temperatura Ambiente °C	Temperatura Invernadero interior °C
29/01/2022	5:16:08	9	11
29/01/2022	5:18:00	10	12
29/01/2022	5:20:00	11	13
29/01/2022	5:22:11	9	13
29/01/2022	5:24:12	9	14
29/01/2022	5:26:13	9	13
29/01/2022	5:28:14	9	12
29/01/2022	5:30:15	9	12
29/01/2022	5:32:16	10	12
29/01/2022	5:34:00	10	13
29/01/2022	5:36:18	9	12
29/01/2022	5:38:00	9	12
29/01/2022	5:40:00	9	12
29/01/2022	5:42:21	9	11
29/01/2022	5:44:00	9	12
29/01/2022	5:46:00	10	11
29/01/2022	5:48:24	10	11
29/01/2022	5:50:25	10	11
29/01/2022	5:52:00	9	12
29/01/2022	5:54:00	9	13
29/01/2022	5:56:28	10	13
29/01/2022	5:58:29	9	14
29/01/2022	6:00:30	9	12
29/01/2022	6:02:31	10	12
29/01/2022	6:04:32	9	12
29/01/2022	6:06:00	9	12
29/01/2022	6:08:34	10	13
29/01/2022	6:10:35	9	12
29/01/2022	6:12:00	9	12
29/01/2022	6:14:00	9	13
29/01/2022	6:16:00	9	11
29/01/2022	6:18:00	9	12
29/01/2022	6:20:00	9	12
29/01/2022	6:22:41	10	11
29/01/2022	6:24:42	10	11
29/01/2022	6:26:43	11	12
29/01/2022	6:28:44	11	13
29/01/2022	6:30:45	9	13
29/01/2022	6:32:46	9	14
29/01/2022	6:34:47	9	13
29/01/2022	6:36:48	10	12
29/01/2022	6:38:49	10	12

## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

Fecha	Hora	Temperatura Ambiente °C	Temperatura Invernadero interior °C
29/01/2022	6:40:50	10	12
29/01/2022	6:42:51	11	13
29/01/2022	6:44:52	10	12
29/01/2022	6:46:53	9	12
29/01/2022	6:48:54	10	13
29/01/2022	6:50:55	10	11
29/01/2022	6:52:56	10	12
29/01/2022	6:54:57	9	11
29/01/2022	6:56:58	9	11
29/01/2022	6:59:00	10	11
29/01/2022	7:01:00	10	14
29/01/2022	7:03:02	9	13
29/01/2022	7:05:02	9	13
29/01/2022	7:07:04	9	14
29/01/2022	7:09:04	9	13
29/01/2022	7:11:06	9	12
29/01/2022	7:13:06	10	12
29/01/2022	7:15:08	10	12
29/01/2022	7:17:08	11	13
29/01/2022	7:19:10	11	12
29/01/2022	7:21:10	11	14
29/01/2022	7:23:12	12	13
29/01/2022	7:25:12	11	11
29/01/2022	7:27:14	10	12
29/01/2022	7:29:14	10	11
29/01/2022	7:31:16	10	11
29/01/2022	7:33:16	12	11
29/01/2022	7:35:18	13	12
29/01/2022	7:37:18	13	13
29/01/2022	7:39:20	14	13
29/01/2022	7:41:20	12	15
29/01/2022	7:43:22	11	13
29/01/2022	7:45:22	11	12
29/01/2022	7:47:24	12	12
29/01/2022	7:49:24	10	12
29/01/2022	7:51:26	9	13
29/01/2022	7:53:26	9	12
29/01/2022	7:55:28	9	12
29/01/2022	7:57:29	9	13
29/01/2022	7:59:30	9	11
29/01/2022	8:01:31	13	16
29/01/2022	8:03:32	10	11

Fecha	Hora	Temperatura Ambiente °C	Temperatura Invernadero interior °C
29/01/2022	8:05:33	10	11
29/01/2022	8:07:34	11	11
29/01/2022	8:09:35	11	12
29/01/2022	8:11:36	9	13
29/01/2022	8:13:37	9	13
29/01/2022	8:15:38	9	14
29/01/2022	8:17:39	10	13
29/01/2022	8:19:40	10	12
29/01/2022	8:21:41	13	16
29/01/2022	8:23:42	12	12
29/01/2022	8:25:43	13	13
29/01/2022	8:27:44	13	12
29/01/2022	8:29:45	12	12
29/01/2022	8:31:46	11	13
29/01/2022	8:33:47	10	11
29/01/2022	8:35:48	9	12
29/01/2022	8:37:49	9	11
29/01/2022	8:39:50	10	11
29/01/2022	8:41:51	14	17
29/01/2022	8:43:52	15	12
29/01/2022	8:45:53	15	13
29/01/2022	8:47:54	15	13
29/01/2022	8:49:55	15	18

**ANEXO XIII.**

Toma de datos de la Temperatura en el invernadero y en la tierra sin extractor y con la ventana cerrada en un día nublado.

**Anexo XIII.** Temperatura invernadero – tierra sin extractor y la ventana cerrada

Fecha	Hora	Temperatura Invernadero interior °C	Temperatura Tierra °C
29/01/2022	11:00:26	18	16
29/01/2022	11:02:27	19	16
29/01/2022	11:04:28	18	15
29/01/2022	11:06:29	19	17
29/01/2022	11:08:30	19	16
29/01/2022	11:10:31	19	15
29/01/2022	11:12:32	19	14
29/01/2022	11:14:33	20	14

Fecha	Hora	Temperatura Invernadero interior °C	Temperatura Tierra °C
29/01/2022	11:16:34	20	16
29/01/2022	11:18:35	19	16
29/01/2022	11:20:36	19	15
29/01/2022	11:22:37	19	15
29/01/2022	11:24:38	19	15
29/01/2022	11:26:39	20	17
29/01/2022	11:28:40	19	15
29/01/2022	11:30:41	19	15

#### ANEXO XIV.

En la Figura A.14.1., se puede observar la calibración del sensor pt 100 mediante el equipo HT30 Heat Stress WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) meter, este tipo de equipo considera los efectos de la temperatura, humedad y la luz solar directa o radiante, además se realizó la medición de la humedad relativa que existe en el invernadero.



Figura A.14.1. Equipo Heat Stress Meter



**Figura A.14.2.** Fecha de calibración del equipo



**Figura A.14.3.** Calibración del sensor Pt 100



**Figura A.14.4.** Medición de temperatura en el interior del invernadero



**Figura A.14.5.** Humedad relativa del invernadero

Con el fin de verificar que los cálculos de la tubería sean correctos se realizó la medición del flujo de aire que atraviesa la tubería.



**Figura A.14.5.** Medición del flujo de aire que atraviesa la tubería

# MANUAL



Ingeniería  
Eléctrica

Manual del sistema de temperatura

Autores:

- Sópalo Santiago
- Torres Frendy

## CONTENIDO

Introducción.....	2
1. Configuración de la ip logo .....	2
2. Diagrama de funciones un control de temperatura.....	6
3. Registrador de datos .....	7
4. Diseño de pantalla logo confort y logo td text display en el esquema de funciones.....	9
5. Descarga de datos .....	11

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Estado de red e internet. ....	3
Imagen 2. Conexión de red.....	3
Imagen 3. Propiedades de ethernet. ....	4
Imagen 4. Protocolo de internet versión 4. ....	4
Imagen 5. Logo! soft comfort.....	5
Imagen 6. Configuración online. ....	5
Imagen 7. Dirección ip. ....	6
Imagen 8. Entrada analógica. ....	6
Imagen 9. Conmutador analógico de valor umbral. ....	7
Imagen 10. Salida de logo. ....	7
Imagen 11. Temporizador semanal. ....	8
Imagen 12. Generador de impulsos. ....	8
Imagen 13. Elementos del registro de datos. ....	9
Imagen 14. Configuración del texto de aviso. ....	10
Imagen 15. Conector abierto. ....	10
Imagen 16. Display del logo; y logo! td. ....	11
Imagen 17. Esquema de funciones. ....	11
Imagen 18. Archivos de logo.....	12
Imagen 19. Configuración online. ....	13
Imagen 20. Dispositivo de destino. ....	13
Imagen 21. Excel para descargar datos. ....	14
Imagen 22. Importar carpeta de datos. ....	14
Imagen 23. Vista previa del archivo. ....	15
Imagen 24. Asistente para importar texto.....	15

Imagen 25. Vista previa de datos.....	16
Imagen 26. Importar datos.....	16
Imagen 27. Datos de temperaturas. ....	17



## INTRODUCCIÓN

El presente manual de operación tiene como propósito contar con una guía clara y específica que garantice la óptima operación del sistema de control de temperatura para poder controlar el intercambiador de calor tierra -aire del invernadero del Campus Salache, en el que se detalla cómo realizar cada acción de control o seguimiento, la activación de la base de datos y los parámetros a considerar antes de ejecutar el sistema.

### 1. CONFIGURACIÓN DE LA IP LOGO

A continuación, se presenta el procedimiento a seguir configuración de la IP LOGO como se observa en la Imagen 1.

- 1- Configuración estado de la red, haga doble clic en el botón izquierdo ingresar a cambiar la opción del adaptador
- 2- Haga doble clic en el botón izquierdo ethernet
- 3- Haga doble clic en el botón izquierdo elija protocolo de internet versión 4 (TCP/IPv4)
- 4- Ingresar IP LOGO ! tabla a.1 ,en dirección Ip
- 5- Ingrese numeración de la máscara subred del LOGO
- 6- Ingrese numeración de la pasarela del LOGO
- 7- Ingresar al LOGO! Soft Comfort en propiedades
- 8- Ingresar a la libreta de direcciones
- 9- Seleccionar la IP hacer clic en aceptar

## Estado

### Estado de red



Estás conectado a Internet.

Si tienes un plan de datos limitado, puedes convertir esta red en una conexión de uso medido o cambiar otras propiedades.

Wi-Fi (CLARO\_SOPALO) 10.78 GB  
De los últimos 30 días

Propiedades

Uso de datos

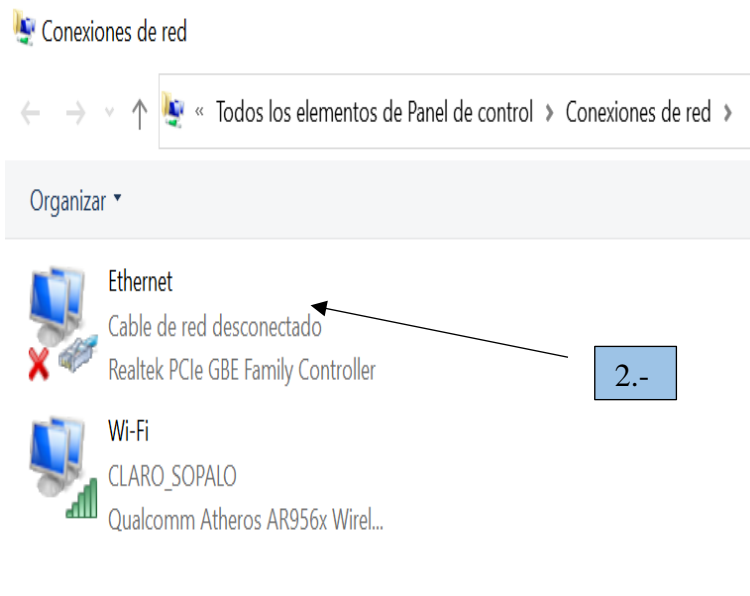
Mostrar redes disponibles  
Ve las opciones de conexión a tu alrededor.

### Configuración de red avanzada

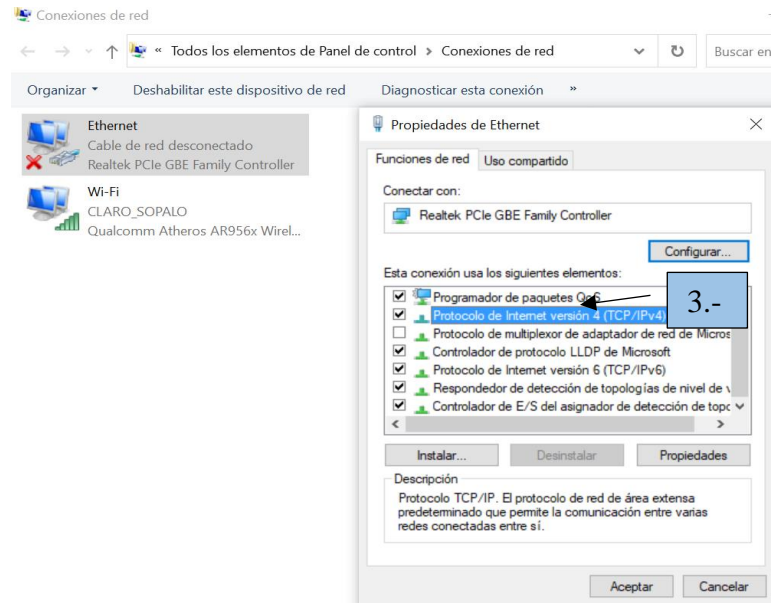
Cambiar opciones del adaptador  
Visualiza los adaptadores de red y cambia la configuración de conexión.

1.-

**Imagen 1.** Estado de red e internet



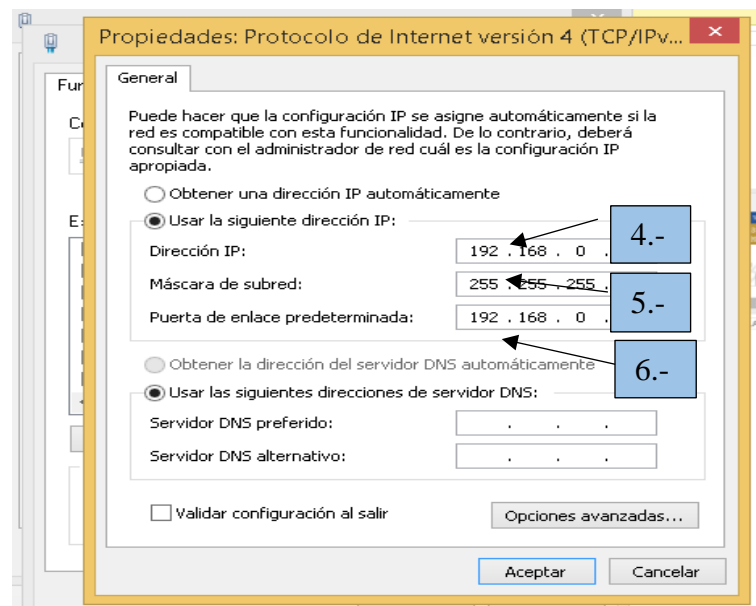
**Imagen 2.** Conexión de red



**Imagen 3.** Propiedades de Ethernet

**Tabla a.1.** Dirección IP LOGO!

<b>Dirección IP</b>	192.168.000.003
<b>Máscara subred</b>	255.255.255.000
<b>Pasarela</b>	192.168.000.001



**Imagen 4.** Protocolo de internet versión 4

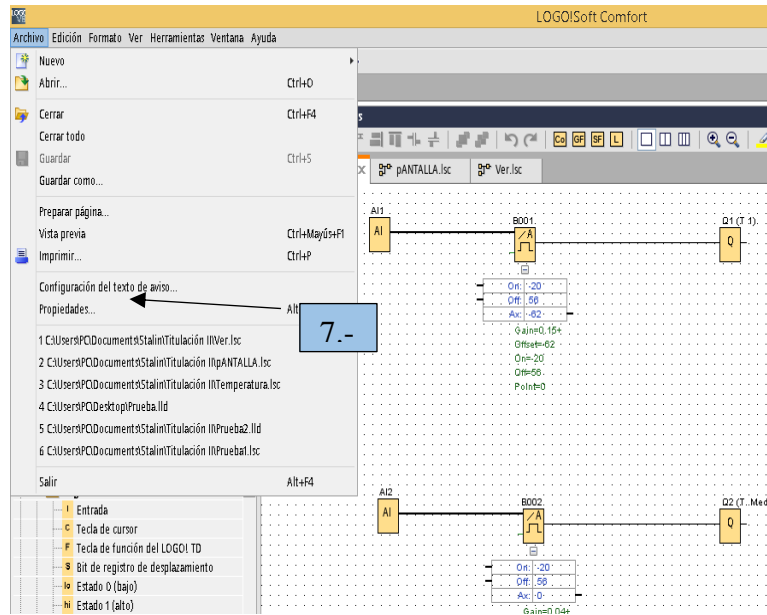


Imagen 5. LOGO! Soft Comfort

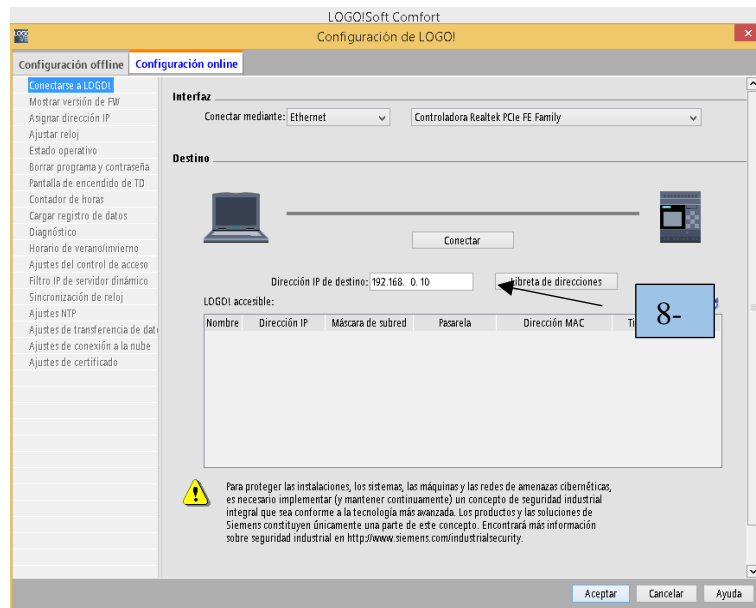
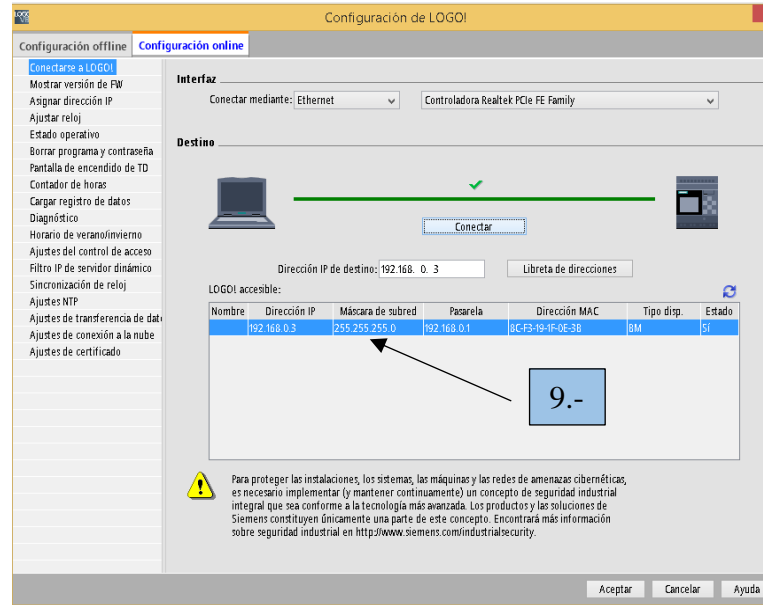


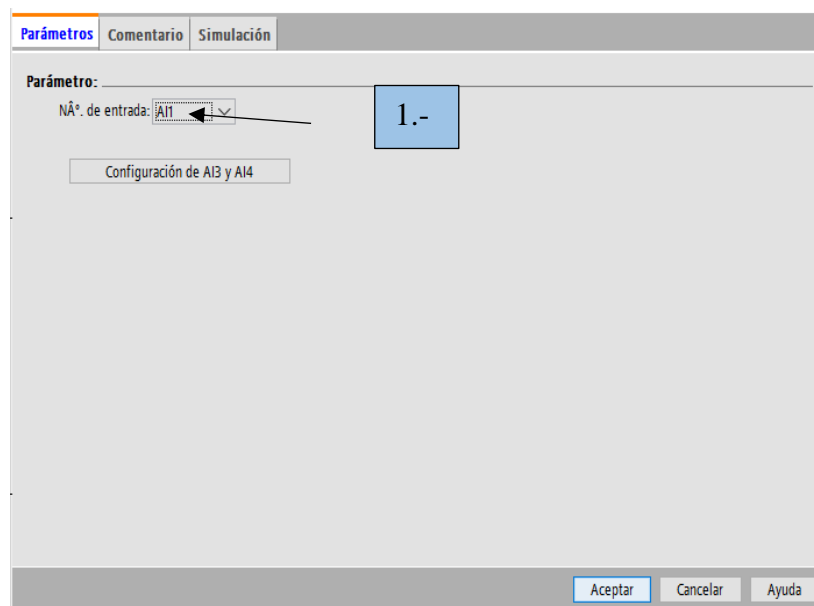
Imagen 6. Configuración online



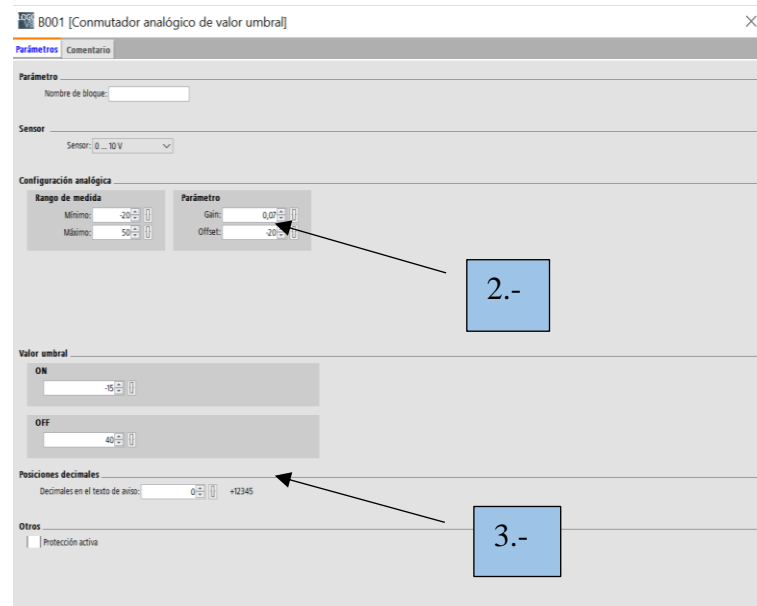
**Imagen 7. Dirección IP**

## 2. DIAGRAMA DE FUNCIONES UN CONTROL DE TEMPERATURA

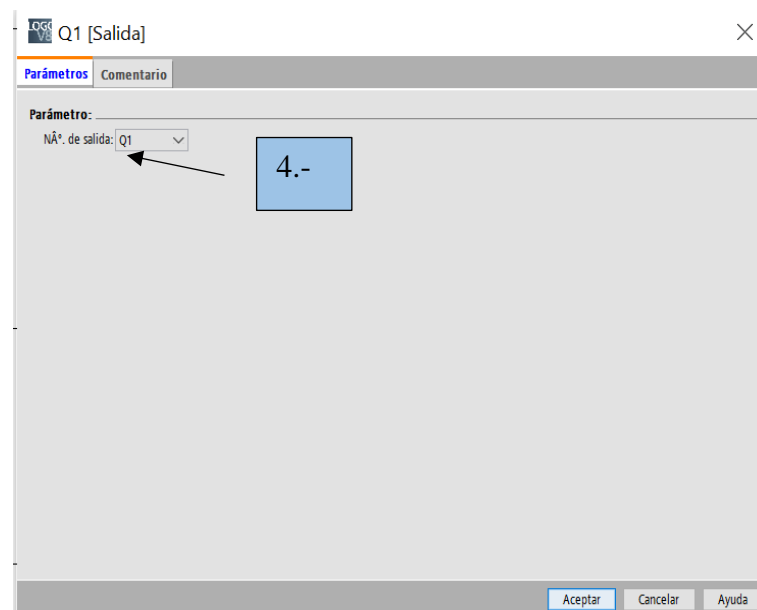
- 1- Colocar una entrada analógica AI1
- 2- Añadir un conmutador analógico de valor umbral, configuración analógica, rango de mediada mínimo, máximo y parámetro gain, offset
- 3- Ingresar el valor umbral de encendido y apagado del extractor (Q1)
- 4- Insertar una salida Q1



**Imagen 8. Entrada analógica**



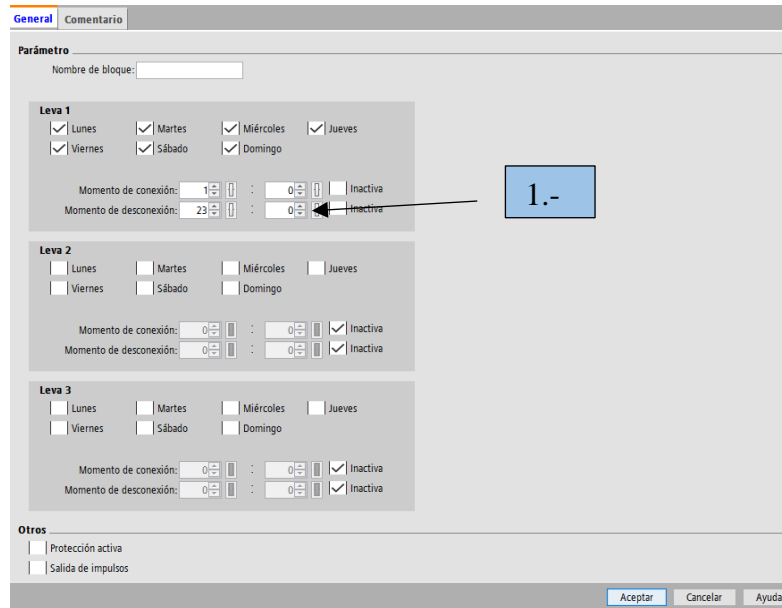
**Imagen 9.** Conmutador analógico de valor umbral



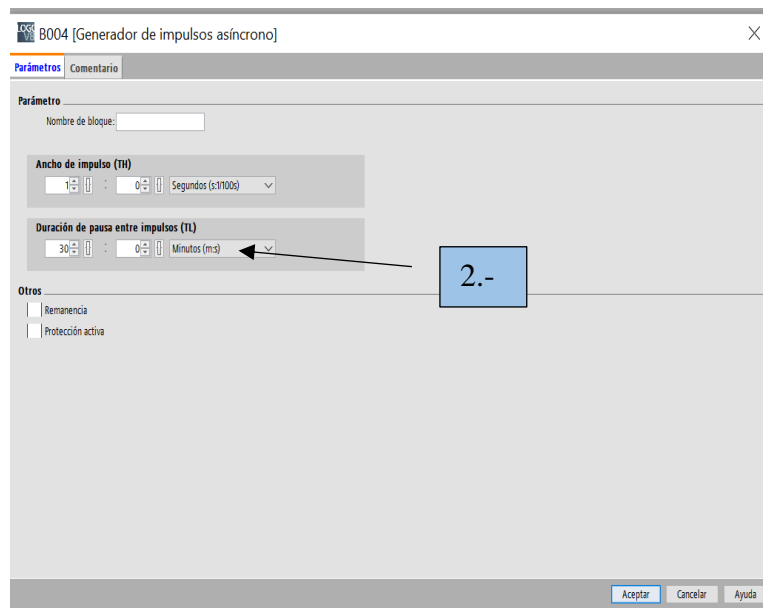
**Imagen 10.** Salida de logo

### 3. REGISTRADOR DE DATOS

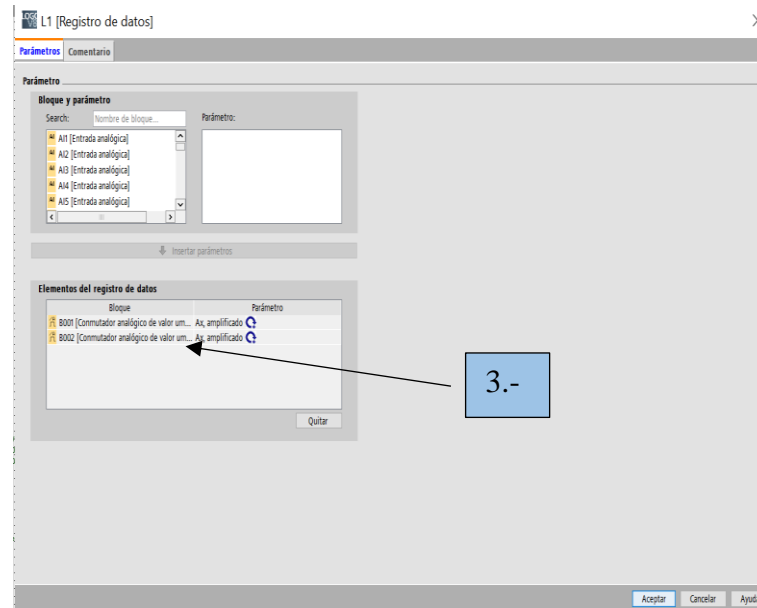
- 1- Colocar un temporizador semanal configuración de lunes a domingo B003
- 2- Colocar un generador de impulsos asíncrono ancho de impulso y duración de pausa entre impulsos segundos a minutos B004
- 3- Colocar un bloque y parámetro de registro de datos de los bloques B001 y B002 entradas analógicas L1 (registro de datos)



**Imagen 11.** Temporizador semanal



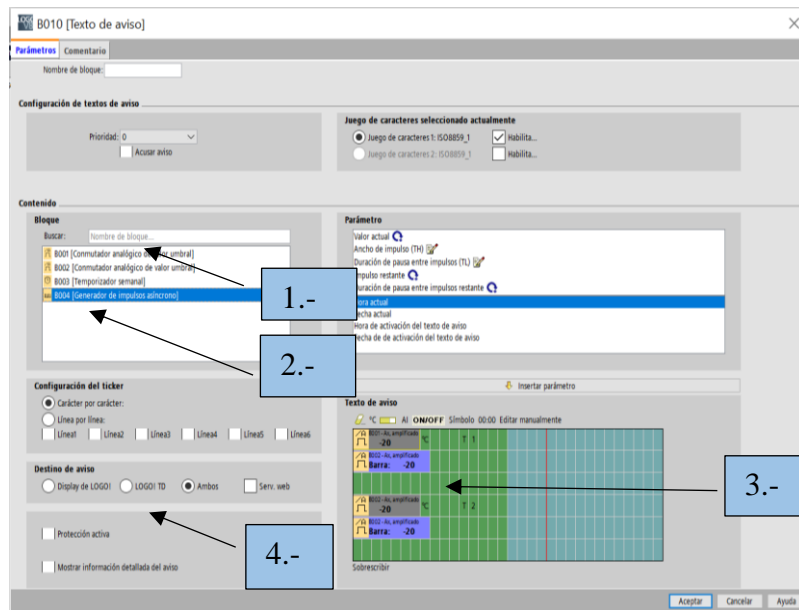
**Imagen 12.** Generador de impulsos



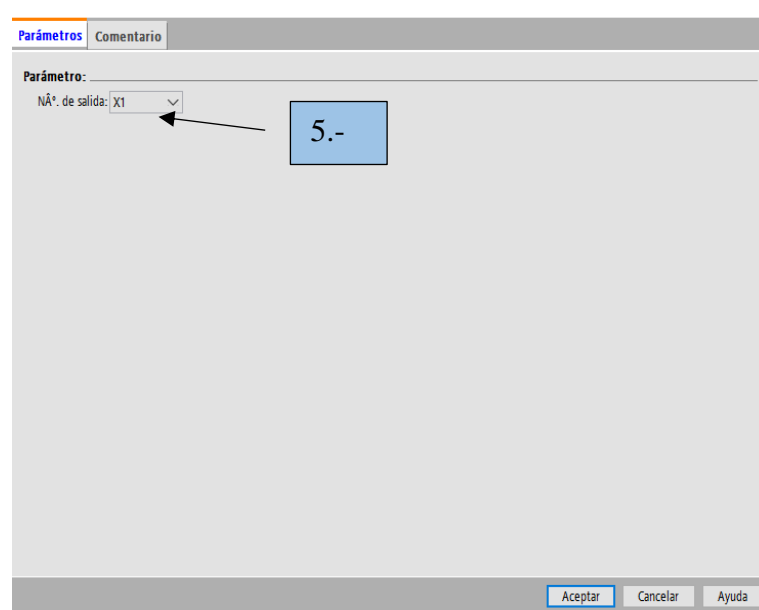
**Imagen 13.** Elementos del registro de datos

#### **4. DISEÑO DE PANTALLA LOGO CONFORT Y LOGO TD TEXT DISPLAY EN EL ESQUEMA DE FUNCIONES**

- 1- Colocar bloque de texto de aviso B010
- 2- Seleccionar en el bloque de contenido B001, B002
- 3- En el texto de aviso, insertar un diagrama de barras en el aviso, insertar caracteres especiales C °, insertar nombre de estado encendido o apagado
- 4- Destino de aviso Display de LOGO, LOGO TD
- 5- Conector abierto X1
- 6- Diseño del Display del LOGO<sub>i</sub> y LOGO! TD
- 7- Esquema de funciones



**Imagen 14.** Configuración del texto de aviso



**Imagen 15.** Conector abierto

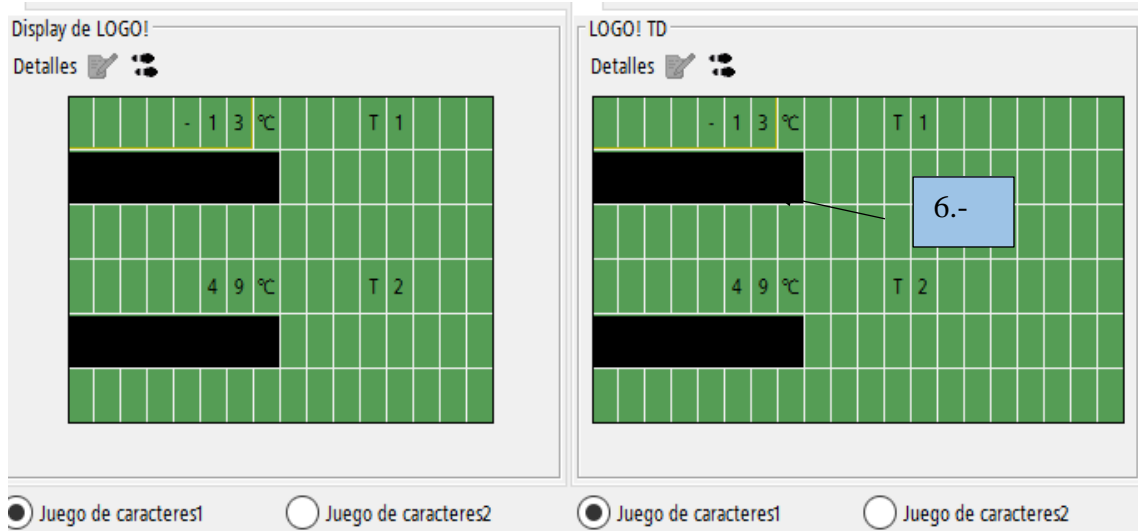


Imagen 16. Display del LOGO<sub>i</sub> y LOGO! TD

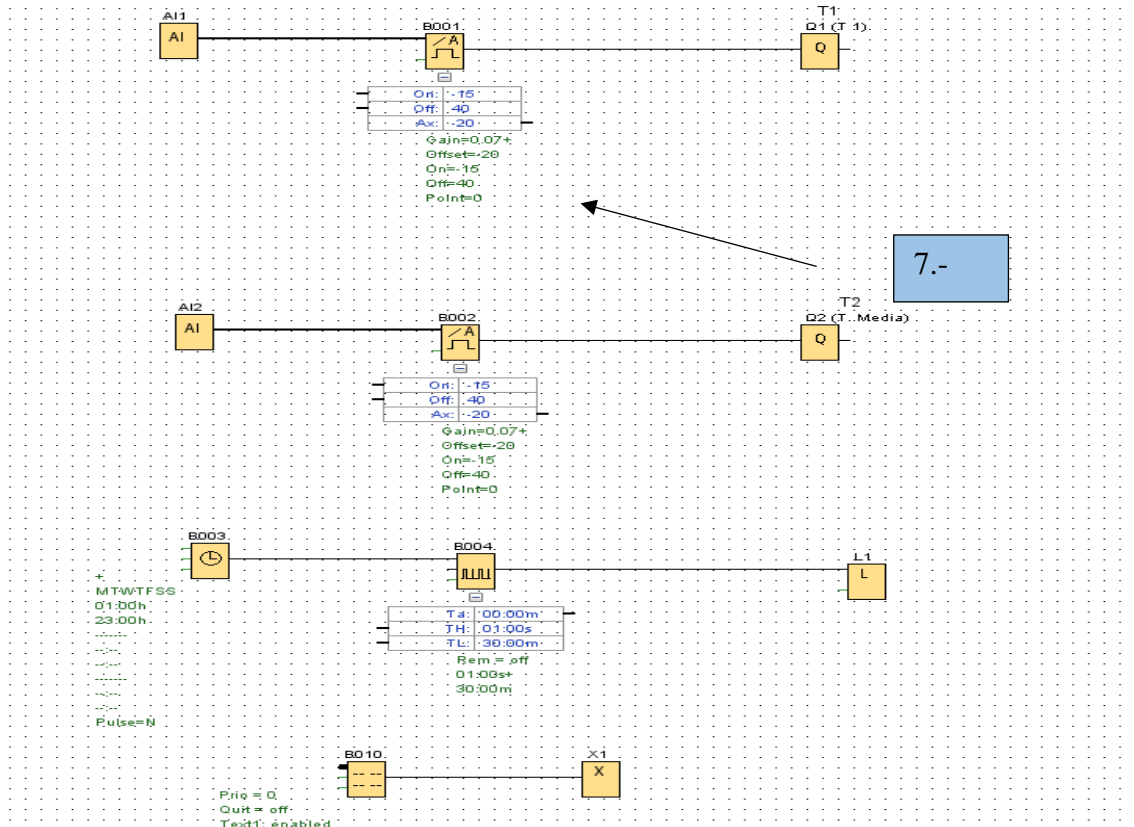


Imagen 17. Esquema de funciones

## 5. DESCARGA DE DATOS

Para poder descargar el registro de datos proporcionados por la data logger se debe seguir los siguientes pasos:

1. Ingresar al LOGO!Soft Comfort dirigirse a Archivo, dar clic en propiedades

2. Ingresar a la Configuración online y por medio de la IP tendrá una conexión al LOGO
3. Configuración de LOGO, dar clic cargar registro de datos en dispositivo de destino dar aceptar en la dirección IP
4. Se descarga el registro de datos en formato CCV que es un archivo de texto el cuál se puede abrir mediante Excel de Microsoft
5. En Excel dirigirse archivo a descarga
6. Elegir el archivo CCV y dar clic en importar y presionar siguiente, siguiente, elegir Fecha y finalizar
7. Elegir el número de celda en el cual se desplegará el registro de datos

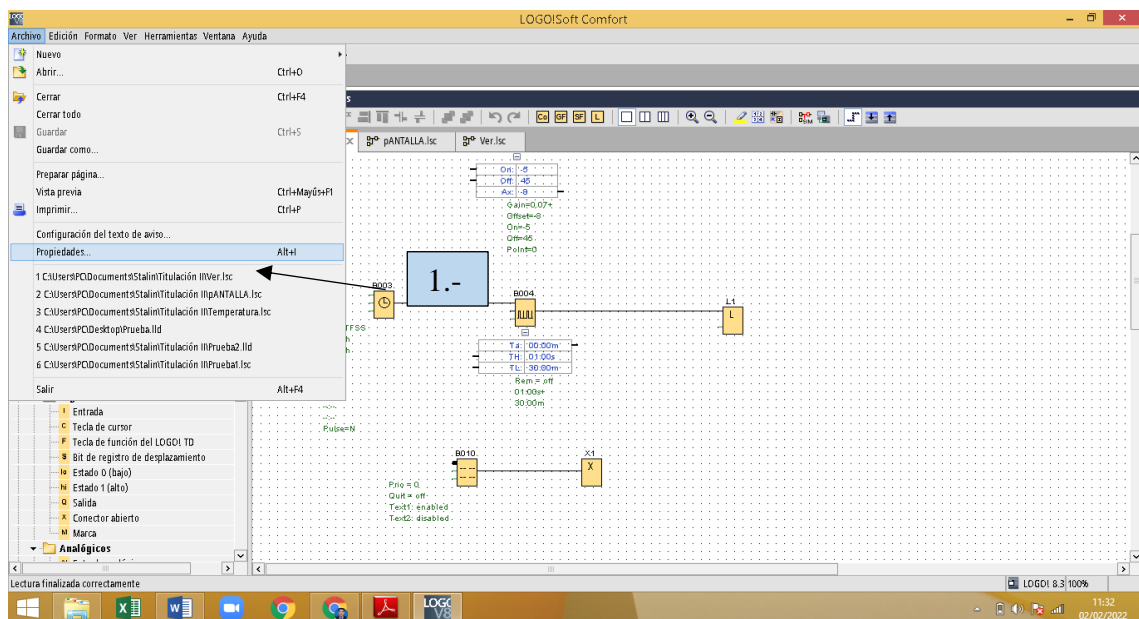


Imagen 18. Archivos de LOGO

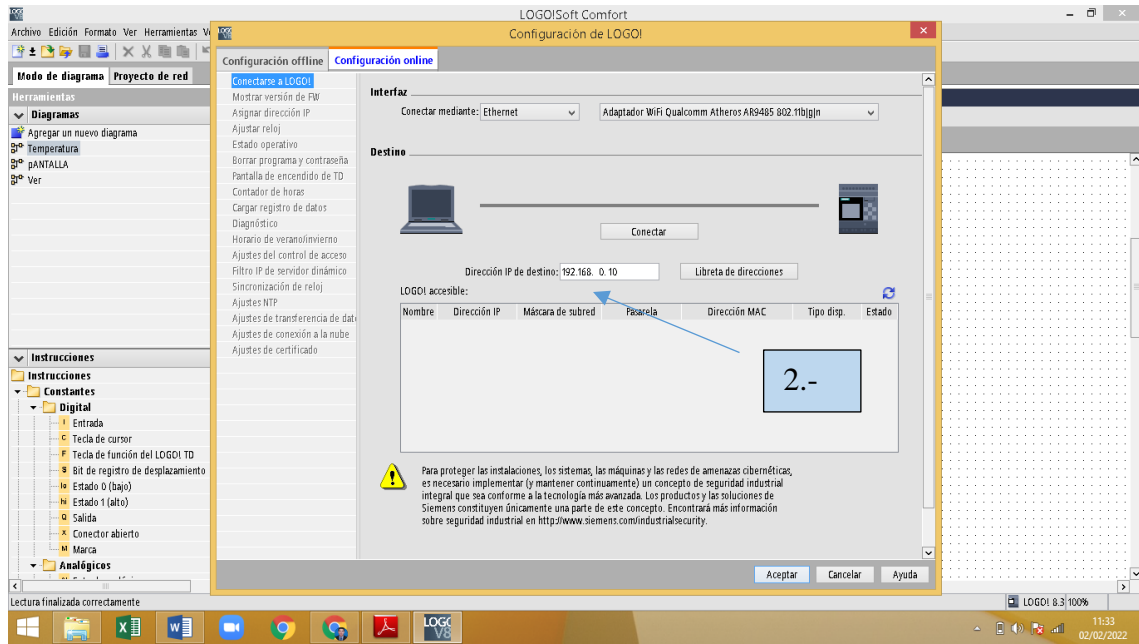


Imagen 19. Configuración online

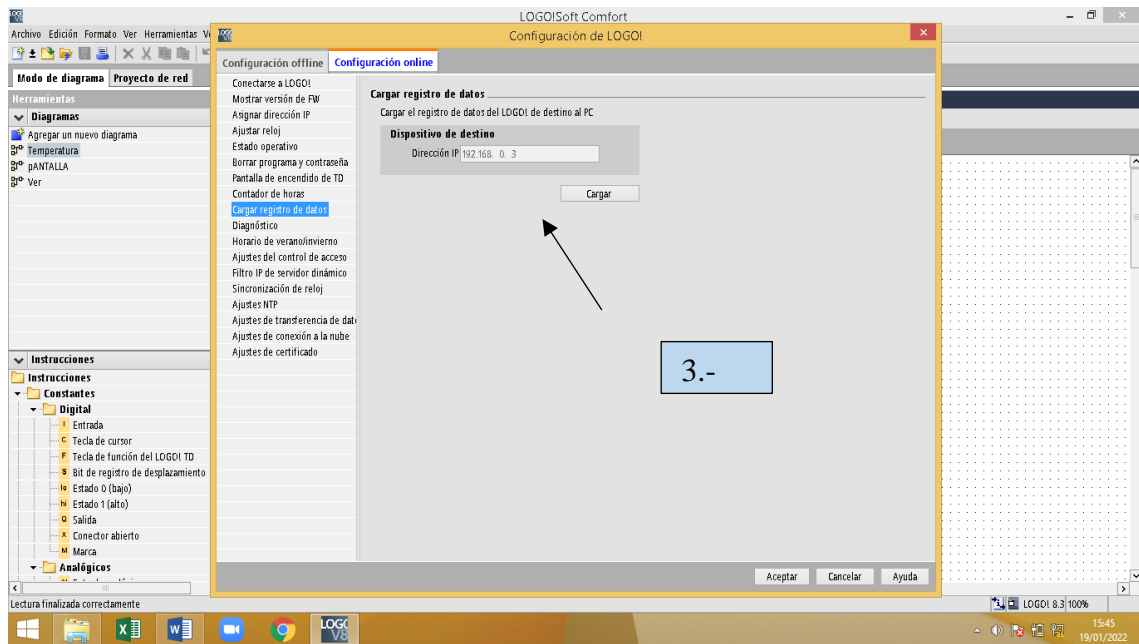


Imagen 20. Dispositivo de destino

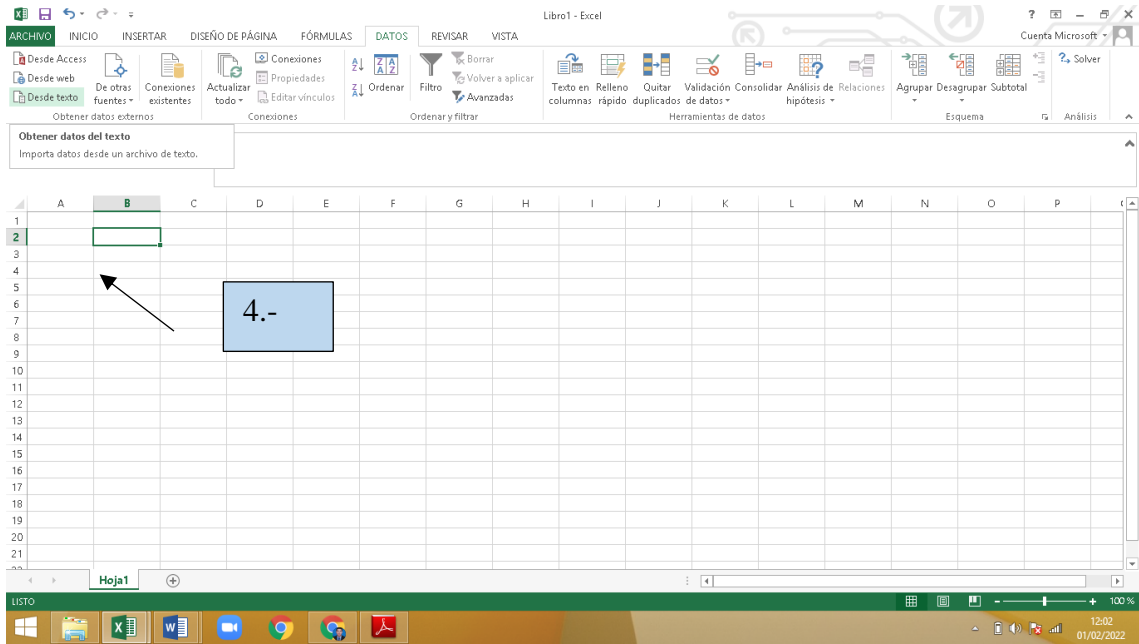


Imagen 21. Excel para descargar datos

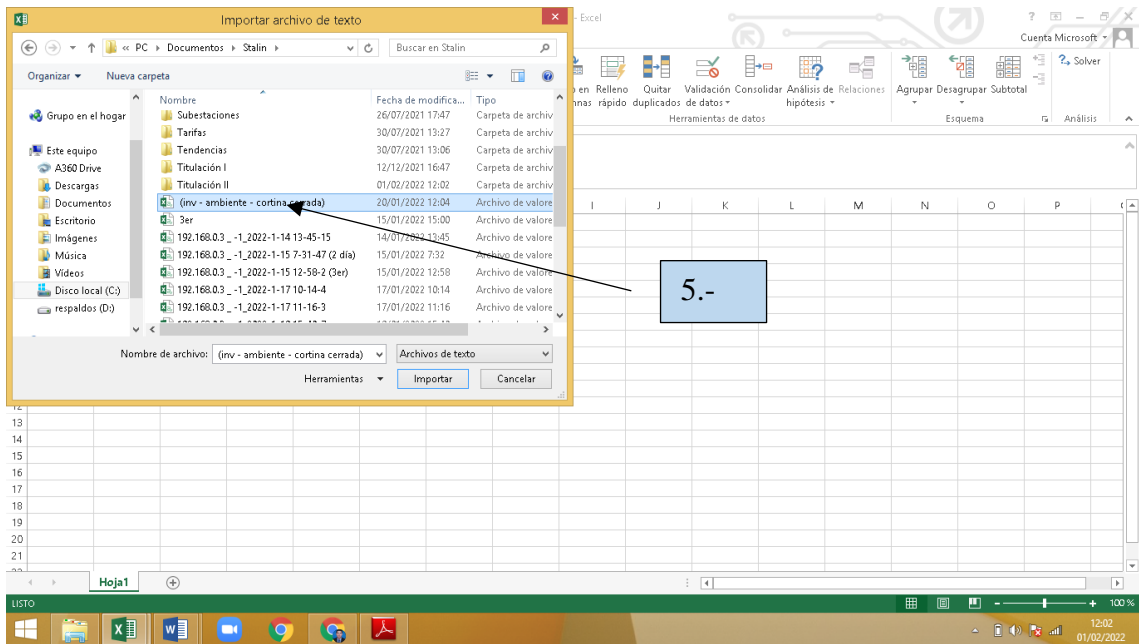


Imagen 22. Importar carpeta de datos

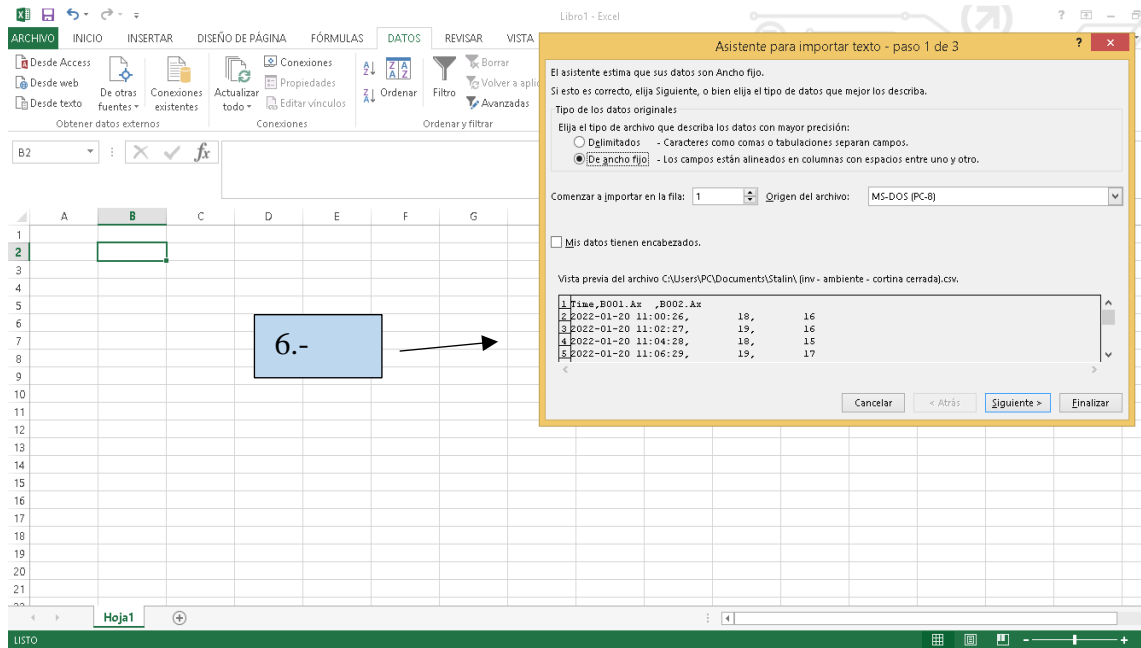


Imagen 23. Vista previa del archivo

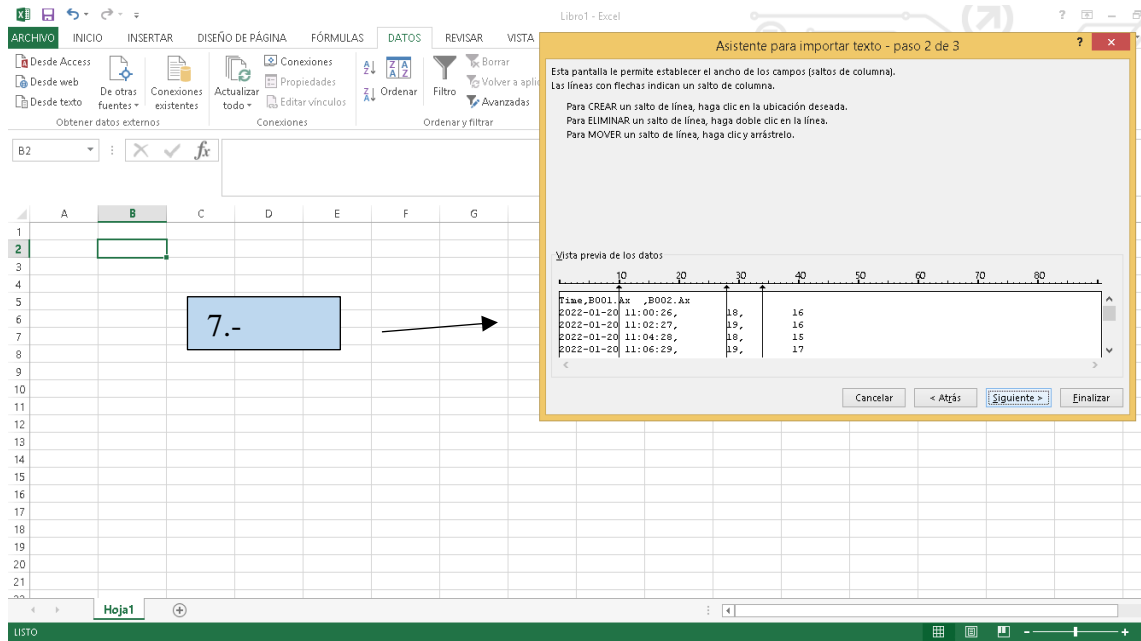


Imagen 24. Asistente para importar texto

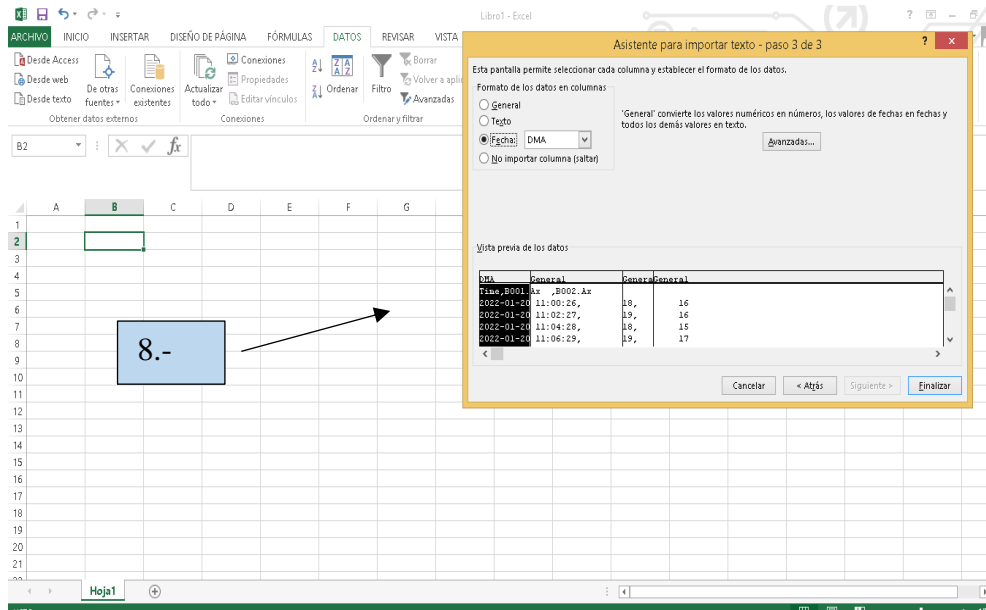


Imagen 25. Vista previa de datos.

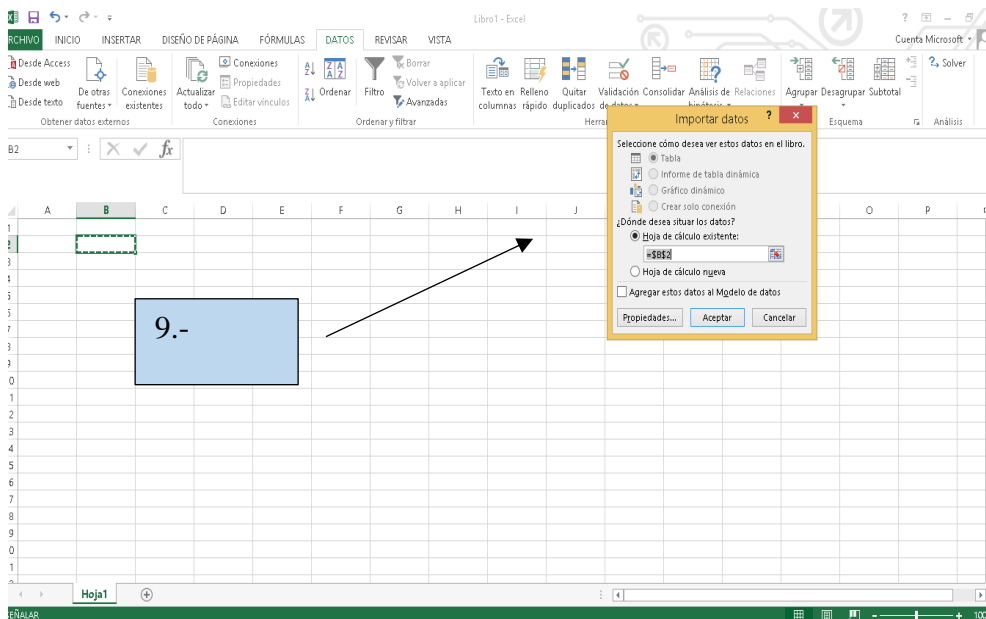


Imagen 26. Importar datos

Libro1 - Excel

ARCHIVO INICIO INSERTAR DISEÑO DE PÁGINA FÓRMULAS DATOS REVISAR VISTA

Obtener datos externos Conexiones Ordenar y filtrar Herramientas de datos Esquema

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1																
2		Time_8001_ .Ax_8002.Ax														
3		29/01/2022	11:00:26	18	16											
4		29/01/2022	11:02:27	19	16											
5		29/01/2022	11:04:28	18	15											
6		29/01/2022	11:06:29	19	17											
7		29/01/2022	11:08:30	19	16											
8		29/01/2022	11:10:31	19	15											
9		29/01/2022	11:12:32	19	14											
10		29/01/2022	11:14:33	20	14											
11		29/01/2022	11:16:34	20	16											
12		29/01/2022	11:18:35	19	16											
13		29/01/2022	11:20:36	19	15											
14		29/01/2022	11:22:37	19	15											
15		29/01/2022	11:24:38	19	15											
16		29/01/2022	11:26:39	20	17											
17		29/01/2022	11:28:40	19	15											
18		29/01/2022	11:30:41	19	15											
19		29/01/2022	11:33:15	19	14											
20		29/01/2022	11:35:16	19	15											
21		29/01/2022	11:37:17	18	14											

Heja1

**Imagen 27. Datos de temperaturas**